

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2025.1.46>

Исследование влияния фетальной гипоксии на церебральный кровоток у плода в сравнении с физиологической беременностью

А.С. Александрович

Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2025. – Том 24, №1. – С. 46-52.

Study of the fetal hypoxia effect on the cerebral blood flow in the fetus in comparison with physiological pregnancy

A.S. Aleksandrovich

Grodno State Medical University, Grodno, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2025;24(1):46-52.

Резюме.

Цель исследования – определение изменений церебрального кровотока плода при фетальной гипоксии по сравнению с физиологическим течением беременности. Исследование было основано на гипотезе о том, что гипоксия приводит к существенным нарушениям мозгового кровообращения, которые могут быть выявлены с помощью доплерографии.

Материал и методы. В исследовании принимали участие 126 беременных женщин, которым проводили ультразвуковое исследование плода для выявления фетальной гипоксии. Из них основную группу составили беременные с гипоксией, контрольную группу – без неё.

Результаты. Исследование выявило, что у плодов основной группы в периоды 32-34 и 37-40 недель беременности выявлено статистически значимое снижение индекса резистентности в мозговых артериях, что указывает на компенсаторные процессы в ситуации гипоксического характера.

Заключение. Исследование подтвердило, что фетальная гипоксия влечет за собой изменения в мозговом кровотоке плода, что соответствует результатам других исследований. Уменьшение церебрального индекса резистентности (ИР) в передней и средней мозговой артериях может рассматриваться как ранний маркер гипоксии, что позволяет своевременно диагностировать и корректировать патологические состояния.

Ключевые слова: фетальная гипоксия, мозговой кровоток, доплерометрия, индекс резистентности, церебральная гемодинамика, перинатальные исходы, ультразвуковое исследование, беременность.

Abstract.

Objectives. To determine changes in the fetus cerebral blood flow in fetal hypoxia compared to the physiological course of pregnancy. The study was based on the hypothesis that hypoxia leads to significant disorders of cerebral circulation, which can be detected by Doppler.

Material and methods. The study included 126 pregnant women who underwent fetal ultrasound examination to detect fetal hypoxia, and they were divided into the main group with hypoxia and the control group without it.

Results. The study revealed that in the fetuses of the main group during the periods of 32-34 and 37-40 weeks of pregnancy, a statistically significant decrease in the resistance index in the cerebral arteries was detected, which indicates compensatory processes in a hypoxic situation.

Conclusions. The study confirmed that fetal hypoxia entails changes in the fetal cerebral blood flow, which is consistent with the results of other studies. A decrease in the cerebral resistance index (RI) in the anterior and middle cerebral arteries can be considered as an early marker of hypoxia, which allows timely diagnosing and correcting pathological conditions.

Keywords: fetal hypoxia, cerebral blood flow, dopplerometry, resistance index, cerebral hemodynamics, perinatal outcomes, ultrasound examination, pregnancy.

Введение

Изучение влияния фетальной гипоксии на мозговой кровоток плода в сравнении с нормальным течением беременности представляет собой важную задачу по нескольким причинам. Фетальная гипоксия является одним из наиболее распространенных осложнений, встречающихся в акушерской и неонатологической практике. Согласно статистическим данным, частота фетальной гипоксии варьируется от 4% до 10,5% всех беременностей, а в отдельных регионах этот показатель может достигать 15%. Это обстоятельство свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения данной проблемы с целью совершенствования методов диагностики и лечения. Фетальная гипоксия может привести к развитию различных неврологических расстройств у ребенка, включая задержку психомоторного развития, умственную отсталость, церебральный паралич и другие нарушения. По имеющимся данным, примерно 20% детей, перенесших фетальную гипоксию, страдают от задержки развития, а 10% – от церебрального паралича. Такие последствия могут существенно снизить качество жизни ребенка и потребовать длительного медицинского сопровождения и реабилитации [1].

При гипоксии плода наблюдаются существенные изменения в мозговом кровообращении по сравнению с нормой. Изучение этих особенностей позволяет глубже понять механизмы адаптации плода к условиям недостатка кислорода и способствует разработке эффективных методов диагностики и лечения. Исследования демонстрируют, что при гипоксии мозговой кровоток может возрастать на 30-50%, что свидетельствует о попытке организма компенсировать дефицит кислорода. Понимание патогенеза и специфических особенностей цереброваскулярных нарушений у плода в условиях гипоксии открывает возможности для улучшения диагностики и лечения подобных состояний. Это, в свою очередь, способствует снижению перинатальной смертности и повышению благоприятных исходов беременности. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), своевременная диагностика и лечение гипоксии могут уменьшить перинатальную смертность на 20-30% [2].

