

ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВотоКА ПЛОДА У БЕРЕМЕННЫХ С ПРЕЭКЛАМПСИЕЙ НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Лазарева Г.А., Мальцева А.Н., Чебышева Е.Л.

*ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет», Курск,
e-mail: egip5@mail.ru*

Цель исследования: изучить особенности церебрального кровотока плода у беременных с преэклампсией на фоне хронической гипертензии. **Материалы и методы исследования:** изучена гемодинамика церебрального кровотока плода средней мозговой артерии, передней мозговой артерии и задней мозговой артерии беременных женщин с преэклампсией на фоне хронической гипертензии, беременных с хронической гипертензией и беременных с физиологическим течением беременности. Установлены особенности церебрального кровотока плода на фоне хронической артериальной гипертензии и гемодинамика при умеренной и тяжелой преэклампсии на фоне хронической артериальной гипертензии. **Результаты исследования и их обсуждение:** при исследовании состояния параметров кровотока плода у беременных с хронической гипертензией и беременных с преэклампсией на фоне хронической гипертензии установлено увеличение всех параметров кровотока плода при хронической артериальной гипертензии, при этом обращает на себя значительное статистически значимое увеличение максимальных скоростей в передней и задней мозговых артериях при наличии преэклампсии. Показатели периферического кровотока также зависели от степени тяжести преэклампсии, при этом величины периферического кровотока понижались. **Выводы:** состояние гемодинамики церебрального кровотока плода у беременных женщин с преэклампсией на фоне хронической гипертензии характеризуется повышением уровня всех параметров мозгового кровообращения плода в сравнении с показателями кровотока у беременных с хронической артериальной гипертензией без преэклампсии, а также с величинами контрольной группы беременных женщин. Наиболее чувствительны величины максимальных скоростей в передней мозговой артерии плода и пульсационного индекса в задней мозговой артерии плода, которые являлись статистически значимыми предикторами перинатальных осложнений.

Ключевые слова: беременность, преэклампсия, хроническая гипертензия, церебральный кровоток плода, доплерометрия.

FEATURES OF FETAL CEREBRAL BLOOD FLOW IN PREGNANT WOMEN WITH PREECLAMPSIA AGAINST THE BACKGROUND OF CHRONIC HYPERTENSION

Lazareva G.A., Maltseva A.N., Chebysheva E.L.

Kursk State Medical University, Kursk, e-mail: egip5@mail.ru

The aim of the study was to investigate the features of fetal cerebral blood flow in pregnant women with preeclampsia against the background of chronic hypertension. **Materials and methods of the study:** the hemodynamics of fetal cerebral blood flow in the middle cerebral artery, anterior cerebral artery and posterior cerebral artery was studied in pregnant women with preeclampsia against the background of chronic hypertension, pregnant women with chronic hypertension and pregnant women with physiological pregnancy. The features of fetal cerebral blood flow against the background of chronic arterial hypertension and hemodynamics in moderate and severe preeclampsia against the background of chronic arterial hypertension were established. **Results of the study and their discussion:** when studying the state of fetal blood flow parameters in pregnant women with chronic hypertension and pregnant women with preeclampsia against the background of chronic hypertension, an increase in all fetal blood flow parameters was established in chronic arterial hypertension. In addition, there is a significant statistically significant increase in the maximum velocities in the anterior and posterior cerebral arteries in the presence of preeclampsia. Peripheral blood flow parameters also depended on the severity of preeclampsia, with the values of peripheral blood flow decreasing. **Conclusions:** The state of fetal cerebral blood flow hemodynamics in pregnant women with preeclampsia against the background of chronic hypertension is characterized by an increase in the level of all parameters of fetal cerebral circulation in comparison with blood flow parameters in pregnant women with chronic arterial hypertension without preeclampsia, as well as with the values of the control group of pregnant women. The most sensitive values were the maximum velocities in the anterior cerebral artery of the fetus and the pulsation index

in the posterior cerebral artery of the fetus, which were statistically significant predictors of perinatal complications.

Keywords: pregnancy, preeclampsia, chronic hypertension, fetal cerebral blood flow, Doppler.

Введение.

