

ISSN 2077-8333 (print)
ISSN 2311-4088 (online)

ЭПИЛЕПСИЯ и пароксизмальные состояния

2022 Том 14 №1



EPILEPSY AND PAROXYSMAL CONDITIONS

2022 Vol. 14 №1

www.epilepsia.su

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта www.epilepsia.su. Не предназначено для использования в коммерческих целях.
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: info@irbis-1.ru.



<https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2022.098>

ISSN 2077-8333 (print)
ISSN 2311-4088 (online)

Амплитудно-интегрированная электроэнцефалография как дополнительный метод исследования у новорожденных детей с судорогами

Кошавцев А.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Литовская, д. 2, Санкт-Петербург 194100, Россия)

Для контактов: Кошавцев Андрей Гелиевич, e-mail: mdspb@yandex.ru

РЕЗЮМЕ

Цель: сравнение методов электроэнцефалографии (ЭЭГ) и амплитудно-интегрированной электроэнцефалографии (аЭЭГ), их технических особенностей, клинического применения для новорожденных в отделении интенсивной терапии, а также корреляции аЭЭГ с другими методами диагностики (неврологический статус, нейросонография).

Материал и методы. Обследованы 52 новорожденных ребенка. Дети чаще были доношенными или имели начальную степень недоношенности. У 29 младенцев регистрировались судороги, которые отмечались 1–5 раз. Проводилась ЭЭГ в течение $107,7 \pm 32,7$ мин с дальнейшей программной аЭЭГ-обработкой.

Результаты. При анализе аЭЭГ найдены достоверные различия между индексами дельта-2-активности в процентах у недоношенных младенцев относительно других ритмов по сравнению с доношенными детьми. Показано, что представленность на протяжении всей записи в процентах высокоамплитудной дельта-2-активности выше у новорожденных с судорогами по сравнению с младенцами без них.

Заключение. Таким образом, аЭЭГ уточняет и дополняет данные, полученные с помощью рутинной ЭЭГ, и может использоваться не только в качестве метода непрерывного мониторинга функций мозга у новорожденных детей, но и как дополнительная программа к стандартному ЭЭГ-исследованию. Метод имеет большой потенциал для уточнения диагноза и дальнейшей неврологической поддержки новорожденных в отделениях интенсивной терапии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электроэнцефалография, ЭЭГ, детская ЭЭГ, амплитудно-интегрированная электроэнцефалография, аЭЭГ, новорожденные дети, неонатальные судороги, анализ показателей аЭЭГ.

Статья поступила: 02.09.2021 г.; в доработанном виде: 22.01.2022 г.; принята к печати: 25.02.2022 г.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии необходимости раскрытия конфликта интересов в отношении данной публикации.

Для цитирования

Кошавцев А.Г. Амплитудно-интегрированная электроэнцефалография как дополнительный метод исследования у новорожденных детей с судорогами. *Эpilepsia и пароксизмальные состояния*. 2022; 14 (1): 8–14. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2022.098>.

Amplitude-integrated electroencephalography as an additional research method in newborns with seizures

Koshchavtsev A.G.

Saint Petersburg Pediatric Medical University (2 Litovskaya Str., Saint Petersburg 194100, Russia)

Corresponding author: Andrey G. Koshchavtsev, e-mail: mdspb@yandex.ru

SUMMARY

Objective: to compare the methods of electroencephalography (EEG) and amplitude-integrated electroencephalography (aEEG), related technical features, their clinical application in newborns at the intensive care unit, as well as a correlation between aEEG and other diagnostic methods (neurological status, neurosonography).

Material and methods. Fifty-two newborns were examined who mainly born at full-term or had an initial degree of prematurity. In 29 infants, seizures were recorded, which were noted 1–5 times. An EEG was performed within 107.7±32.7 minutes followed by further software aEEG processing.

Results. While analyzing aEEG, significant differences were found among the indices of delta 2 activity denoted as a percentage in premature vs. full-term infants relative to other rhythms. It was shown that prevalence of high-amplitude delta 2 activity throughout entire recording presented as percentage was higher in infants with vs. without seizures.

Conclusion. It was demonstrated that aEEG clarifies and supplements the data obtained with routine EEG, and can be used not only for conducting continuous monitoring of neonatal brain functions, but also as an additional program to a standard EEG study. The method has a great potential for specifying diagnosis and further neonatal neurological support at intensive care units.

