

УДК 616.831-005.4-053.31-073.97

**ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ
ПРИ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ
ЭНЦЕФАЛОПАТИИ НОВОРОЖДЕННЫХ**

Плотникова Нелли Ризадиновна
*ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2»,
Краснодар, Россия*

Костомарова Галина Анатольевна
*ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2»,
Краснодар, Россия*

Тяжелая асфиксия при рождении – это состояние, характеризующееся низкой оценкой по шкале Апгар и комплексом клинико-лабораторных признаков нарушения развития ребенка. Электроэнцефалография – важный метод исследования в диагностике и оценке функционального состояния головного мозга новорожденных детей.

В статье представлены особенности электроэнцефалограммы при основных типах гипоксического поражения головного мозга новорожденных. Обоснована связь между типами гипоксического поражения мозга и электроэнцефалографическими паттернами, имеющими прогностическую ценность. Приведен клинический пример эффективного опыта работы.

Ключевые слова: ДИАГНОСТИКА, ГИПОКСИЯ, ЦЕРЕБРАЛЬНАЯ ИШЕМИЯ, ГИПОКСИЧЕСКАЯ ИШЕМИЧЕСКАЯ ЭНЦЕФАЛОПАТИЯ, ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ, ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ ПАТТЕРНЫ

UDC 616.831-005.4-053.31-073.97

**ELECTROENCEPHALOGRAPHY
IN THE HYPOXIC-ISCHEMIC
ENCEPHALOPATHY OF NEWBORN**

Plotnikova Nelly Rizadinovna
*SBIHC «Region clinic hospital Nr 2»,
Krasnodar, Russia*

Kostomarova Galina Anatolievna
*SBIHC «Region clinic hospital Nr 2»,
Krasnodar, Russia*

Severe asphyxia at birth is a condition characterized by a low Apgar score and a complex of clinical and laboratory signs of impaired child condition. EEG is an important research method in the diagnosis and assessment of the brain functional state of newborn children.

The article presents the features of EEG in the main types of hypoxic neonatal brain damage. The connection between the main types of hypoxic neonatal brain damage and EEG patterns having the predictive value was established. A clinical example of effective experience is given.

Key words: DIAGNOSTICS, HIPOXIA, CEREBRAL ISHEMIA, HIPOXIC ISHEMIC CERHALOPATHY, ELECTRICAL CERHALOGRAPHY, EEG-PATTERN

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелая асфиксия при рождении – это состояние, характеризующееся низкой оценкой по шкале Апгар и комплексом клинико-лабораторных признаков нарушения состояния ребенка [1, 2].

Гипоксическая ишемическая энцефалопатия (ГИЭ) – поражение головного мозга, которое развивается в первые часы жизни и характеризуется комплексом неврологических нарушений различной степени тяжести, наступивших в результате асфиксии при рождении [1, 2].

Церебральная ишемия (ЦИ) – это состояние, которое возникает в результате широкого спектра причин (сепсис, шок, ГИЭ, респираторный дистресс-синдром), приводящих к ишемии мозга.

Эпидемиология заболевания или состояния (группы заболеваний или состояний)

По данным мировой статистики в популяции новорожденных частота тяжелой гипоксической ишемической энцефалопатии составляет от 0,37 до 3,00 на 1000 родившихся живыми. В 2020 г. уровень заболеваемости новорожденных внутриутробной гипоксией, асфиксией при родах на территории Российской Федерации составил 13,3 %, в мире – 5–9 случаев на 1000 родившихся живыми [1, 3].

Степень тяжести ГИЭ определяют по трансформированной шкале Н. Sarnat, М. Sarnat (1976) в модификации В. Stoll, R. Kliegman (2004).

Степень церебральной ишемии устанавливают в соответствии с Классификацией перинатальных поражений нервной системы у новорожденных (2000): выраженность неврологических нарушений, а также характер и распространенность структурно-морфологических изменений вещества головного мозга.

Критерии установления диагноза

Диагноз «Тяжелая асфиксия при рождении» определяют по следующим клинико-лабораторным признакам: внутриутробное нарушение состояния

плода, оценка по шкале Апгар – 3 балла и менее на первой минуте жизни, рН < 7,0 или уровень ВЕ в крови > 16 ммоль/л в первые 60 мин жизни, полиорганная недостаточность, неврологические нарушения [2, 3].

Диагноз «Церебральная ишемия» выставляют по истечении раннего неонатального периода, уточнения характера и выраженности структурного поражения головного мозга с помощью методов нейровизуализации.

