



ГЕМОДИНАМИКА ГОЛОВНОГО МОЗГА У НОВОРОЖДЕННЫХ ОТ МАТЕРЕЙ С ФЕТОПЛАЦЕНТАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

А. С. Александрович

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

Цель исследования. Определение состояния структур головного мозга и параметров кровотока в желудочковой системе у новорожденных, матери которых страдали фетоплацентарной недостаточностью, с помощью нейросонографии и доплерографии.

Материал и методы. В исследовании участвовали 96 новорожденных от матерей с фетоплацентарной недостаточностью (основная группа) и 30 здоровых новорожденных (контрольная группа). Диагностический комплекс включал нейросонографическое исследование передней и средней черепной ямок, а также доплерографию передней и средней мозговых артерий, вены Галена с оценкой скоростей кровотока, систоло-диастолического соотношения (S/D), индекса резистентности (Ri) и пульсационного индекса (Pi).

Результаты. Сравнительный анализ показателей кровотока в передней мозговой артерии и вене Галена не выявил статистически значимых различий между основной и контрольной группами. При исследовании средней мозговой артерии, несмотря на отсутствие статистически значимых различий в скоростях кровотока по сравнению с контрольной группой, индекс резистентности (Ri), пульсационный индекс (Pi) и систоло-диастолическое соотношение (S/D) демонстрировали статистически значимые различия. Это указывает на повышенное сосудистое сопротивление у новорожденных из основной группы.

Выводы. Для объективной оценки состояния центральной нервной системы новорожденных от матерей с фетоплацентарной недостаточностью необходимо комбинировать доплерографию и нейросонографию. Исследование выявило нарушение гемодинамики в бассейне средних мозговых артерий у новорожденных из основной группы. Для оценки церебральной гемодинамики предпочтительнее использовать индексы Ri, Pi и S/D.

Ключевые слова: новорожденные, фетоплацентарная недостаточность, нейросонография, доплерометрия, нарушение гемодинамики.

Для цитирования: Александрович, А. С. Гемодинамика головного мозга у новорожденных от матерей с фетоплацентарной недостаточностью / А. С. Александрович // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2024. Т. 22, № 5. С. 470-474. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2024-22-5-470-474>

Введение

Фетоплацентарная недостаточность (ФПН) – одно из наиболее серьезных осложнений беременности, способное вызвать разнообразные патологии у новорожденных. Особое внимание заслуживает изучение церебральной гемодинамики у детей, родившихся от матерей с ФПН. Данное состояние характеризуется нарушением кровотока в системе «мать-плацента-плод», что приводит к гипоксии и недостаточному снабжению плода питательными веществами. В результате могут развиваться внутриутробная задержка развития, низкий вес при рождении и разные неврологические расстройства. Исследование мозговой гемодинамики у новорожденных с ФПН позволяет выявить ранние признаки нарушений мозгового кровообращения, что имеет первостепенное значение для своевременной диагностики и лечения [1].

Исследование кровотока в головном мозге новорожденных, матери которых страдают ФПН, способствует более глубокому пониманию патофизиологических процессов, приводящих к неврологическим расстройствам у этих детей. Современные методы нейровизуализации и ультразвуковой диагностики дают возможность детально исследовать кровоток в мозге новорожденных, что способствует разработке новых подходов к профилактике и лече-

нию [2]. Исследования в данной области имеют потенциал для разработки клинических протоколов по управлению беременностью и родами у пациенток с ФПН, а также оптимизации ухода за новорожденными. Своевременная диагностика и коррекция нарушений церебрального кровотока может существенно повысить прогноз и качество жизни детей, родившихся от матерей с ФПН [3].

Улучшение диагностики и лечения новорожденных с нарушениями церебральной гемодинамики способствует снижению уровня детской инвалидности и смертности, что имеет важное значение для общественного здравоохранения [3]. Кроме того, повышение осведомленности медицинских работников и родителей о возможных рисках и методах профилактики ФПН способствует улучшению общего состояния здоровья населения. Важно отметить, что современные исследования в области неонатологии и перинатологии продолжают выявлять новые аспекты влияния ФПН на развитие мозга новорожденных, что подчеркивает необходимость постоянного обновления знаний и методов лечения [4].