KEYWORDS

Electroencephalography, EEG, children's EEG, amplitude-integrated EEG, aEEG, newborn, neonatal seizures, aEEG analysis.

Received: 02.09.2021; **in the revised form:** 22.01.2022; **accepted:** 25.02.2022

Conflict of interests

The author declares no conflict of interest regarding this publication.

For citation

Koshchavtsev A.G. Amplitude-integrated electroencephalography is an additional research method in newborns with seizures. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2022; 14 (1): 8–14 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2022.098>.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

В отделениях реанимации и интенсивной терапии непривычная среда не только нарушает нормальное развитие новорожденного, но в некотором смысле разрушает диадические материнско-детские отношения, приобретение ряда навыков ребенком по импринтинговому типу [1, 2]. Улучшение неонатологических навыков и инструментария для новорожденных с помощью нейрофизиологического мониторинга контролирует интенсивную терапию и может улучшить долгосрочный прогноз.

Непрерывный мониторинг функции мозга у новорожденных детей дает важную информацию для уточнения нюансов неврологического лечения во время интенсивной и неотложной неонатальной помощи. Электроэнцефалография (ЭЭГ) была основой диагностики судорожных состояний у детей и подростков на протяжении десятилетий. Хотя паттерны ЭЭГ у недоношенных младенцев с разными неврологическими исходами определены достаточно давно, многие данные были ограничены из-за сложности использования ЭЭГ у этих детей [3–5]. ЭЭГ в сочетании с амплитудно-интегрированной ЭЭГ (аЭЭГ), т.е. ЭЭГ с небольшим количеством каналов, в последнее время получила широкое распространение в отделениях реанимации и интенсивной терапии.

Рутинная ЭЭГ регистрирует электрическую активность головного мозга, обеспечивая точную оценку функции мозга новорожденных, и полезна для прогно-

зирования последствий нарушенного развития у детей после травмы или гипоксически-ишемического воздействия. Стандартная ЭЭГ регистрирует электрокортикальный сигнал с помощью электродов, прикрепленных к коже головы. ЭЭГ у новорожденных имеет несколько каналов и требует использования не менее 9 и не более 40 электродов на голове, одновременно отслеживая функцию мозга, движения глаз, функцию мышц, частоту сердечных сокращений, дыхательные движения и запись поведенческого видео [6]. Рутинная ЭЭГ – это преимущественный метод для оценки неврологического функционального статуса новорожденных в отделении интенсивной терапии [7, 8].

Однако регистрация ЭЭГ в отделении интенсивной терапии представляет трудности, поскольку сигнал ЭЭГ имеет низкую амплитуду, особенно у недоношенных и маловесных детей. Амплитудные показатели ЭЭГ связаны с мощностью электрокортикального сигнала и степенью его изменения. Он измеряется в микровольтах и представляет собой общее количество электрической энергии, затрачиваемой на функционирование нейронов. Недоношенные дети имеют более низкий уровень электрических сигналов и более длительные периоды электрического «молчания» мозга, чем доношенные здоровые младенцы. Активность мозга со временем увеличивается, что приводит к более сильному общему сигналу и более упорядоченному паттерну изменения амплитуды. «Зашумленная» электрическая среда в реанимации и интенсивной терапии новорож-

денных легко искажает сигнал артефактами. Кроме того, неонатологам и специалистам по ЭЭГ трудно отличить возникающие артефакты от ряда паттернов неонатальной ЭЭГ [9, 10].

Амплитудно-интегрированная ЭЭГ, в отличие от рутинной, представляет собой простой непрерывный мониторинг активности мозга, который отражает тенденции (тренды) биоэлектрической активности. Она состоит из одно- или двухканальных ЭЭГ, записанных с помощью 3–5 электродов, прикрепленных к коже головы. Амплитудно-интегрированная ЭЭГ фиксирует фоновый рисунок активности мозга в реальном времени в течение длительного периода. Запись может длиться 24 ч и более по мере необходимости. Использование электродов и интерпретация аЭЭГ не требуют длительной подготовки и опыта. Обычно установка электродов занимает менее 10 мин. Применяют различные электроды, включая самоклеящиеся гидрогелевые пластыри, внутрикожные иглы и используемые нами серебряные или золотые чашечковые электроды под пасту [11].