Исследование влияния фетальной гипоксии на мозговой кровоток плода имеет принципиальное значение для совершенствования перинатальной медицины и повышения качества жизни

новорожденных. Фетальная гипоксия, то есть состояние недостатка кислорода у плода, может быть спровоцирована разнообразными факторами, включая патологии плаценты, заболевания матери или осложнения во время родов. Дефицит кислорода может повлечь за собой повреждение тканей и органов плода, в особенности мозга, который наиболее уязвим к гипоксии. В условиях гипоксии мозговой кровоток плода претерпевает изменения с целью компенсации недостатка кислорода. Это может выражаться в увеличении кровотока к мозгу за счет уменьшения кровотока к другим органам. Однако такие адаптивные механизмы не всегда оказываются эффективными и могут привести к отдаленным негативным последствиям для здоровья ребенка [3].

Допплерометрия является одним из высокоэффективных методов диагностики нарушений мозгового кровообращения у плода. Данный ультразвуковой метод исследования даёт возможность оценить скорость и характер кровотока в сосудах плода. С помощью доплерометрии можно выявить отклонения от нормы в кровотоке, что позволяет своевременно диагностировать гипоксию и другие патологические состояния. Внедрение доплерометрии в акушерскую практику стало значительным достижением, поскольку она не только обеспечивает объективную оценку патологии, но и позволяет точно локализовать её источник [3, 4].

Изучение изменений мозгового кровообращения плода при гипоксии может способствовать разработке инновационных методов диагностики и лечения данного состояния. Например, применение ультразвуковых технологий для мониторинга церебрального кровотока у плода позволит медицинским специалистам своевременно выявлять гипоксию и предпринимать необходимые корректирующие действия. Помимо этого, глубокое понимание механизмов, лежащих в основе изменений мозгового кровообращения при гипоксии, может содействовать разработке новых терапевтических стратегий. К ним могут относиться применение лекарственных препаратов, улучшающих кровоток и снабжение мозга кислородом, а также разработка новых методов родоразрешения, минимизирующих риск развития гипоксии у плода [5, 6].

Исследование влияния фетальной гипоксии на мозговой кровоток плода играет важную роль в совершенствовании перинатальной медицины. Данное исследование не только углубляет пони-

мание механизмов адаптации плода к гипоксическим условиям, но и способствует разработке эффективных методов диагностики и лечения, что в конечном итоге ведет к улучшению исходов беременности и повышению качества жизни новорожденных. Для предсказания неблагоприятных перинатальных исходов, снижения заболеваемости и минимизации потерь важно комплексное изучение церебральной гемодинамики плода на разных сроках беременности, так как текущие методы диагностики гипоксических нарушений недостаточно изучены [5, 6, 7, 8].

Хотя изучение фетальной мозговой гемодинамики продвинулось, её формирование во время беременности недостаточно исследовано. Литература содержит противоречивые данные о церебральном кровообращении во втором триместре, отмечая, что диастолический компонент может либо отсутствовать до 25-30 недель гестации, либо регистрироваться с 14-16 недель [5].

Цель исследования – прогнозирование неблагоприятных перинатальных исходов, снижение заболеваемости и перинатальных потерь через исследование церебральной гемодинамики плода на разных этапах беременности.

Материал и методы

Исследование предполагает, что фетальная гипоксия приводит к существенным изменениям в кровотоке мозга плода, которые могут быть обнаружены и измерены с помощью доплерометрии. Это позволит повысить точность диагностики и прогнозирования неблагоприятных исходов в перинатальном периоде.

Исследование было проведено в учреждении здравоохранения «Гродненский клинический пе-

ринатальный центр» в строгом соблюдении этических принципов и получило одобрение локального этического комитета. Все участники были осведомлены о целях исследования и потенциальных рисках, связанных с участием, и предоставили добровольное письменное согласие на участие.

В исследовании приняли участие 126 беременных женщин, из которых 96 имели диагностированную фетальную гипоксию, а 30 имели физиологически протекающую беременность. Ниже представлена таблица с описанием условий беременности и критериев включения для обеих групп (табл. 1).

В процессе исследования были проанализированы две группы беременных женщин: основная и контрольная, для выявления различных характеристик и патологий. Ниже представлена таблица с сравнительной характеристикой этих групп (табл. 2).