Одной из актуальных проблем современной медицины является антенатальная профилактика и снижение перинатальной заболеваемости и смертности. До 60% перинатальной патологии диагностировано в антенатальном периоде. В структуре экстрагенитальной патологии во время беременности артериальная гипертензия (АГ) занимает одно из ведущих мест [1; 2]. В России гипертензивные расстройства во время беременности, родов и послеродового периода находятся на первом месте среди причин материнской смертности. Частота гипертензивных состояний у беременных в различных регионах России колеблется от 5 до 30% и не имеет тенденции к снижению [3]. Наиболее высокий процент АГ во время беременности за счет хронических форм. Данные классификации среди основных клинических типов АГ при беременности выделяют хроническую артериальную гипертензию (ХАГ). Из всех гипертензивных расстройств беременности до 25-33% приходится на ХАГ [4]. У пациенток с имевшейся до беременности АГ диагностировали преждевременные роды в 10-12%, мертворождаемость - в 3,8%, синдром задержки роста плода - в 16,6%, при этом перинатальная смертность достигала 11,4%. По данным зарубежных авторов, 78% беременных с тяжелой ХАГ и 20-25% беременных с АГ первой степени имели преэклампсию (ПЭ) [5]. Существующая до беременности АГ первой степени без поражения органов-мишеней увеличивает риск развития ПЭ в 2 раза [6; 7]. ХАГ имеют высокий риск патологического течения гестационного периода, так, в 48-59,3% развивается угроза прерывания беременности, в 53,5-89% преэклампсия, что повышает частоту оперативного родоразрешения, а также увеличивает риск перинатальных потерь [8; 9]. Перинатальная смертность (30-100%) и преждевременные роды (10-12%) у беременных с гипертензией значительно превышают соответствующие показатели у беременных без гипертензии [10-12]. ХАГ матери влияет на внутриутробное развитие плода, вызывая хроническую гипоксию плода и снижая компенсаторно-приспособительные возможности новорожденного. Перинатальные поражения центральной нервной системы на фоне ХАГ матери приводят к формированию у 80% новорожденных синдрома гипервозбудимости [13; 14]. ХАГ у матери - фактор, приводящий к увеличению мозгового кровотока плода, что способствует развитию пери- и интравентрикулярных кровоизлияний. Мозговой кровоток новорожденных от матерей, страдающих артериальной гипертензией, находится в более тесной взаимосвязи с состоянием сердечной гемодинамики, что является признаком незрелости компенсаторных механизмов и частичной потери ауторегуляции церебрального кровотока [15]. Таким

образом, проблема влияния ХАГ на состояние церебрального кровотока плода требует дальнейшего изучения. Необходимо продолжить изучение особенностей церебральной гемодинамики плода у беременных с преэклампсией на фоне ХАГ с целью своевременной профилактики перинатальных осложнений.

Цель исследования: изучить особенности церебрального кровотока плода у беременных с преэклампсией на фоне хронической артериальной гипертензии.

Материалы и методы исследования. Авторами проведены исследования 150 пациенток на сроке беременности от 37 до 41 недели, из них 50 женщин с физиологической беременностью (контрольная группа), 50 беременных с ХАГ (группа сравнения) и 50 беременных женщин с преэклампсией на фоне ХАГ (основная группа, в которую вошли 30 беременных с умеренной ПЭ и 20 беременных женщин с тяжелой ПЭ). Клинико-анамнестическая характеристика исследуемых женщин представлена в таблице 1.

Таблица 1

Клиническая характеристика исследуемых беременных женщин

Показатели	Группа основная		Группа сравнения (n=50)	Группа контрольная (n=50)
	тяжелая ПЭ (n=20)	умеренная ПЭ (n=30)		
Возраст	33.5±3.2	32.4±2.6	31.8±4.2	28.9±3.8
Кол-во беременностей	2.6±2.4	1.5±0.5	2.9±1.5	2.3±1.4
Количество родов	1.5±0.5	1.4±0.3	0.6±0.2	0.7±0.6
Индекс массы тела	30,2±2.1	27.9±3.1	24.6±1.45	19.4±0.67

Примечание: * p<0.05.