Исследования подтверждают, что своевременная диагностика и вмешательство играют решающую роль в минимизации риска возникновения долгосрочных неврологических осложнений у детей, рожденных от матерей с ФПН [5].

Ключевую роль в этом процессе играют инновационные технологии, такие как магнитно-резонансная томография и доплерография. Их применение позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния мозга и кровообращения у новорожденных. Внедрение этих методов в практику здравоохранения способствует более точному определению состояния здоровья младенцев и своевременному принятию мер, направленных на предотвращение осложнений [6].

Диагностика повреждений головного мозга у новорожденных, вызванных перинатальными факторами, может быть осуществлена посредством лучевых методов исследования. Вместе с тем применение компьютерной и магнитно-резонансной томографии в условиях отделения интенсивной терапии и реанимации новорожденных, а также у недоношенных детей, по ряду причин затруднено [7]. Ультразвуковое исследование мозга у детей первого года жизни обладает неоспоримыми преимуществами. Простота выполнения, доступность, неинвазивность, отсутствие лучевой нагрузки делают эхографию методом выбора в перинатальной неврологии. Современные ультразвуковые аппараты, оснащенные режимом цветного доплеровского картирования, позволяют оценивать не только структуру мозга, но и состояние мозгового кровотока [8].

Высокая частота повреждений головного мозга, полученных в перинатальном периоде, среди причин детской неврологической заболеваемости делает данную проблему чрезвычайно актуальной. Научные исследования демонстрируют, что ранняя диагностика и своевременное лечение таких повреждений способны существенно улучшить прогноз для ребенка и повысить качество его жизни. Это подчеркивает необходимость продолжения исследований и разработки новых методов диагностики и лечения, направленных на минимизацию риска развития неврологических осложнений у новорожденных [9].

Цель исследования – определение состояния структур головного мозга и параметров кровотока в желудочковой системе у новорожденных, матери которых страдали фетоплацентарной недостаточностью, с помощью нейросонографии и доплерографии.

Материал и методы

В течение года (январь-декабрь) проведено исследование с участием 96 новорожденных детей матерей, страдающих фетоплацентарной недостаточностью. Данная группа составила основную группу исследования. Контрольная группа включала 30 здоровых новорожденных. К моменту обследования все дети обеих групп находились в стабильном состоянии, имели нормальные антропометрические показатели: средний вес – $3450 \pm 32,0$ г, длина тела – $52 \pm 2,0$ см, окружность головы – $35,4 \pm 0,6$ см.

Комплексное обследование проводилось на 4-5-е сутки жизни пациента и включало:

1. Нейросонографическое исследование структур передней и средней черепной ямок, с

визуализацией Сильвиевых борозд и сосудистых треугольников.

2. Допплерографическое исследование церебральных сосудов, а именно: передней мозговой артерии, средней мозговой артерии (СМА) двусторонне, и вены Галена.

При интерпретации доплеровской кривой рассматривались следующие показатели:

- Максимальная систолическая скорость кровотока (V_s) – наибольшая величина скорости кровотока, наблюдаемая в период систолы, когда сердце сокращается и выбрасывает кровь в артерии.

- Конечная диастолическая скорость кровотока (V_d) – скорость кровотока в конце диастолы, когда сердце находится в состоянии расслабления и наполняется кровью.

- Систолидиастолическое соотношение (S/D) – отношение максимальной систолической скорости к конечной диастолической скорости, позволяющее оценить соотношение между фазами сердечного цикла.

- Индекс резистентности (R_i) – отношение разницы между максимальной систолической и конечной диастолической скоростью кровотока к максимальной систолической скорости кровотока (формула 1):

$$R_i = (V_s - V_d) / V_s \quad (1)$$

Индекс резистентности характеризует степень сопротивления сосудов кровотоку в области, расположенной дистальнее точки измерения. Он указывает на силу, с которой сосуды препятствуют движению крови.