В сроки беременности 24-26, 32-34 и 37-40 недель пациенткам проводили ультразвуковое исследование плода в В-режиме с доплерографией, которое включало анализ передней и средней мозговых артерий, артерии пуповины и маточных артерий, используя конвексный датчик частотой 2-6 МГц.

Для визуализации средней мозговой артерии (СМА) плода и Виллизиева круга в В-режиме выполняют аксиальное сечение головы плода на уровне ножек мозга, отображая костные границы передней и средней черепных ямок. Далее с помощью цветного доплеровского картирования визуализируют Виллизиев круг для детального изучения мозговых артерий, оптимально оценивая участок передней мозговой артерии (ПМА) в месте отхождения от внутренней сонной артерии или на 1-2 мм выше этого уровня [5].

Таблица 1 – Распределение участниц исследования по группам и критериям диагностики

Группа	Количество участниц	Условия беременности	Критерии включения	Диагностика фетальной гипоксии [8]
Основная	96 женщин	Беременность с осложнениями на сроках 24-40 недель	Возраст старше 18 лет, одноплодная беременность, отсутствие видимых пороков развития плода	Отсутствие конечного диастолического компонента при доплерометрии артерии пуповины, реверсивный кровоток, измененные показатели кардиотохографии
Контрольная	30 женщин	Физиологически протекающая беременность на сроках 24-40 недель	Возраст старше 18 лет, одноплодная беременность, отсутствие видимых пороков развития плода	--

Таблица 2 – Сравнительная характеристика групп беременных женщин

Группа	Первобере- менные	Повторно- беременные	Средний возраст, лет	Срок беремен- ности, недели	Задержка роста плода	Гестоз	Артери- альная гипер- тензия	Сочетание патологий
Основная	40,6%	59,4%	27 (18-37)	24-40	27,1%	38,5%	58,3%	Да
Контрольная	57,7%	42,3%	28,2 (18-42)	24-40	-	-	-	-

Все доплеровские исследования проводились в период двигательного и дыхательного покоя плода. Исследование проводилось в положении беременной на спине либо на левом боку. Датчик помещался на область интересующего сосуда, затем включался режим цветового доплеровского картирования (ЦДК), затем режим импульсно-волнового доплера. Использовались следующие настройки системы визуализации:

- тепловой индекс (Tib) не должен превышать 0,5;
- фокус устанавливается на уровне исследуемой зоны;
- размер контрольного объема должен соответствовать диаметру исследуемого сосуда;
- угол инсонации должен быть не более 45°;
- скоростная шкала должна соответствовать диапазону скоростей кровотока в исследуемом сосуде.

Далее получали кривые скоростей кровотока (КСК) не менее чем в 5 сердечных циклах, автоматическим методом или вручную получали значения индекса резистентности [5, 9].

Параметры церебрального кровотока плода анализировались с помощью комплексного ультразвукового исследования, включавшего импульсно-волновую и цветную доплерографию. Для оценки степени сопротивления кровотоку использовался индекс резистентности (ИР) по Пурсело (формула 1).

$$\text{ИР} = (\text{МСС} - \text{КДС}) / \text{МСС} \quad (1),$$

где:

МСС – максимальная систолическая скорость кровотока;

КДС – конечная диастолическая скорость кровотока.

Для анализа данных использовались стандартные программы. Количественные показатели обрабатывались методами описательной статистики, включая средние значения и стандартное отклонение. Для индекса резистентно-

сти строились таблицы центилей. Качественные данные представлялись как частоты и проценты. Статистическая значимость тестов была установлена на уровне 0,05. Нормальность распределения данных проверялась с помощью критериев Шапиро-Уилка и Левена. Сравнение групп проводилось с использованием теста Манна-Уитни, а ассоциации между признаками анализировались точным критерием Фишера и критерием хи-квадрат.

Результаты

Сравнительный анализ индекса резистентности в ПМА и СМА плодов основной и контрольной групп позволяет выявить особенности церебрального кровообращения при гипоксии. Значимость различий между двумя группами приведена в таблице 3.

Анализ результатов исследования индекса резистентности в передней мозговой артерии плодов

На сроках 24-26 недель беременности значения ИР в ПМА плодов у женщин основной группы составляли 0,75 (0,75; 0,78), а у женщин контрольной группы – 0,77 (0,76; 0,78). Отсутствие статистически значимых различий между группами в указанный период свидетельствует о сходных показателях церебрального кровотока на ранних стадиях беременности.