Многочисленные исследования показали, что аЭЭГ чувствительна к прогнозированию неврологических исходов как у доношенных, так и у недоношенных детей. Аномальные паттерны аЭЭГ связаны с неблагоприятными исходами для нервно-психического развития ребенка [12, 16–18]. Так, показаны корреляции данных аЭЭГ с показателями цитокинов и других воспалительных маркеров и исходом развития недоношенных детей, рожденных на 24–28-й неделе беременности, к 2-летнему возрасту [19]. В другой работе с недоношенными младенцами исследователи показали, что непрерывность аЭЭГ предсказывает краткосрочный исход (смерть или внутрижелудочковое кровоизлияние III–IV ст.) с точностью до 83% [17].

Цель – сравнение методов ЭЭГ и аЭЭГ, их технических особенностей, клинического применения для новорожденных в отделении интенсивной терапии, а также корреляции аЭЭГ с другими методами диагностики (неврологический статус, нейросонография).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

Проведено проспективное наблюдательное исследование, в рамках которого обследованы 52 новорожденных ребенка в палатах интенсивной терапии отделения патологии новорожденных детской многопрофильной больницы.

Этические аспекты / Ethical aspects

Исследование соответствовало международным этическим нормам и принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Родители в обязательном порядке подписывали информированное согласие. Исследование было одобрено этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский педиатрический медицинский университет» Минздрава России (решение № 2/6 от 25.02.2019 г.).

Описание группы пациентов / Description of the patient group

Средний возраст детей составлял $20,3 \pm 14,2$ дня. Новорожденные чаще были доношенными или имели начальную степень недоношенности (35–37 нед). У 29 младенцев регистрировались судороги, которые отмечались 1–5 раз, без тенденции к статусному течению. У 14 детей был установлен диагноз гипоксически-ишемической энцефалопатии (ГИЭ) тяжелой степени, у 27 – средней степени тяжести, у 3 – легкой степени тяжести. У 8 младенцев не отмечалось признаков ГИЭ.

Нейросонография / Neurosonography

При нейросонографии (НСГ) либо не наблюдалось анатомических изменений (30 детей), либо регистрировались субэпендимальные кисты в незначительном количестве (9 младенцев). Внутрижелудочковые кровоизлияния наблюдались у 7 детей, грубое органическое или дизонтогенетическое поражение мозга – у 6 младенцев. Расширение боковых желудочков по данным НСГ отмечалось у 12 новорожденных, преимущественно до 0,6–0,7 см.

Методы электроэнцефалографии / Electroencephalography methods

Проводилась ЭЭГ в течение $107,7 \pm 32,7$ мин с дальнейшей программной аЭЭГ-обработкой. Регистрация ЭЭГ выполнялась на компьютерном энцефалографе «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (Россия). Для отведения ЭЭГ использовались детские золотые чашечковые электроды фирмы Nicolet Biomedical (США) диаметром 0,6 см, которые крепились на пасту. Запись осуществлялась в 10 пунктах, по международной схеме «10–20»: лобные (Fp1, Fp2), центральные (C3, C4), затылочные (O1, O2), передневисочные (F7, F8) и задневисочные (T5, T6) отведения, монополярно, с объединенным референтом на мостовидных отростках.

Методы статистического анализа / Methods of statistical analysis

Для статистической обработки данных использовалась программа Statistica 10 (StatSoft, Inc. США). Применялись методы описательной статистики и непараметрический корреляционный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Интерпретация аЭЭГ / Interpretation of aEEG

Как известно, аЭЭГ коррелирует со стандартной (рутинной) ЭЭГ [12]. При отслеживании биоэлектрической активности у новорожденных, имеющих судороги, корреляция между аЭЭГ и ЭЭГ составляет 100% [12], что подтверждается нашим исследованием. Амплитудно-

интегрированный электроэнцефалографический сигнал выглядит как черная полоса с синусоидальными периодами расширения и сжатия. Как правило, отслеживание аЭЭГ интерпретируется визуально путем обнаружения паттернов в соответствии с пятью основными переменными: непрерывность (плотность трассы, прерывистость дорожки с повышенной вариабельностью), наличие цикличности (периоды расширения и сжатия), амплитуда (в микровольтах) для нижней границы (минимальная полоса) и верхней границы (максимальная полоса), а также ширина полосы (разница между нижним и верхним краями самой узкой части графика) [13–15].