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В 100% случаев пациенткам проведено комплексное эхографическое исследование, доплерография показателей церебрального кровотока плода – передней мозговой артерии (ПМА), средней мозговой артерии (СМА), задней мозговой артерии (ЗМА) на ультразвуковом аппарате Toshiba Applio XG (Япония) с помощью конвексного, объёмного и трансвагинального датчика с частотой 2-6 мГц, 3,5-5.0 мГц в III триместре в сроке беременности от 37 недель до 41 недели. Показатели церебрального кровотока рассчитывались автоматически или с помощью ручной трассировки с получением не менее трех последовательных корректных скоростей кровотока. Контрольный объём установлен в пределах 3 мм от 37 недель и выше. Значения механического и термического индексов поддерживали в пределах единицы, в соответствии с принципом ALARA - «так низко, как только возможно» с минимальным значением выходной мощности УЗ-прибора. Для визуализации церебральных сосудов был использован режим цветного доплеровского картирования (ЦДК), показатели исследований и характер церебрального кровотока

оценивались по импульсно-волновой доплерометрии. В режиме ЦДК устанавливали визуализацию Виллизиева круга для точного получения показателей гемодинамики в мозговых артериях. Анализ показателей мозгового кровотока состоял из расчета следующих параметров: систоло-диастолического отношения (СДО), индекса резистентности (ИР), пульсационного индекса (ПИ) - для передней мозговой артерии плода (ПМА), средней мозговой артерии плода (СМА), задней мозговой артерии плода (ЗМА). Оценку кровотока проводили в периоды отсутствия у плода дыхательной и двигательной активности. Паттерны кровотока регистрировали трижды, используя в качестве основного их усредненное значение. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.0 (разработчик - ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро - Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова - Смирнова (при числе исследуемых более 50). Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (М) и стандартных отклонений (SD). Для оценки дискриминационной способности количественных признаков при прогнозировании определенного исхода применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена. Различия при сравнении показателей считались статистически значимыми при значении $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Авторами исследованы гемодинамические показатели церебрального кровотока плода беременных с физиологическим течением гестационного периода. Показатели церебрального кровотока плода в контрольной группе определены для жительниц Курска и Курской области, при сопоставлении были приближены к стандартным показателям церебрального кровотока плода на сроках гестации от 37 недель до 41 недели беременности. При анализе гемодинамических параметров церебрального кровотока плода у матерей с ХАГ в исследуемых группах (табл. 2) выявлены характерные особенности. Так, отмечено увеличение всех показателей мозгового кровотока плода в основной группе в сравнении с показателями контрольной группы.

Таблица 2

Показатели церебрального кровотока плода у беременных исследуемых групп

Показатели	Группа основная		Группа сравнения (n=50)	Группа контрольная (n=50)	p
	тяжелая ПЭ (n=20)	умеренная ПЭ (n=30)			
СМА СДО, М ± SD	8,80 ± 3.24	5.05 ± 2.34	3,98 ± 1.56	3.40 ± 1.47	p < 0,038*

ПМА СДО, М ± SD	9,25 ± 1,47	7,37 ± 3,20	3,86 ± 1.46	3,25 ± 1.35	p < 0,001*
ЗМА СДО, М ± SD	10,68 ± 4,08	8,43 ± 1,04	4,56 ± 3.07	2,79 ± 0.78	p < 0,001*
СМА RI, М ± SD	1,08 ± 0.09	0,74 ± 0.09	0,75 ± 1.12	0.73 ± 0.06	p < 0, 411
ПМА RI, М ± SD	0,71 ± 0.06	0,70 ± 0.05	0.70 ± 1.13	0.69 ± 0.04	p < 0, 927
ЗМА RI, М ± SD	1,16 ± 0.04	1,03 ± 0.02	0.70 ± 0.07	0.68 ± 0.01	p < 0, 110
СМА PI, М ± SD	1,16 ± 0.06	1,34 ± 0.05	1,44 ± 0.05	1.41 ± 0.02	p < 0, 168
ПМА PI, М ± SD	0,78 ± 0.04	1,03 ± 0.03	0.69 ± 0.02	0.67 ± 0.01	p < 0, 016*
ЗМА PI, М ± SD	0.63 ± 0.0.3	0.72 ± 0.04	0.69 ± 0.01	0.66 ± 0.07	p < 0,001*

Примечание: * – различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Величины мозгового кровотока плода в основной группе зависели от степени тяжести преэклампсии на фоне ХАГ. Значения максимальных скоростей в передней мозговой артерии (ПМАСДО) плода и периферического кровообращения в задней мозговой артерии (ЗМАР) плода были статистически значимы, при исследовании установлены статистически значимые различия (p < 0,001). Так, величина соотношения показателей максимальных скоростей церебрального кровотока плода ПМА СДО плода основной группы на фоне тяжелой ПЭ в 3.28 раза превышала уровень ПМА СДО плода в контрольной группе, в 2.19 раза выше в группе сравнения (рис. 1).