В период с 32 по 34 недели беременности отмечается статистически значимое уменьшение ИР в основной группе до значения 0,70* (0,66; 0,72) по сравнению с контрольной группой, где ИР составляет 0,80* (0,78; 0,84). Уменьшение ИР может указывать на активацию компенсаторных механизмов в ответ на гипоксию, направленных на обеспечение адекватного кровоснабжения головного мозга плода.

На сроках беременности 37-40 недель у па-

Таблица 3 – Значение индекса резистентности для передней мозговой артерии и средней мозговой артерии плода на разных сроках гестации, Ме (Q1; Q3)

Индекс резистентности	Срок беременности	Основная группа	Контрольная группа
Передняя мозговая артерия	24–26 недель	0,75 (0,75; 0,78)	0,77 (0,76; 0,78)
	32–34 недели	0,70* (0,66; 0,72)	0,80* (0,78; 0,84)
	37–40 недель	0,63* (0,60; 0,65)	0,78* (0,76; 0,79)
Средняя мозговая артерия	24–26 недель	0,79 (0,77; 0,81)	0,78 (0,76; 0,80)
	32–34 недели	0,69* (0,68; 0,73)	0,82* (0,79; 0,82)
	37–40 недель	0,66* (0,62; 0,67)	0,75* (0,72; 0,77)

Примечание: * – различия между двумя группами были статистически значимыми согласно критерию Манна-Уитни ($p < 0,05$).

циенток основной группы наблюдается дальнейшее снижение индекса резистентности (ИР) до значений 0,63* (0,60; 0,65). В контрольной группе ИР сохраняется на уровне 0,78* (0,76; 0,79). Данные изменения свидетельствуют о наличии гипоксических нарушений в кровотоке плода и подчеркивают необходимость постоянного мониторинга состояния плода для своевременной коррекции терапии.

Анализ результатов исследования индекса резистентности в средней мозговой артерии плодов

В период с 24 по 26 недель гестации показатели ИР в СМА плодов у пациентов основной группы составили 0,79 (0,77; 0,81), а у пациентов контрольной группы – 0,78 (0,76; 0,80). Отсутствие статистически значимых различий в показателях ИР между обеими группами в указанный период свидетельствует о сходстве их динамики.

На 32–34 неделях беременности наблюдается достоверное снижение ИР в основной группе до значения 0,69* (0,68; 0,73), в то время как в контрольной группе он остается на уровне 0,82* (0,79; 0,82). Такое статистически значимое снижение ИР в основной группе ($p < 0,05$) может быть обусловлено адаптацией организма к условиям гипоксии.

На сроках 37–40 недель у пациенток основной группы ИР был значительно ниже, чем у контрольной группы: 0,66 (0,62; 0,67) против 0,75 (0,72; 0,77). Это свидетельствует о наличии гипоксических изменений у плода и требует дальнейшего наблюдения и коррекции состояния.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что у плодов, подвергшихся гипоксии, в течение беременности отмечается существенное уменьшение индекса резистентности в исследуемых мозговых артериях. Снижение индекса

резистентности, возможно, свидетельствует о включении механизмов компенсации, обеспечивающих адекватное кровоснабжение мозга при гипоксии. В контрольной группе, где беременность протекала физиологически, значения индекса резистентности оставались стабильно высокими, что говорит о нормальном мозговом кровообращении. Выявленные статистически значимые различия между группами подчеркивают необходимость мониторинга церебрального кровотока для своевременного выявления и коррекции гипоксических состояний у плода.

Обсуждение

Проведённое исследование продемонстрировало статистически значимое уменьшение ИР в ПМА и СМА у плодов, подвергнутых гипоксии, на протяжении гестационного периода. Данные исследования подтверждают гипотезу о том, что фетальная гипоксия приводит к модификации мозговой перфузии, которые могут быть объективно оценены с помощью доплеровского ультразвукового исследования.

Исследование проливает свет на особенности церебральной гемодинамики плода при гипоксии. Анализ выявил статистически значимые различия ИР между группой с гипоксией и контрольной группой на различных сроках беременности. Наблюдалось снижение ИР в ПМА и СМА, начиная с 32–34 недель гестации и продолжающееся до 37–40 недель. Результаты указывают на активацию механизмов, обеспечивающих адекватное кровоснабжение мозга плода при гипоксии.

Полученные данные подтверждают выводы других научных работ, указывающих на уменьшение ИР при гипоксии. В частности, исследования демонстрируют, что в условиях гипоксии мозго-

вой кровотока может возрастать на 30-50%, что является компенсаторной реакцией организма на дефицит кислорода. В то время как некоторые исследования фиксировали снижение ИР лишь на поздних стадиях беременности. В ходе данного исследования были выявлены существенные изменения уже в 32-34 недели беременности.