- Пульсационный индекс (R_i) представляет собой отношение разницы между максимальной систолической и минимальной диастолической скоростями кровотока к средней скорости кровотока:

$$P_i = (V_s - V_d) / V_{aver} \quad (2)$$

где V_{aver} – средняя скорость кровотока.

Пульсационный индекс характеризует эластичность кровеносных сосудов и степень сопротивления кровотоку, отражая способность сосудов к расширению и сужению под воздействием пульсации крови.

Анализ указанных показателей позволяет провести всестороннюю оценку состояния сосудистой системы и кровообращения, что имеет особое значение при обследовании новорожденных, матери которых страдали фетоплацентарной недостаточностью.

В ходе статистического анализа были задействованы общепринятые статистические программы. Количественные данные представлены посредством средней арифметической (M), стандартного отклонения (s) и доверительного интервала, что способствует более точному представлению о распределении значений. Выбор статистических методов осуществлялся с учетом характера распределения исследуемых переменных. В случае нормального распределения применялся t -тест для сравнения двух независимых выборок. При отклонении от нормального распределения использовался непараметрический тест Манна-Уитни, не требующий предположе-

ния о нормальности. Для оценки взаимосвязей между переменными применялся метод линейной регрессии, позволяющий установить характер и степень зависимости исследуемых показателей. Использование такого многостороннего подхода к анализу данных обеспечивает достоверность полученных результатов, что особенно существенно в медицинских исследованиях.

Результаты и обсуждение

Результаты стандартной нейросонографии у пациентов обеих групп не выявили каких-либо патологических изменений в структурах мозга и ликворных пространствах, что свидетельствует об их нормальном состоянии у всех обследованных. Сравнительный анализ ширины сосудистых сплетений также не показал статистически значимых различий между основной и контрольной группами. Так, у пациентов основной группы этот параметр составил $5,7 \pm 0,6$ мм, а у пациентов контрольной группы – $5,9 \pm 0,3$ мм ($p > 0,05$). Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что, несмотря на наличие фетоплацентарной недостаточности у матерей, у новорожденных не наблюдается значимых отклонений в ширине сосудистых сплетений. Это может указывать на наличие компенсаторных механизмов или отсутствие влияния данного состояния на этот параметр.

Таблица 1 демонстрирует результаты исследования кровотока, проведенного с помощью доплеровской ультрасонографии в передней мозговой артерии и вене Галена.

Анализ данных доплерометрии, представленных в таблице, позволяет сделать вывод об

отсутствии статистически значимых различий между основной и контрольной группами по всем исследуемым параметрам (скорости кровотока систолической (V_s) и диастолической (V_d), резистивному индексу (R_i), пульсильному индексу (P_i), соотношению S/D в передней мозговой артерии, а также максимальной скорости кровотока (V_{max}) в вене Галена). Это указывает на сходство гемодинамических показателей в указанных сосудах у новорожденных обеих групп. Несмотря на выявленную фетоплацентарную недостаточность у матерей основной группы, гемодинамика в передней мозговой артерии и вене Галена у их новорожденных не демонстрирует существенных отклонений от показателей контрольной группы.

Таблица 2 демонстрирует результаты количественной оценки кровотока в СМА.

Анализ гемодинамических показателей в сонной магистрале выявил ряд существенных различий между исследуемой и контрольной группами. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий в значениях систолической и диастолической скоростей кровотока (V_s : $17,3 \pm 5,02$ и $18,7 \pm 5,23$ в основной группе против $17,7 \pm 4,03$ и $21,7 \pm 8,16$ в контрольной; V_d : $5,0 \pm 2,07$ и $5,13 \pm 1,85$ в основной группе против $5,42 \pm 1,50$ и $6,25 \pm 2,0$ в контрольной), другие параметры оказались статистически значимыми. Индекс резистентности был значительно выше в основной группе ($0,75 \pm 0,22$ и $0,7 \pm 0,16$) по сравнению с контрольной группой ($0,66 \pm 0,07$ и $0,65 \pm 0,07$), полученные данные свидетельствуют о более выраженном сопротивлении сосудов

Таблица 1. – Показатели доплерометрии в передней мозговой артерии и в вене Галена
Table 1. – Doppler Ultrasound Parameters in the Anterior Cerebral Artery and the Vein of Galen