Наиболее часто используемый показатель аЭЭГ – непрерывность сигнала, тренд которого показывает плотный узкий паттерн, распределенный между низкой и высокой амплитудами. У доношенных новорожденных периоды активного сна сопровождаются более низкой амплитудой нижнего и верхнего края тренда, по сравнению с высокими амплитудными показателями аЭЭГ глубокого сна, что в нашем исследовании наблюдается в виде статистической тенденции.

В целом показатели амплитуды верхнего и нижнего края полосы аЭЭГ у доношенных и недоношенных детей в нашей работе не отличаются, поскольку гестация недоношенных была 35–37 нед, т.е. близка к 40 нед. Известно [10], что основной активностью ЭЭГ у новорожденных детей является дельта, которую мы разделили на два диапазона: дельта-1 0,5–2,0 Гц и дельта-2 2,0–4,0 Гц. При расчете процентов индексов этих диапазонов в аЭЭГ оказалось, что индексы дельта-1-активности недоношенных и доношенных не отличаются, тогда как имеются достоверные различия между индексами дельта-2-активности у недоношенных младенцев в процентах относительно других ритмов: $8,7 \pm 2,3\%$ по сравнению с $13,7 \pm 9,0\%$ у доношенных детей. Созревание мозга сопровождается повышением частоты биоэлектрической активности у детей со сменой ритмов от дельта к альфа, что и отмечается в нашей выборке в виде большей процентной представленности высоко-частотной дельта-активности у доношенных детей.

Судороги на аЭЭГ / Seizures on aEEG

Судороги на участках аЭЭГ регистрируются как повторяющееся, внезапное, кратковременное повышение нижней и верхней части тренда [9]. При сравнении новорожденных с судорогами (29 детей) и без судорог (23 ребенка) оказалось, что ГИЭ у первых достоверно чаще была тяжелой или средней степени тяжести ($p < 0,05$). У новорожденных без судорог преобладала

ГИЭ легкой или средней степени тяжести. Эпилептиформные и пароксизмальные графоэлементы у детей с судорогами отмечались 2–3 и более раза в минуту, тогда как у младенцев без судорог их либо не было вообще, либо имели место 1–2 эпизода за тот же период ($p < 0,05$).

При анализе индексов аЭЭГ оказалось, что представленность на протяжении всей записи в процентах высокоамплитудной дельта-2-активности выше у детей с судорогами ($14,68 \pm 9,97\%$) по сравнению с младенцами без судорог ($10,53 \pm 5,39\%$) на уровне статистической тенденции. Это можно объяснить, если расценивать пробеги высокоамплитудной дельта-2-активности в качестве подпороговой пароксизмальной активности. На **рисунке 1** показана эпоха анализа ЭЭГ и соответствующий ей эпизод записи тренда аЭЭГ у ребенка Г. с судорогами на 68-й минуте мониторинговой записи. Отмечаются средне- и высокоамплитудная дельта-1–2-активность на ЭЭГ и видимый на аЭЭГ подъем тренда CNV (англ. continuous normal voltage) с двумя пароксизмальными элементами. На **рисунке 2** представлена эпоха анализа ЭЭГ и соответствующий ей эпизод записи тренда аЭЭГ у ребенка К. без судорог на 29-й минуте мониторинговой записи. Наблюдается более плоская ЭЭГ, за исключением одного канала, и соответствующий ей эпизод аЭЭГ с регулярным, не увеличенным по амплитуде паттерном CNV.

Таким образом, исследование показало, что аЭЭГ уточняет и дополняет данные, полученные с помощью ЭЭГ с тенденцией к мониторинговому исследованию, и может использоваться не только в качестве метода непрерывного мониторинга функций мозга у новорожденных детей, но и как дополнительная программа к стандартному ЭЭГ-исследованию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Амплитудно-интегрированная ЭЭГ – это клинически доступный метод непрерывного мониторинга функций мозга у новорожденных детей. В дополнение к использованию рутинной ЭЭГ аЭЭГ имеет большой потенциал для уточнения диагноза и дальнейшей неврологической поддержки младенцев в отделениях интенсивной терапии. Кроме того, ЭЭГ с привязкой к амплитуде хорошо идентифицирует сон и бодрствование ребенка. Необходимы дальнейшие исследования для изучения эффектов различных видов ухода и вмешательств (например, ряда процедур, родительских прикосновений и т.д.), в т.ч. на циклы сна и бодрствования, у доношенных и недоношенных новорожденных детей.