Результаты проведенного нами исследования подтверждают ранее выявленные данные о более быстром формировании и регистрации церебрального диастолического кровотока при гипоксии, согласуясь с наблюдением снижения ИР в средней мозговой артерии на сроках 32-34 недель гестации. Эти выводы важны для практической диагностики и мониторинга гипоксических состояний у плода.

Снижение ИР в ПМА и СМА может рассматриваться как ранний индикатор гипоксии, что позволяет своевременно выявлять и корректировать патологические состояния. Это имеет особое значение для минимизации перинатальной смертности и улучшения исходов беременности.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило наличие значимых изменений в мозговом кровотоке плода при гипоксии, что подчеркивает важность данной проблематики для диагностики и лечения. Полученные результаты расширяют текущие представления о церебральной гемодинамике плода и подчеркивают важность дальнейших исследований для улучшения методов диагностики и лечения.

Заключение

В ходе проведенного исследования были получены результаты, подтверждающие выдвинутую гипотезу о влиянии фетальной гипоксии на мозговой кровоток плода. Анализ данных показал статистически значимое снижение ИР в ПМА и СМА у плодов основной группы на сроках 32-34 и 37-40 недель беременности по сравнению с контрольной группой.

Данное снижение ИР свидетельствует о запуске компенсаторных механизмов, направленных на поддержание адекватного кровоснабжения головного мозга плода в условиях гипоксии. Проведенный анализ результатов исследования подтверждает выводы других научных работ о влиянии фетальной гипоксии на церебральную гемодинамику плода. Полученные данные расширяют существующие знания об особенностях кровообращения в головном мозге плода и под-

черкивают важность мониторинга церебрального кровотока для своевременной диагностики и коррекции гипоксических состояний.

Практическая значимость исследования заключается в том, что снижение ИР в ПМА и СМА может быть интерпретировано как ранний маркер гипоксии, позволяющий своевременно выявлять и корректировать патологические состояния. Это особенно важно для минимизации перинатальных потерь и улучшения исходов беременности.

Статистически значимые изменения в мозговом кровотоке плода при гипоксии играют ключевую роль в диагностике и лечении этих состояний. Наши результаты подчеркивают важность дальнейших исследований для улучшения методов диагностики и терапии.

Литература

1. Perinatal loss at term: role of uteroplacental and fetal Doppler assessment / C. Monaghan, J. Binder, B. Thilaganathan [et al.] // *Ultrasound in obstetrics and gynecology*. 2018 Jul. Vol. 52, № 1. P. 72–77. DOI: 10.1002/uog.17500
2. Second trimester cerebroplacental ratio versus umbilicocerebral ratio for the prediction of adverse perinatal outcomes / M. L. Winchester, N. McCarther, D. Cancino [et al.] // *Journal of maternal-fetal and neonatal medicine*. 2022 Dec. Vol. 35, № 25. P. 7929–7935. DOI: 10.1080/14767058.2021.1938530
3. Intracranial resistive index (RI) values in normal term infants during the first day of life / J. W. Allison, L. A. Faddis, D. L. Kinder [et al.]. *Pediatric radiology*. 2000. Vol. 30. P. 618–620. DOI: 10.1007/s002470000286
4. Konje, J. C. Abnormal Doppler velocimetry and blood flow volume in the middle cerebral artery in very severe intrauterine growth restriction: is the occurrence of reversal of compensatory flow too late? / J. C. Konje, S. C. Bell, D. J. Taylor // *British journal of obstetrics and gynaecology*. 2001 Sep. Vol. 108, № 9. P. 973–979. DOI: 10.1111/j.1471-0528.2001.00222.x
5. Александрович, А. С. Оценка мозгового кровотока плода у беременных с фетальной гипоксией и физиологически протекающей беременностью / А. С. Александрович // *Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины* : сб. науч. ст. Гродно, 2020. Т. 10. С. 14–24.
6. Cerebral Blood Flow Monitoring in High-Risk Fetal and Neonatal Populations / R. L. Leon, E. B. Ortigoza, N. Ali [et al.] // *Frontiers in pediatrics*. 2022 Jan. Vol. 11, № 9. Art. 748345. DOI: 10.3389/fped.2021.748345
7. Diagnostic and predictive value of Doppler ultrasound for evaluation of the brain circulation in preterm infants: a systematic review / F. A. Camfferman, R. de Goederen, P. Govaert [et al.] // *Pediatric research*. 2020 Mar. Vol. 87, suppl. 1. P. 50–58. DOI: 10.1038/s41390-020-0777-x
8. Jones-Muhammad, M. Cerebral Blood Flow Regulation in Pregnancy, Hypertension, and Hypertensive Disorders of Pregnancy / M. Jones-Muhammad, J. P. Warrington // *Brain*