Передняя мозговая артерия						Вена Галена
Группы	V_s см/сек	V_d см/сек	R_i	P_i	S/D	V_{max} см/сек
Основная	$19,11 \pm 8,62$	$6,24 \pm 3,58$	$0,97 \pm 1,84$	$1,13 \pm 0,31$	$3,24 \pm 1,04$	$5,78 \pm 1,09$
Контроль	$16,31 \pm 4,8$	$6,08 \pm 2,37$	$0,63 \pm 0,06$	$1,03 \pm 0,15$	$2,76 \pm 0,43$	$6,20 \pm 1,2$
P	0,248	0,759	0,197	0,350	0,150	0,248

Таблица 2. – Показатели кровотока в СМА
Table 2. – Blood Flow Parameters in the MCA

Средняя мозговая артерия										
Группы	V_s		V_d		R_i		P_i		S/D	
	Л	Пр	Л	Пр	Л	Пр	Л	Пр	Л	Пр
Основная	$17,3 \pm 5,02$	$18,7 \pm 5,23$	$5,0 \pm 2,07$	$5,13 \pm 1,85$	$0,75 \pm 0,22$	$0,7 \pm 0,16$	1,25	$1,23 \pm 0,33$	$3,76 \pm 1,38$	$3,6 \pm 1,21$
Контроль	$17,7 \pm 4,03$	$21,7 \pm 8,16$	$5,42 \pm 1,50$	$6,25 \pm 2,0$	$0,66 \pm 0,07$	$0,65 \pm 0,07$	1,10	$1,12 \pm 0,3$	$3,16 \pm 1,34$	$3,05 \pm 1,1$
P	0,80	0,35	0,29	0,15	0,03	0,002	0,05	0,01	0,04	0,002

Примечание: Л – левая средняя мозговая артерия; Пр – правая средняя мозговая артерия

в основной группе по сравнению с контрольной группой. Это подтверждается статистической значимостью различий ($P=0,03$ и $0,002$) в показателях сопротивления. Кроме того, у участников основной группы зафиксирован более высокий пульсационный индекс ($1,25\pm 0,28$ и $1,23\pm 0,33$) по сравнению с контрольной группой ($1,10\pm 0,26$ и $1,12\pm 0,3$). Данное обстоятельство указывает на повышенную жесткость сосудов в основной группе ($P=0,05$ и $0,01$), что подтверждает наличие различий в упруго-эластических свойствах сосудов между группами. Анализ соотношения систолического и диастолического кровотока показал его значимое повышение в основной группе ($3,76\pm 1,38$ и $3,6\pm 1,21$) по сравнению с контрольной группой ($3,16\pm 1,34$ и $3,05\pm 1,1$). Это указывает на увеличение сосудистого сопротивления у новорожденных основной группы ($P=0,04$ и $0,002$). Полученные данные свидетельствуют о сниженной эластичности сосудов и повышенном сопротивлении кровотоку у новорожденных основной группы. Вероятно, это следствие влияния фетоплацентарной недостаточности на развитие сосудистой системы плода.

Кроме того, исследование выявило асимметрию кровотока в бассейне СМА у плодов. Наблюдается преобладание гемодинамики в левых отделах головного мозга. Вероятная причина такого доминирования – анатомическое строение СМА: левая СМА непосредственно ответвляется от левой общей сонной артерии, которая берет начало в левом отделе аорты. Правая СМА служит конечной ветвью правой общей сонной артерии, продолжающейся от плечеголового ствола, который делится на правую подключичную артерию (питает правую руку) и правую общую сонную артерию. Не исключено также влияние физиологических механизмов, отвечающих за формирование межполушарной асимметрии.