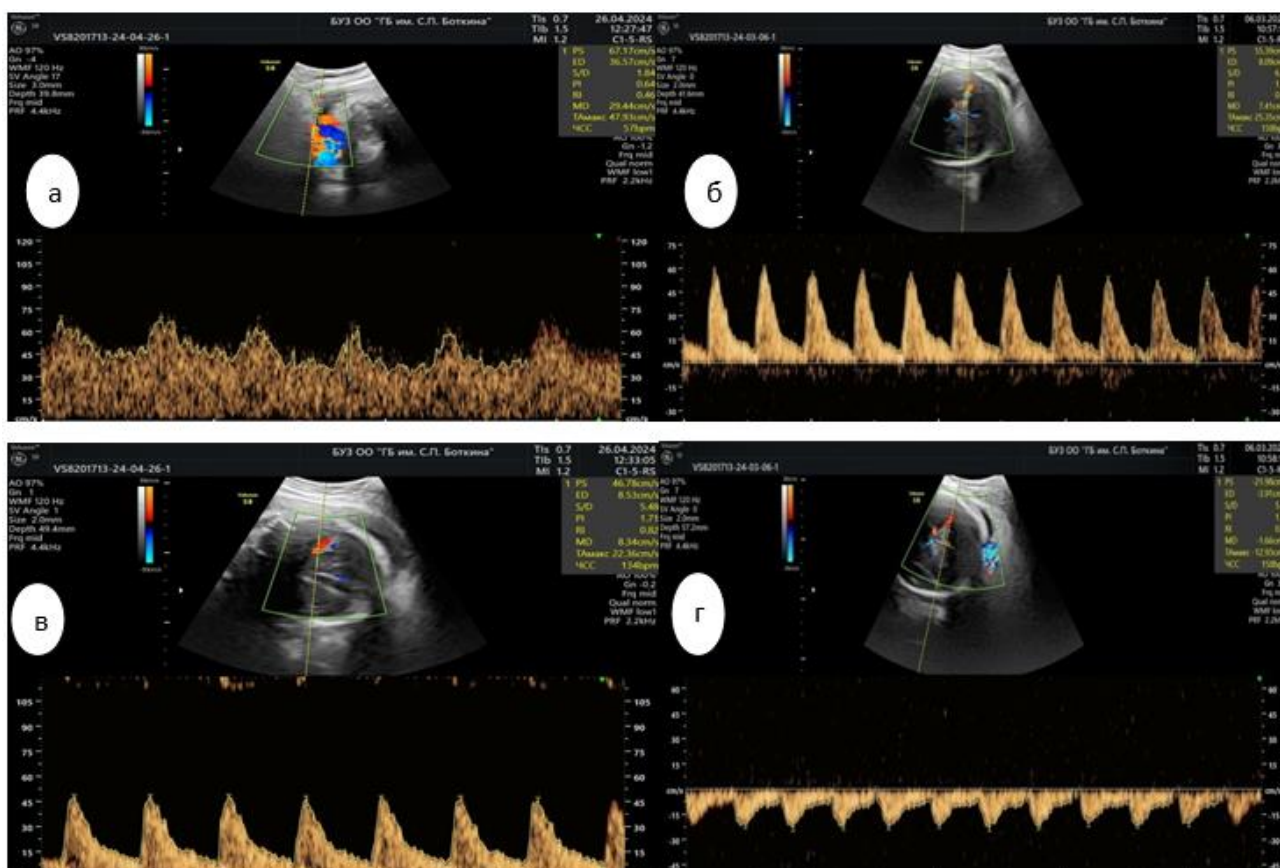


Рис. 1. Доплерометрические показатели церебрального кровотока в ПМА:

- а) основная группа, тяжелая ПЭ; б) основная группа, умеренная ПЭ;
в) группа сравнения; г) контрольная группа*