sciences. 2019 Sep. Vol. 9, № 9. P. 224. DOI: 10.3390/brainsci9090224

9. Тихоненко, И. В. Метод доплерометрической оценки состояния плода при синдроме задержки развития пло-

да и плацентарной недостаточности : инструкция по применению : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь от 01 дек. 2017 г. № 113-1117 / И. В. Тихоненко, А. Н. Чуканов, Л. Ф. Можейко. Минск, 2017. 12 с.

Поступила 11.10.2024 г.

Принята в печать 11.02.2025 г.

References

1. Monaghan C, Binder J, Thilaganathan B, Morales-Roselló J, Khalil A. Perinatal loss at term: role of uteroplacental and fetal Doppler assessment. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2018 Jul;52(1):72-77. doi: 10.1002/uog.17500
2. Winchester ML, McCarther N, Cancino D, Fitzgerald S, Parrish M. Second trimester cerebroplacental ratio versus umbilicocerebral ratio for the prediction of adverse perinatal outcomes. *Journal of Maternal-fetal and Neonatal Medicine*. 2022 Dec;35(25):7929-7935. doi: 10.1080/14767058.2021.1938530
3. Allison JW, Faddis LA, Kinder DL, Roberson PK, Glasier CM, Seibert JJ. Intracranial resistive index (RI) values in normal term infants during the first day of life. *Pediatric Radiology*. 2000;30:618-620. doi: 10.1007/s002470000286
4. Konje JC, Bell SC, Taylor DJ. Abnormal Doppler velocimetry and blood flow volume in the middle cerebral artery in very severe intrauterine growth restriction: is the occurrence of reversal of compensatory flow too late? *British journal of obstetrics and gynaecology*. 2001 Sep;108(9):973-979. doi: 10.1111/j.1471-0528.2001.00222.x
5. Aleksandrovich AS. Assessment of fetal cerebral blood flow in pregnant women with fetal hypoxia and physiologically normal pregnancy. V: *Sovremennye problemy gigieny, radiatsionnoi i ekologicheskoi meditsiny: sb nauch st. Grodno, RB; 2020. T 10. P. 14-24. (In Russ.)*
6. Leon RL, Ortigoza EB, Ali N, Angelis D, Wolovits JS, Chalak LF. Cerebral Blood Flow Monitoring in High-Risk Fetal and Neonatal Populations. *Frontiers in Pediatrics*. 2022 Jan 11;9:748345. doi: 10.3389/fped.2021.748345
7. Camfferman FA, de Goederen R, Govaert P, Dudink J, van Bel F, Pellicer A, et al. Diagnostic and predictive value of Doppler ultrasound for evaluation of the brain circulation in preterm infants: a systematic review. *Pediatric Research*. 2020 Mar;87(Suppl 1):50-58. doi: 10.1038/s41390-020-0777-x
8. Jones-Muhammad M, Warrington JP. Cerebral Blood Flow Regulation in Pregnancy, Hypertension, and Hypertensive Disorders of Pregnancy. *Brain Sciences*. 2019 Sep;9(9):224. doi: 10.3390/brainsci9090224
9. Tikhonenko IV, Chukanov AN, Mozheyko LF. A method of Doppler assessment of fetal status in fetal retardation syndrome and placental insufficiency: instruktsiya po primeneniyu: utv M-vom zdravookhraneniya Resp Belarus' ot 01 dek 2017 g № 113-1117. Minsk, RB; 2017. 12 p. (In Russ.)

Submitted 11.10.2024

Accepted 11.02.2025

Сведения об авторах:

Александрович Александр Сулейманович – к.м.н., доцент, зав. кафедрой лучевой диагностики, УО «Гродненский государственный медицинский университет», <https://orcid.org/0000-0003-4679-4937>, e-mail: aleks_as@tut.by.

Information about authors:

Aleksandrovich Aliaksandr Sulejmanovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Chair of Radiation Diagnostics, Grodno State Medical University, <https://orcid.org/0000-0003-4679-4937>, e-mail: aleks_as@tut.by.