Литература

1. Postnatal cerebral hemodynamics in infants with severe congenital heart disease: a scoping review / A. A. De Silvestro [et al.] // *Pediatr Res.* – 2023. – Vol. 94, iss. 3. – P. 931-943. – <https://doi.org/10.1038/s41390-023-02543-z>.
2. Brain development in newborns and infants after ECMO / K. Yan [et al.] // *World J Pediatr.* – 2024. – Vol. 20, iss. 6. – P. 556-568. – <https://doi.org/10.1007/s12519-023-00768-w>.
3. State-of-the-art neonatal cerebral ultrasound: technique and reporting / J. Dudink [et al.] // *Pediatr Res.* – 2020. – Vol. 87, suppl. 1. – P. 3-12. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0776-y>.
4. Tortora, D. Arterial spin labeling perfusion in neonates / D. Tortora, M. Severino, A. Rossi // *Semin Fetal Neonatal Med.* – 2020. – Vol. 25, № 5. – Art. 101130. – <https://doi.org/10.1016/j.siny.2020.101130>.
5. Relationship of intraoperative cerebral oxygen saturation to neurodevelopmental outcome and brain magnetic resonance imaging at 1 year of age in infants undergoing biventricular repair / B. D. Kussman [et al.] // *Circulation.* – 2010. – Vol. 122, № 3. – P. 245-254. – <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.902338>.

Выводы

Стандартное исследование головного мозга не всегда обеспечивает полную оценку состояния центральной нервной системы (ЦНС) у новорожденных, чьи матери страдали от фетоплацентарной недостаточности. Для получения объективной картины состояния ЦНС у данной категории детей необходимо дополнить стандартное исследование доплерометрией мозговой гемодинамики.

Допплерометрия позволяет оценить кровоток в сосудах головного мозга, что критически важно для выявления потенциальных нарушений, которые могут остаться незамеченными при стандартной нейросонографии.

Исследования показали достоверное нарушение гемодинамики в бассейне средних мозговых артерий у новорожденных, чьи матери страдали от фетоплацентарной недостаточности. Это указывает на возможные проблемы с кровоснабжением мозга и требует повышенного внимания и постоянного мониторинга.

При оценке церебральной гемодинамики у данной категории новорожденных предпочтительнее использовать индексы R_i , P_i и S/D . Данные индексы обладают статистически значимой достоверностью и считаются более предпочтительными для мониторинга церебральной гемодинамики, чем абсолютные значения скоростей кровотока.

Раннее выявление нарушений гемодинамики в средних мозговых артериях может служить признаком потенциальных проблем с ЦНС у новорожденных, чьи матери страдали от фетоплацентарной недостаточности. Это позволяет прогнозировать возможные неврологические исходы и способствует комплексному подходу к диагностике, что в конечном итоге улучшает качество медицинской помощи и способствует гармоничному развитию ребенка.

References

6. Bode, H. Age dependence of flow velocities in basal cerebral arteries / H. Bode, U. Wais // *Arch Dis Child.* – 1988. – Vol. 63, № 6. – P. 606-611. – <https://doi.org/10.1136/adc.63.6.606>.
7. Prevention, treatment, and monitoring of seizures in the intensive care unit / M. Strein [et al.] // *J Clin Med.* – 2019. – Vol. 8, iss. 8. – Art. 1177. – <https://doi.org/10.3390/jcm8081177>.
8. Cranial ultrasound for beginners / P. Caro-Domínguez [et al.] // *Transl Pediatr.* – 2021. – Vol. 10, iss. 4. – P. 1117-1137. – <https://doi.org/10.21037/tp-20-399>.
9. Особенности церебральной гемодинамики у новорожденных от матерей с фетоплацентарной недостаточностью / А. С. Александрович [и др.] // *Репродуктивное здоровье в Беларуси.* – 2009. – № 6. – С. 47-52. – edn: OOU DCB.
1. De Silvestro AA, Kellenberger CJ, Gosteli M, O’Gorman R, Knirsch W. Postnatal cerebral hemodynamics in infants with severe congenital heart disease: a scoping review. *Pediatr Res.* 2023;94(3):931-943. <https://doi.org/10.1038/s41390-023-02543-z>