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Обращало на себя внимание снижение периферического кровообращения в задней мозговой артерии (ЗМАРІ) плода, о чем свидетельствовал показатель пульсационного индекса. Величина периферического кровотока мозгового кровообращения основной группы значительно отличались от уровня показателей контрольной группы и зависела от степени тяжести ПЭ. Уровень показателя ЗМА РІ плода основной группы соответствовал 1,00, тогда как в группе сравнения был равен 0,79, а в контрольной группе достигал 0,66, что в 1.27 раза выше, чем в группе сравнения, и в 1.51 раза больше, чем в контрольной группе (рис. 2).

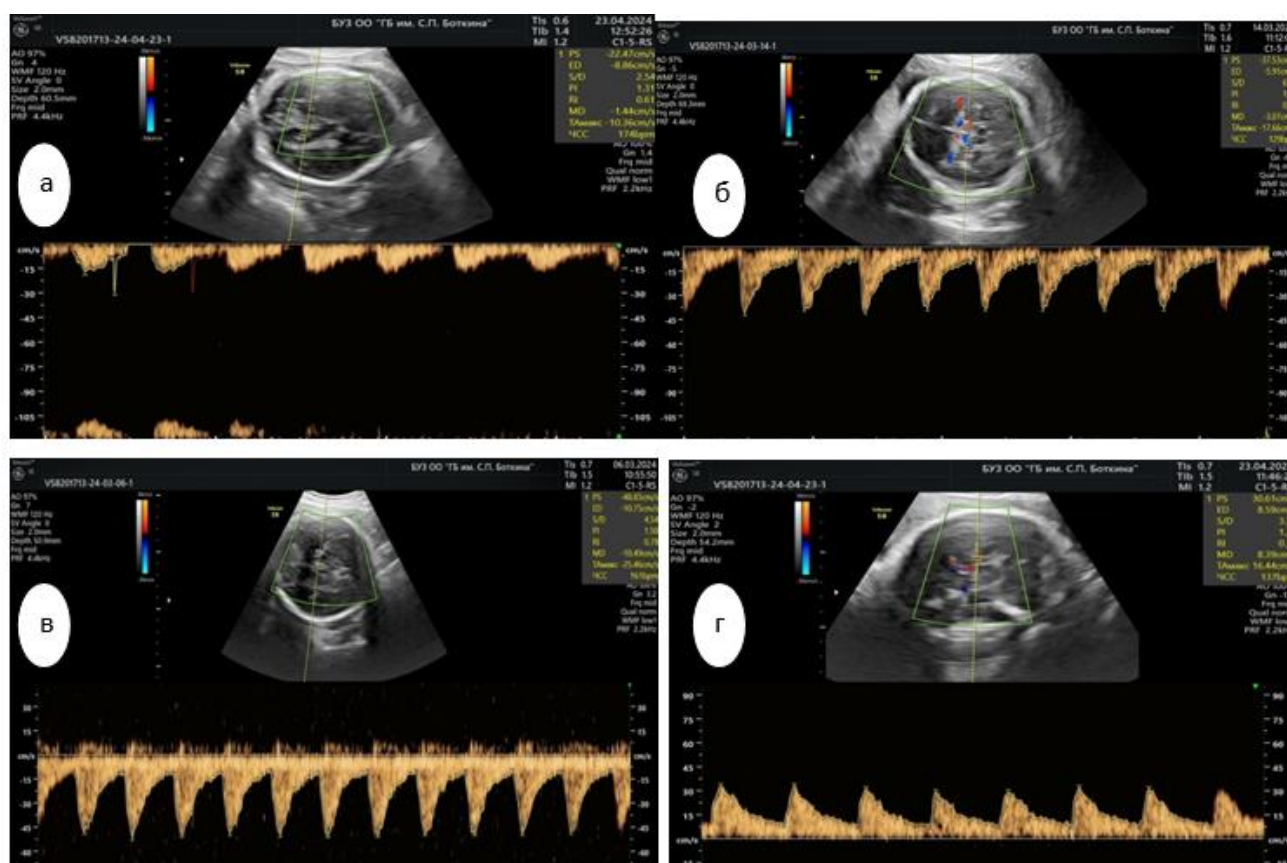


Рис. 2. Доплерометрические показатели церебрального кровотока в ЗМА:

- а) основная группа, тяжелая ПЭ; б) основная группа, умеренная ПЭ;
в) группа сравнения; г) контрольная группа*

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Впервые исследование мозгового кровотока плода было проведено М. Dubiel в 2002 году при гипоксии плода [16]. Автор отметил, что наиболее информативны в диагностике патологических состояний плода параметры ПМА, величины показателей зависели от прогрессирования степени тяжести ПЭ. В нашем исследовании наиболее значимыми для диагностики начальных патологических состояний церебрального кровотока плода при ХАГ были ПМАСДО и ЗМАРІ. Анализируя показатели церебрального кровотока плода у беременных, с преэклампсией на фоне хронической артериальной гипертензии, отмечаем повышение всех параметров относительно контрольной группы. Статистически значимыми были показатели ПМА СДО плода и ЗМА РІ плода. Так, уровень ПМА СДО плода является статистически значимым предиктором перинатальных осложнений ($AUC = 0,865$; 95% ДИ: $0,727 - 1,000$, $p < 0,001$). Пороговое значение ПМА СДО плода в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 8,690. Перинатальные осложнения прогнозировались при значении ПМА СДО плода ниже данной величины. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 86,8% и 83,3%, соответственно (рис. 3). При оценке дискриминационной способности перинатальных осложнений от уровня ЗМА РІ плода с помощью ROC-анализа была получена следующая кривая (рис. 4). Величина ЗМА РІ плода является статистически значимым предиктором перинатальных осложнений ($AUC = 0,973$; 95% ДИ: $0,932 - 1,000$, $p < 0,001$). Пороговое значение ЗМА РІ в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 0,870. Перинатальные осложнения прогнозировались при значении ЗМА РІ плода выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 92,1% и 100,0% соответственно.

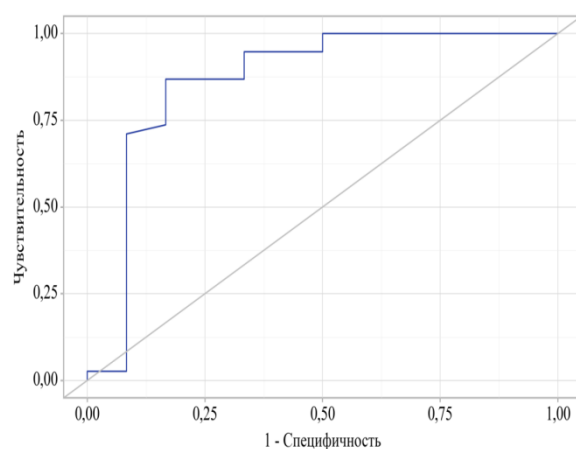


Рис. 3. ROC-кривая значений СДО в ПМА плода

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

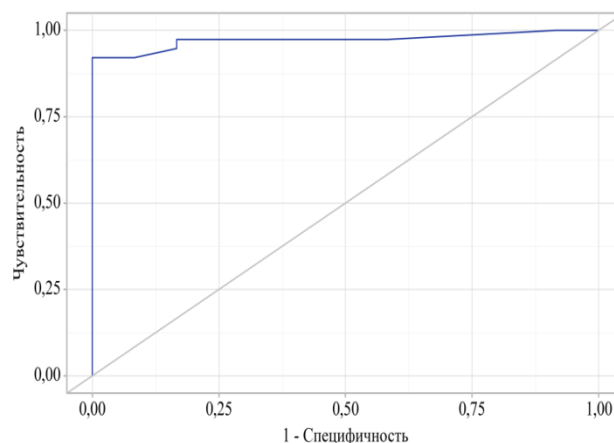


Рис. 4. ROC-кривая значений PI в ЗМА плода

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Выводы. Состояние гемодинамики церебрального кровотока плода у беременных женщин с преэклампсией на фоне ХАГ имеет следующие характерные особенности: уровни гемодинамических параметров мозгового кровообращения плода статистически значимо выше величин кровотока беременных с ХАГ без преэклампсии; прогностически значимые величины начальных признаков патологического состояния плода являются ПМАСДО и ЗМАРІ, которые позволяют диагностировать ранние перинатальные осложнения.