Исход ГИЭ определяют степенью, локализацией и распространенностью структурных постишемических повреждений головного мозга. Материалы эпидемиологических исследований по изучению ГИЭ подтверждают формирование стойких нарушений двигательных функций, представленных в основном спастической и дискинетической формами ДЦП, в исходе заболевания у 20–50 % детей. Риск формирования ДЦП возрастает в три раза при наличии в периоде новорожденности судорог неонатального эпилептического статуса. Более 30 % детей формируют структурную форму эпилепсии в постнеонатальном периоде. Максимальный риск возникновения эпилепсии обусловлен диффузным гипоксически-ишемическим поражением, сочетанным повреждением базальных ганглиев и глубокого белого вещества полушарий мозга [3, 4].

Морфофункциональные особенности головного мозга младенца, часто диффузное повреждение церебральных структур, неспецифичность клинической картины при различных заболеваниях ЦНС, использование антиконвульсантов, седативных препаратов и миорелаксантов затрудняют клико-неврологическую оценку состояния центральной нервной системы (ЦНС) у детей раннего возраста. У новорожденных некоторые пароксизмальные феномены (судороги, одиночные миоклонии, клонусы, тремор конечностей) вызывают определенные сложности при дифференциальной диагностике и выборе оптимальной тактики проведения лечебных мероприятий. Прогностическая ценность различных методов, применяемых в неонатальной неврологии, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Прогностическая значимость дополнительных методов исследования, используемых в неонатальной практике, S. A. Scherjon и соавт. (1994)

Метод исследования	Прогностическая ценность
Доплерография	Очень низкая (0)
Нейросонография	Очень низкая – 60 %
Магнитно-резонансная томография (МРТ)	90 %
Электроэнцефалография (ЭЭГ)	93 %
Вызванные потенциалы	
соматосенсорные	100 %
зрительные	100 %

В настоящее время электроэнцефалография (ЭЭГ) – важный метод исследования в диагностике и оценке функционального состояния головного мозга новорожденных. Современные компьютерные энцефалографы позволяют проводить исследование головного мозга у детей в условиях интенсивной терапии и реанимации [5, 6].

В соответствии с протоколом Американского общества клинической нейрофизиологии показания к проведению ЭЭГ у новорожденных:

- 1) патологическая двигательная активность, стереотипные движения, вегетативные пароксизмальные нарушения: апноэ, не сопровождающиеся изменением частоты сердечных сокращений (ЧСС), стойкие ее изменения вне дыхательных пауз во время сна, покраснение лица;
- 2) патологическое состояние церебральной активности (возбуждение/летаргия);
- 3) гипоксически-ишемическая энцефалопатия (ГИЭ);
- 4) определение церебральной зрелости;
- 5) прогнозирование;
- 6) локализация очага поражения;
- 7) оценка эффективности гипотермии.

Специфических ЭЭГ-паттернов при ГИЭ новорожденных не выявлено. В ЭЭГ часто регистрируют супрессию (снижение амплитуды с максимальным проявлением угнетения биоэлектрической активности в виде паттерна

«вспышка-угнетение») и замедление основного ритма, а также отмечают фокальную заостренную и эпилептиформную активность, регистрируют асинхронную и асимметрию фоновой активности. Установлена связь между основными типами гипоксического поражения мозга новорожденных и паттернами ЭЭГ (J. J. Volpe et al., 2018) (таблица 2.)

Таблица 2 – Особенности ЭЭГ при основных типах гипоксического поражения головного мозга новорожденных (J. J. Volpe et al., 2018; с изменениями)

Паттерн электроэнцефалограммы	Характер церебрального поражения
Прерывистость фоновой активности Длительные периоды подавления в паттерне Вспышка – угнетение Длительная супрессия основного ритма Электрическое молчание	Диффузный корковый и таламический некроз нейронов
Большое количество острых волн в отведениях: центральных, фронтальных (положительные) затылочных (отрицательные)	Перивентрикулярная лейкомаляция
Длительные эпизоды латерализации эпилептиформных паттернов	Фокальные некрозы (инфаркты)

У детей, перенесших ГИЭ, ЭЭГ характеризуется высокой диагностической и прогностической ценностью. Выявлена прямая зависимость длительности во времени подавления биоэлектрической активности у доношенных новорожденных от тяжести ГИЭ (D. M. Murray et al., 2019).

Длительный межвспышечный интервал (более 30 с) ассоциируется с неблагоприятными неврологическими исходами. Прогностически значимые паттерны ЭЭГ у новорожденных приведены в таблице 3.

Основной момент оценки неонатальной ЭЭГ – понятие «постконцептуальный возраст ребенка» (ПКВ) [5, 7]. Фактически он складывается из суммы корректно оцененного гестационного возраста ребенка и количества недель постнатальной его жизни на момент регистрации ЭЭГ.

Постулат предполагает наличие с момента зачатия генетически детерминированной программы последовательного морфофункционального развития плода и новорожденного ребенка.