- Yan K, Tang LK, Xiao FF, Zhang P, Cheng GQ, Wang LS, Lu CM, Ge MM, Hu LY, Zhou YF, Xiao TT, Xu Y, Yin ZQ, Yan GF, Lu GP, Li Q, Zhou WH. Brain development in newborns and infants after ECMO. *World J Pediatr.* 2024;20(6):556-568. <https://doi.org/10.1007/s12519-023-00768-w>
- Dudink J, Jeanne Steggerda S, Horsch S; eurUS.brain group. State-of-the-art neonatal cerebral ultrasound: technique and reporting. *Pediatr Res.* 2020;87(Suppl 1):3-12. <https://doi.org/10.1038/s41390-020-0776-y>
- Tortora D, Severino M, Rossi A. Arterial spin labeling perfusion in neonates. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2020;25(5):101130. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2020.101130>
- Kussman BD, Wypij D, Laussen PC, Soul JS, Bellinger DC, DiNardo JA, Robertson R, Pigula FA, Jonas RA, Newburger JW. Relationship of intraoperative cerebral oxygen saturation to neurodevelopmental outcome and brain magnetic resonance imaging at 1 year of age in infants undergoing biventricular repair. *Circulation.* 2010;122(3):245-254. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.902338>
- Bode H, Wais U. Age dependence of flow velocities in basal cerebral arteries. *Arch Dis Child.* 1988;63(6):606-11. <https://doi.org/10.1136/adc.63.6.606>
- Strein M, Holton-Burke JP, Smith LR, Brophy GM. Prevention, treatment, and monitoring of seizures in the intensive care unit. *J Clin Med.* 2019;8(8):1177. <https://doi.org/10.3390/jcm8081177>
- Caro-Dominguez P, Lecacheux C, Hernandez-Herrera C, Llorens-Salvador R. Cranial ultrasound for beginners. *Transl Pediatr.* 2021;10(4):1117-1137. <https://doi.org/10.21037/tp-20-399>
- Aleksandrovich AS, Paltseva AI, Uskov SI, Myshkin SV. Osobennosti cerebralnoj gemodinamiki u novorozhdennyh ot materej s fetoplacentalnoj nedostatocnostju. *Reproductive health in Belarus.* 2009;6:47-52. edn: OOU DCB. (Russian).

HEMODYNAMICS OF THE BRAIN IN NEWBORNS FROM MOTHERS WITH PLACENTAL INSUFFICIENCY

A. S. Alexandrovich

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Objective. To determine the state of brain structures and blood flow parameters in the ventricular system in newborns whose mothers suffered from placental insufficiency using neurosonography and Doppler ultrasound.

Material and methods. The study involved 96 newborns from mothers with placental insufficiency (the main group) and 30 healthy newborns (the control group). The diagnostic tools included a neurosonographic assessment of the anterior and middle cranial fossae, as well as Doppler ultrasound of the anterior and middle cerebral arteries, vein of Galen blood flow velocity assessment, systolic/diastolic ratio (S/D), resistive index (Ri) and pulsatility index (PI).

Results. The comparative analysis of blood flow in the anterior cerebral artery and the vein of Galen did not reveal statistically significant differences between the main and control groups. While examining the middle cerebral artery, despite the absence of statistically significant differences in blood flow velocities compared with the control group, resistive index (Ri), pulsatility index (Pi) and systolic/diastolic ratio (S/D) showed statistically significant differences. This indicates increased vascular resistance in newborns from the main group.

Conclusion. It is essential to combine Doppler ultrasound and neurosonography in order to make an objective assessment of the state of the newborns central nervous system from mothers with placental insufficiency. The study revealed impairment of hemodynamics in the middle cerebral arteries pool in newborns from the main group. To assess cerebral hemodynamics, it is preferable to use the Ri, Pi and S/D indices.

Keywords: newborns, placental insufficiency, neurosonography, Doppler ultrasound, hemodynamic disorders.

For citation: Alexandrovich AS. Hemodynamics of the brain in newborns from mothers with placental insufficiency. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2024;22(5):470-474. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2024-22-5-470-474>

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторе / About the author

Александрович Александр Сулейманович / Aleksandrovich Aliaksandr, e-mail: aleks_as@tut.by, ORCID: 0000-0003-4679-4937

Поступила / Received: 02.09.2024

Принята к публикации / Accepted for publication: 24.09.2024