Список литературы

1. Чулков В.С., Мартынов А.И., Кокорин В.А. Артериальная гипертензия у беременных: дискуссионные вопросы национальных и международных рекомендаций // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25(4S). С. 4181. DOI:10.15829/1560-4071-2020-4181.
2. Юсенко С.Р., Нагорнева С.В., Коган И.Ю. Изменение мозговой гемодинамики плода при задержке его роста // Российский вестник акушера-гинеколога. 2024. Т. 24(3). С. 36-41. DOI: 10.17116/rosakush20242403136.
3. Никитаева А.П., Росюк Е.А., Вишнева Е.М. Влияние гестационной артериальной гипертензии на течение беременности и развитие осложнений со стороны матери и плода // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32862> (дата обращения: 15.09.2025). DOI: 10.17513/spno.32862.
4. Храмченко Н.В., Воеводин С.М., Андропова Н.В. Изменение церебральной гемодинамики при различных формах артериальной гипертензии в третьем триместре

- беременности // Акушерство и гинекология. 2017. № 4. С. 81-86. DOI: 10.18565/aig.2017.4.81-6.
5. Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25(3). Р. 3786. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3-3786.
6. Qi Y., Lin Z., Lu H., Zhao P., Hou Y., Mao J. The Association Between Pregnancy-Induced Hypertension and Neonatal Cerebral Metabolism, Hemodynamics, and Brain Injury as Determined by Physiological Imaging // Front Physiol. 2022;13:756386. DOI: 10.3389/fphys.2022.756386.
7. Сизова О.В., Радьков О.В., Колбасников С.В., Парамонова Е.К. Хроническая артериальная гипертензия у беременных: прогноз и профилактика осложнений гестации, тактика антигипертензивной терапии // Российский вестник акушера-гинеколога. 2018. Т. 18(6). С. 25-30. DOI: 10.17116/rosakush20181806125.
8. Butalia S, Audibert F, Cote AM. Hypertension Canada's 2018 guidelines for the management of hypertension in pregnancy // Can J. Cardiol. 2018;34(5):526-31. doi: 10.1016/j.cjca.2018.02.021.
9. Regitz-Zagrosek V., Roos-Hesselink J.W., Bauersachs J. 2018 ESC guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy // Eur Heart J. 2018;39:3165-3241. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy340.
10. Brown M.A., Magee L.A., Kenny L.C. The hypertensive disorders of pregnancy: ISSHP classification, diagnosis & management recommendations for international practice // Pregnancy Hypertens. 2018;13:291-310. DOI: 10.1016/j.preghy.2018.05.004.
11. Петров Ю.А., Чеботарева Ю.Ю., Овсянников В.Г., Подгорный И.В. Современные аспекты хронической артериальной гипертензии при беременности (обзор литературы) // Медицинский вестник Юга России. 2015. № 3. С. 5–8. DOI:10.21886/2219-8075-2015-3-5-8.
12. Johnson A.C., Cipolla M.J. The cerebral circulation during pregnancy: adapting to preserve normalcy // Physiology (Bethesda). 2015;30(2):139-47. DOI: 10.1152/physiol.00048.2014.
13. Çağlar F.N., Ozde C., Bostancı E., Çağlar İ.M., Çiftçi S., Unğan İ. Assessment of right heart function in preeclampsia by echocardiography // Pregnancy Hypertens. 2016;6(2):89-94. DOI: 10.1016/j.preghy.2015.12.004.
14. Van Veen T.R., Panerai R.B., Haeri S., Singh J., Adusumalli J.A., Zeeman G.G., Belfort M.A. Cerebral autoregulation in different hypertensive disorders of pregnancy // Am. J. Obstet. Gynecol. 2015; 212(4): 513.e1–513.e7. DOI: 10.1016/j.ajog.2014.11.003.
15. Marrone, Luiz Carlos Porcello et al. Posterior Reversible Encephalopathy Syndrome: Clinical Differences in Patients with Exclusive Involvement of Posterior Circulation Compared to

Anterior or Global Involvement // J. Stroke Cerebrovascular Dis. 2016;25:1776–1780. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.03.042.

16. Dubiel M., Gunnarsson G., Gudmundsson S. Blood redistribution in the fetal brain during chronic hypoxia // Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2002;20:2:117-121. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2002.00758.x.