Таблица 3 – Характеристика прогностических паттернов ранней неонатальной ЭЭГ у доношенных новорожденных (E. Andrade et al., 2019)

Прогностическое значение	Паттерн
Благоприятное	Непрерывность основного ритма Регистрация цикла сон – бодрствование
Неблагоприятное	Депрессия основного ритма Прерывистость основной активности Вспышка – угнетение Отсутствие регистрации цикла сон – бодрствование Фокальные изменения ЭЭГ Эпилептиформная активность
Неоднозначное	Регистрация депрессии основного ритма в первые 6 ч жизни Длительная регистрация транзиторных графоэлементов (острые фронтальные волны, щетки)

Важнейшие особенности динамических изменений биоэлектрической активности (БЭА) головного мозга ребенка в раннем онтогенезе можно представить в виде основных этапов [2, 5]:

- у недоношенных с экстремально малым сроком гестации (до 30–32 нед) состояние бодрствования и сна представлено на ЭЭГ преимущественно нерегулярной, прерывистой активностью. Последовательное формирование физиологических и электрографических паттернов стадий цикла сон – бодрствование начинается примерно с 30–32 нед гестации;

- окончательная дифференцировка всех физиологических состояний (бодрствование, фаза активного и спокойного сна) на ЭЭГ новорожденных возможна с 36–37 нед постконцептуального возраста (ПКВ);

- в процессе функционального созревания ЦНС отмечается возрастание степени межполушарной синхронизации ритмов биоэлектрической активности, которая достигает 98–100 % к 40–42 нед ПКВ;

- появление и закономерное исчезновение на определенных сроках гестации физиологических транзиторных электрографических комплексов и графоэлементов, характерных для фетального периода развития мозга, отражают динамику морфофункционального созревания различных его отделов.

Клинически значимыми являются отклонения в появлении или исчезновении того или иного электрофизиологического феномена более чем на 2 нед.

При выполнении рутинной ЭЭГ в зависимости от постменструального возраста (ПМВ) ребенка и размеров окружности головы достаточным считают использование 8–12 электродов, расположенных согласно международной схеме «10–20», модифицированной для новорожденных детей. Регистрация ЭЭГ над основными анатомическими областями (лобными, центральными, теменными, затылочными и височными) обеспечивает получение достоверной и достаточно полной информации о функциональном состоянии головного мозга младенца. В неонатальной ЭЭГ применяют стандартные моно- и биполярные монтажи, что и в классической ЭЭГ [5, 8].

При регистрации ЭЭГ у новорожденных врач-нейрофизиолог должен находиться у постели больного, проводить нагрузочные тесты, отмечать двигательные и поведенческие реакции ребенка, выделять артефакты, оценивать время начала, окончания и феноменологию клинических пароксизмов, фиксировать проведение лечебных манипуляций. Эти сведения в дальнейшем необходимы для правильной интерпретации биоэлектрической активности при анализе неонатальной ЭЭГ, последовательно придерживаясь основных этапов:

- 1) корректное определение постконцептуального возраста ребенка на момент проведения исследования;
- 2) идентификация и вычленение артефактов;
- 3) идентификация электрофизиологических паттернов физиологических состояний новорожденного (бодрствование, фазы сна);
- 4) подробный анализ и описание электрофизиологических показателей каждого из физиологических состояний (продолжительность и правильность чередования, частотные и амплитудные значения доминирующей активности, симметричность и межполушарная синхронизация ритмов,

оценка электрографических характеристик транзиторных графоэлементов, выделение и описание патологических паттернов).

Формулирование заключения: оценка зрелости коркового электрогенеза (при наличии нарушений – тяжести функциональных расстройств), в сопоставлении с клиническими проявлениями пароксизмальной, эпилептиформной активности [5, 6, 9].

Исследования проводят в соответствии с рекомендациями Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики (РАСФД) «Стандартная ЭЭГ и ЭЭГ-мониторинг сна: минимальные требования к технике и методике регистрации». Международные клинические рекомендации: основным источником является Guideline2 Американского общества клинической нейрофизиологии (ACNS) – «Минимальные технические требования для педиатрической ЭЭГ». Протокол исследования формулируют в соответствии с рекомендациями Ассоциации специалистов по клинической нейрофизиологии (АСКЛИН) «Электроэнцефалография у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии. Методология описания и клинические примеры».

Клинический случай

Ребенок Х. *Диагноз:* основной/конкурирующий бактериальный сепсис новорожденного. Недоношенность – 36 нед и 5 дней. ПКВ – 40 нед и 5 дней.

Сопутствующий: тяжелая асфиксия при рождении. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия 3-й степени. Судорожный синдром. Бактериальный менингит (реконвалесцент). Функционирующее овальное окно.

Осложнения: ДВС-синдром: легочное, желудочное кровотечение в анамнезе.