Рисунок 1.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и амплитудно-интегрированная электроэнцефалограмма (аЭЭГ) у ребенка Г. с судорогами:
а – эпоха анализа ЭЭГ; б – эпизод тренда аЭЭГ, обозначенный серой полосой, соответствует эпохе анализа ЭЭГ

Figure 1. Electroencephalography (EEG) and amplitude-integrated EEG (aEEG) in the neonate G. with seizures:
a – epoch of EEG analysis; b – episode of aEEG trend denoted as grey strip corresponding to epoch of EEG analysis

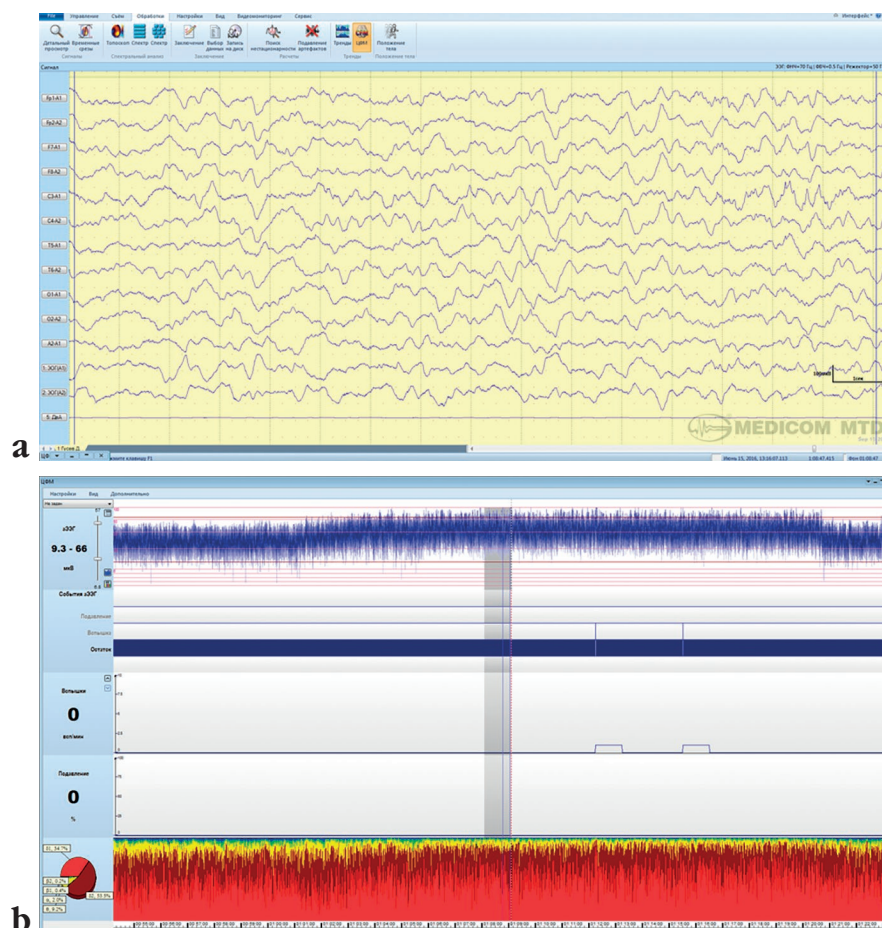
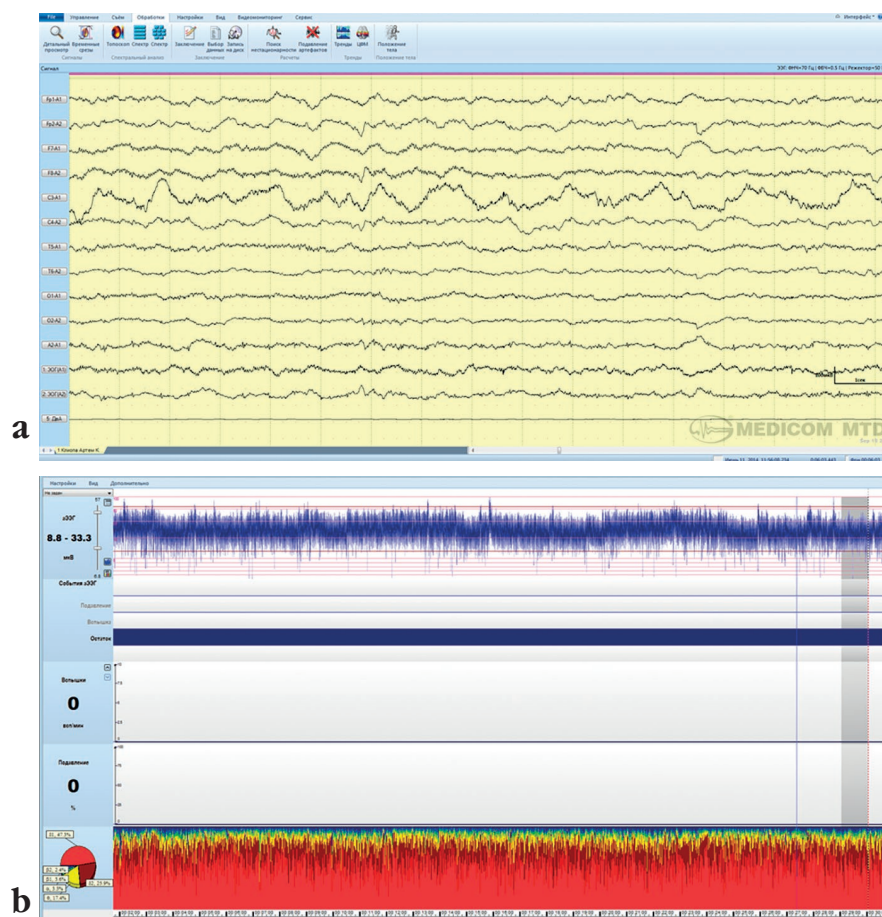


Рисунок 2. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и амплитудно-интегрированная электроэнцефалограмма (аЭЭГ) у ребенка К. без судорог:
а – эпоха анализа ЭЭГ; б – эпизод тренда аЭЭГ, обозначенный серой полосой, соответствует эпохе анализа ЭЭГ

Figure 2. Electroencephalography (EEG) and amplitude-integrated EEG (aEEG) in the seizure-free neonate K.:
a – epoch of EEG analysis; b – episode of aEEG trend denoted as grey strip corresponding to epoch of EEG analysis



ЛИТЕРАТУРА:

- Black J.E. How a child builds its brain: some lessons from animal studies of neural plasticity. *Prev Med.* 1998; 27 (2): 168–71. <https://doi.org/10.1006/pmed.1998.0271>.
- Батуев А.С., Кошачев А.Г., Соболева М.В. Зрительное предпочтение как проявление привязанности у детей первого года жизни. *Вопросы психологии.* 1996; 4: 34–41.
- Selton D., Andre M., Hascoët J. Normal EEG in very premature infants: reference criteria. *Clin Neurophysiol.* 2000; 111 (12): 2116–24. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(00\)00440-5](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(00)00440-5).
- Selton D., André M., Debruille C., et al. EEG at 6 weeks of life in very premature neonates. *Clin Neurophysiol.* 2010; 121 (6): 818–22. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.11.006>.
- Vecchierini M., André M., d'Allest A. Normal EEG of premature infants born between 24 and 30 weeks gestational age: terminology, definitions and maturation aspects. *Neurophysiol. Clin.* 2007; 37 (5): 311–23. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2007.10.008>.
- Boylan G. Principles of EEG. In: Rennie J., Hagmann C., Robertson N. (Eds). *Neonatal cerebral investigation.* New York: Cambridge University Press; 2008: 9–21.
- El-Dib M., Chang T., Tsuchida T., Clancy R. Amplitude-integrated electroencephalography in neonates. *Pediatr Neurol.* 2009; 41 (5): 315–26. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2009.05.002>.
- Clancy R., Dicker L., Cho S., et al. Agreement between long-term neonatal background classification by conventional and amplitude-integrated EEG. *J Clin Neurophysiol.* 2011; 28 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e3182051105>.
- Hellstrom-Westas L., De Vries L., Rosen I. Atlas of amplitude-integrated EEGs in the newborn. 2nd ed. London, UK: Informa Healthcare; 2008: 187.
- Кошачев А.Г., Гречаный С.В. Интерпретация электроэнцефалографии у детей раннего возраста. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния.* 2020; 12 (1): 9–25. <https://doi.org/10.17749/2077-8333.2020.12.1.9-25>.
- Foreman S.W., Thorngate L., Burr R.L., Thomas K.A. Electrode challenges in amplitude-integrated EEG: research application of a novel noninvasive measure of brain function in preterm infants. *Biol Res Nurs.* 2011; 13 (3): 251–9. <https://doi.org/10.1177/1099800411403468>.
- Klebermass K., Kuhle S., Kohlhauser-Vollmuth C., et al. Evaluation of the cerebral function monitor as a tool for neurophysiological surveillance in neonatal intensive care patients. *Childs Nerv Syst.* 2001; 17 (9): 544–50. <https://doi.org/10.1007/s003810100488>.
- Kuint J., Turgeman A., Torjman A., Maayan-Metzger A. Characteristics of amplitude-integrated electroencephalogram in premature infants. *J Child Neurol.* 2007; 22 (3): 277–81. <https://doi.org/10.1177/0883073807299860>.
- Burdjalov V.F., Baumgart S., Spitzer A.R. Cerebral function monitoring: a new scoring system for the evaluation of brain maturation in neonates. *Pediatrics.* 2003; 112 (4): 855–61. <https://doi.org/10.1542/peds.112.4.855>.
- Olischar M., Klebermass K., Kuhle S., et al. Reference values for amplitude-integrated electroencephalographic activity in preterm infants younger than 30 weeks' gestational age. *Pediatrics.* 2004; 113 (1 Pt. 1): e61–6. <https://doi.org/10.1542/peds.113.1.e61>.
- Archbald F., Verma U., Tejani N., Handwerker S. Cerebral function monitor in the neonate. II: Birth asphyxia. *Dev Med Child Neurol.* 1984; 26 (2): 162–8. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1984.tb04427.x>.
- Bowen J., Paradisis M., Shah D. Decreased aEEG continuity and baseline variability in the first 48 hours of life associated with poor short-term outcome in neonates born before 29 weeks gestation. *Pediatr Res.* 2010; 67 (5): 538–44. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3181d4ecda>.
- El-Dib M., Massaro A., Glass P., et al. Early amplitude integrated EEG and outcome of very low birth weight infants. *Pediatr Int.* 2011; 53 (3): 315–21. <https://doi.org/10.1111/j.1442-200X.2010.03270.x>.
- Wikström S., Ley D., Hansen-Pupp I., et al. Early amplitude-integrated EEG correlates with cord TNF-alpha and brain injury in very preterm infants. *Acta Paediatr.* 2008; 97 (7): 915–9. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2008.00787.x>.

REFERENCES:

- Black J.E. How a child builds its brain: some lessons from animal studies of neural plasticity. *Prev Med.* 1998; 27 (2): 168–71. <https://doi.org/10.1006/pmed.1998.0271>.
- Batuev A.S., Koshchavtsev A.G., Soboleva M.V. Visual preference as a manifestation of attachment in children of the first year of life. *Voprosy Psichologii.* 1996; 4: 34–41 (in Russ.).
- Selton D., Andre M., Hascoët J. Normal EEG in very premature infants: reference criteria. *Clin Neurophysiol.* 2000; 111 (12): 2116–24. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(00\)00440-5](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(00)00440-5).
- Selton D., André M., Debruille C., et al. EEG at 6 weeks of life in very premature neonates. *Clin Neurophysiol.* 2010; 121 (6): 818–22. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.11.006>.
- Vecchierini M., André M., d'Allest A. Normal EEG of premature infants born between 24 and 30 weeks gestational age: terminology, definitions and maturation aspects. *Neurophysiol Clin.* 2007; 37 (5): 311–23. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2007.10.008>.
- Boylan G. Principles of EEG. In: Rennie J., Hagmann C., Robertson N. (Eds). *Neonatal cerebral investigation.* New York: Cambridge University Press; 2008: 9–21.
- El-Dib M., Chang T., Tsuchida T., Clancy R. Amplitude-integrated electroencephalography in neonates. *Pediatr Neurol.* 2009; 41 (5): 315–26. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2009.05.002>.
- Clancy R., Dicker L., Cho S., et al. Agreement between long-term neonatal background classification by conventional and amplitude-integrated EEG. *J Clin Neurophysiol.* 2011; 28 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e3182051105>.
- Hellstrom-Westas L., De Vries L., Rosen I. Atlas of amplitude-integrated EEGs in the newborn. 2nd ed. London, UK: Informa Healthcare; 2008: 187.
- Koshchavtsev A.G., Grechanyi S.V. Interpretation of electroencephalography in infants. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния / Epilepsy and Paroxysmal Conditions.* 2020; 12 (1): 9–25 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333.2020.12.1.9-25>.
- Foreman S.W., Thorngate L., Burr R.L., Thomas K.A. Electrode challenges in amplitude-integrated EEG: research application of a novel noninvasive measure of brain function in preterm infants. *Biol Res Nurs.* 2011; 13 (3): 251–9. <https://doi.org/10.1177/1099800411403468>.
- Klebermass K., Kuhle S., Kohlhauser-Vollmuth C., et al. Evaluation of the cerebral function monitor as a tool for neurophysiological surveillance in neonatal intensive care patients. *Childs Nerv Syst.* 2001; 17 (9): 544–50. <https://doi.org/10.1007/s003810100488>.
- Kuint J., Turgeman A., Torjman A., Maayan-Metzger A. Characteristics of amplitude-integrated electroencephalogram in premature infants. *J Child Neurol.* 2007; 22 (3): 277–81. <https://doi.org/10.1177/0883073807299860>.
- Burdjalov V.F., Baumgart S., Spitzer A.R. Cerebral function monitoring: a new scoring system for the evaluation of brain maturation in neonates. *Pediatrics.* 2003; 112 (4): 855–61. <https://doi.org/10.1542/peds.112.4.855>.
- Olischar M., Klebermass K., Kuhle S., et al. Reference values for amplitude-integrated electroencephalographic activity in preterm infants younger than 30 weeks' gestational age. *Pediatrics.* 2004; 113 (1 Pt. 1): e61–6. <https://doi.org/10.1542/peds.113.1.e61>.
- Archbald F., Verma U., Tejani N., Handwerker S. Cerebral function monitor in the neonate. II: Birth asphyxia. *Dev Med Child Neurol.* 1984; 26 (2): 162–8. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1984.tb04427.x>.

17. Bowen J., Paradisis M., Shah D. Decreased aEEG continuity and baseline variability in the first 48 hours of life associated with poor short-term outcome in neonates born before 29 weeks gestation. *Pediatr Res.* 2010; 67 (5): 538–44. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3181d4ecda>.
18. El-Dib M., Massaro A., Glass P., et al. Early amplitude integrated EEG and outcome of very low birth weight infants. *Pediatr Int.* 2011; 53 (3): 315–21. <https://doi.org/10.1111/j.1442-200X.2010.03270.x>.
19. Wikström S., Ley D., Hansen-Pupp I., et al. Early amplitude-integrated EEG correlates with cord TNF-alpha and brain injury in very preterm infants. *Acta Paediatr.* 2008; 97 (7): 915–9. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2008.00787.x>.

Сведения об авторе

Кощавцев Андрей Гелиевич – к.м.н., доцент кафедры психиатрии и наркологии, координатор направления «Психическое здоровье младенцев» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский педиатрический медицинский университет» Минздрава России (Санкт-Петербург, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3861-4134>; Scopus Author ID: 6504425924; РИНЦ SPIN-код: 5449-3953. E-mail: mdsppb@yandex.ru.

About the author

Andrey G. Koshchavtsev – MD, PhD, Associate Professor, Chair of Psychiatry and Narcology, Coordinator of “Mental health of infants” direction, Saint Petersburg Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3861-4134>; Scopus Author ID: 6504425924; RSCI SPIN-code: 5449-3953. E-mail: mdsppb@yandex.ru.