Нейросонография (НСГ): диффузное повышение эхогенности перивентрикулярных зон, таламуса, подкорковых ядер. Расширение межболочечных пространств. Дилатация боковых желудочков. Кефалогематома теменной кости справа.

ЭЭГ назначают для оценки функционального состояния мозга, контроля эффективности противосудорожной терапии, определения дальнейшей тактики лечения, прогноза и ведения пациента с гипоксически-ишемической энцефалопатией.

Протокол ЭЭГ

Аппарат: энцефалограф-регистратор компьютеризированный, портативный для суточной регистрации ЭЭГ в телеметрическом и автономном режиме «Энцефалан-ЭЭГ-19/26», использования международной системы наложения электродов «10–20», модифицированной.

Электроды отдельные чашечковые, монтаж референтный, биполярный.

Количество электродов – 8.

Продолжительность записи – 90 мин.

Респираторная поддержка методом ВПК.

Двигательная активность: периодически открывает глаза, слабые движения конечностей.

Седативная терапия: нет.

Противоэпилептические препараты: Леветирацетам – 7 мг/кг в сутки, перорально.

Лобно-затылочный градиент отсутствует.

Фрагменты синхронизации ритмов отсутствуют.

Средняя амплитуда фона 20–30 мкВ.

Непрерывность кривой: непрерывная, низкоамплитудная.

Циклическая вариабельность сон – бодрствование отсутствует.

Реактивность на внешние раздражители: тактильное раздражение отсутствует.

При проведении ритмической фотостимуляции с частотами 2, 3, 5, 10, 16, 21, 26, 31 Гц фотопароксизмальный ответ не зарегистрирован, возникновение клинических проявлений (в виде тонических и клонических судорог, миоклоний) – отсутствует.

Отмечены группы ПТС-острых темпоральных спайков с непостоянной латерализацией, чаще – правосторонней.

Эпилептиформные графоэлементы отсутствуют.

Ритмические паттерны отсутствуют.

Электроэнцефалографический паттерн приступа отсутствует.

Паттерн «вспышка – подавление» не зарегистрирован.

Заключение

На протяжении записи регистрировали непрерывную низковольтажную (20–30 мкВ) диффузную полиморфную активность с отсутствием синхронизации ритмов. На этом фоне отмечены группы острых темпоральных спайков с непостоянной латерализацией, чаще правосторонней. Типичные эпилептиформные графоэлементы и реакция на стимулы отсутствуют. Характеристики биоэлектрической активности мозга не соответствуют постконцептуальному возрасту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭЭГ – важный метод исследования в диагностике и оценке функционального состояния головного мозга новорожденных детей. Комплексный анализ клинико-anamнестических, нейрофизиологических, лабораторных данных и результатов нейровизуализации позволяет корректно оценивать степень структурно-функциональных нарушений головного мозга, формулировать неврологический диагноз и прогнозировать развитие ребенка.

Список литературы

1. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия новорожденного вследствие перенесенной асфиксии при родах : клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации. – 2025.
2. Классификация перинатальных поражений нервной системы у новорожденных Российской ассоциации специалистов перинатальной медицины. – 1999.
3. Risk factors for hypoxic-ischemic encephalopathy in cases of severe acidosis: A case-control study / *P. Lorain [et al.]* // *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* – 2022. – Vol. 101, № 4. – P. 471–478.
4. *Ristovska S.* Respiratory Distress Syndrome (RDS) in Newborns with Hypoxic-Ischemic Encephalopathy (HIE) / *S. Ristovska* // *Pril (Makedon Akad NaukUmet Odd Med Nauk.* – 2024. – Vol. 4, № 45(1). – P. 19–30.
5. Неонатальная электроэнцефалография / *А. Е. Понятишин, А. Б. Пальчик, Т. В. Мелашенко, М. Ю. Фомина.* – М.: МЕДпресс-информ, 2021.
6. *Синкин М. В.* Электроэнцефалография у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии. Методология описания и клинические примеры / *М. В. Синкин, Е. А. Баранова.* – М. : Атмосфера, 2022.
7. Амплитудно-интегрированная электроэнцефалография и селективная гипотермия в неонатологической практике / *Д. Н. Дегтярев, О. В. Ионов [и др.].* – М.: Локус-Станди, 2013.
8. Стандартная ЭЭГ и ЭЭГ-мониторинг сна: минимальные требования к технике и методике регистрации : рекомендации Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики / *М. В. Александров, С. А. Лытаев, Л. Б. Иванов, Е. М. Трошина.*
9. Use and abuse of the Apgar score. Committee on Fetus and Newborn, American Academy of Pediatrics, and Committee on Obstetric Practice, American College of Obstetricians and Gynecologists // *Pediatrics.* – 1996. – Vol. 98, № 1. – P. 141–142.