

Показатели электроэнцефалограммы у больных, перенесших остановку сердца

И. Ю. Березина, к.б.н., главный специалист лаборатории клинической нейрофизиологии¹ старший научный сотрудник отделения ультразвуковых и функциональных методов исследований²

Л. И. Сумский, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник отделения ультразвуковых и функциональных методов исследований²

А. Ю. Михайлов, врач кабинета функциональной диагностики^{1,2}

Ю. Л. Арзуманов, д.м.н., профессор, руководитель лаборатории клинической нейрофизиологии¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии им. В. П. Сербского, Национальный научный центр наркологии, г. Москва

²ГБУЗ «НИИ Скорой помощи им. Н. В. Склифосовского ДЗМ»

Electroencephalogram indices in patients undergoing cardiac arrest

I. Yu. Berezina^{1,2}, L. I. Sumsky², A. Yu. Mikhailov^{1,2}, Yu. L. Arzumanov¹

¹V. Serbsky National Medical Research Centre for Psychiatry and Narcology, National Scientific Research Centre on Addiction, Moscow

²Skifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Medicine, Moscow

Резюме

Цель исследования: оценить сохранность показателей электрической активности головного мозга для подхода к анализу базовых нейрофизиологических механизмов работы мозга у пациентов после остановки сердечной деятельности.

Материал и методы: обследовано 52 пациента, (ср. возраст — 54,68±19,33), после остановки сердечной деятельности (ОСД). На момент регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) уровень бодрствования обследованных пациентов по шкале ком Глазго находился в диапазоне от 3 до 13 баллов. У 35 пациентов запись ЭЭГ проводили, начиная с первых трёх суток от момента ОСД, у 17 пациентов — с четвертых по 18 сутки. ЭЭГ регистрировали на электроэнцефалографах «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» фирмы «Медиком МТД», «Нейрон-Спектр-5/ВП», а также «Нейрон-Спектр-65» фирмы «Нейрософт» в соответствии рекомендациями Международной ассоциации клинических нейрофизиологов (IFCN). Продолжительность однократной записи ЭЭГ составляла не менее 30 мин. Для локализации эквивалентных дипольных источников (ЭДИ) патологической активности использовалась программа 'BrainLoc 6.0' (Россия). У 19 пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике от 2 до 8 раз.

Полученные результаты: у всех пациентов выявлялись изменения ЭЭГ различной степени выраженности, которые можно поделить на три группы (по степени выраженности изменений на ЭЭГ: умеренные, выраженные и грубые). При этом в группе пациентов с грубыми изменениями ЭЭГ можно выделить 4 варианта: I вариант — отсутствие альфа-ритма и доминирование колебаний медленноволнового спектра частот; II вариант — непрерывная генерализованная пароксизмальная активность; III вариант — феномен «вспышка-подавление»; IV вариант — выраженное снижение амплитуды электрической активности головного мозга до уровня 2–4 мкВ.

Выводы: по состоянию динамики картины ЭЭГ у пациентов после ОСД можно с определенной степенью вероятности предполагать уровень нарушений в работе базовых механизмов мозга.

Ключевые слова: остановка сердечной деятельности, электроэнцефалография.

Summary

Objective: to assess the safety of indicators of electrical activity of the brain for the approach to the analysis of the basic neurophysiological mechanisms of the brain in patients after cardiac arrest.

Materials and methods: 52 patients were examined (age — 54,68±19,33) after cardiac arrest. At the time of recording the electroencephalogram (EEG), the level of wakefulness of the examined patients on the Glasgow coma scale was in the range of 3 to 13 points. In 35 patients, EEG recording was performed starting from the first three days from the moment of cardiac arrest, in 17 patients — from the fourth to the 18th day. EEG was registered on electroencephalographs 'Encephalan-EEGR-19/26' by 'Medikom MTD', 'Neuron-Spectrum-5/EP' and 'Neuron-Spectrum-65' by 'Neurosoft' in accordance with the recommendations of the International Federation of Clinical Neurophysiologists (IFCN). The duration of a single EEG recordings lasted at least 30 min. To localize equivalent dipole sources of pathological activity we used the program 'BrainLoc 6.0' (Russia). In 19 patients EEG was recorded in dynamics from 2 to 8 times.

Results: all patients showed EEG changes of varying severity, which can be divided into three groups (according to the severity of changes in the EEG: moderate, severe and rough). In the group of patients with gross changes in EEG can be identified 4 variants: the first variant — absence of the alpha rhythm and the dominance of slow-wave fluctuations of the frequency spectrum; variant II — continuous generalized paroxysmal activity; variant III — phenomenon of 'burst-suppression'; variant IV — a marked decrease in the amplitude of electrical activity of the brain to the level of 2–4 microvolt. **Conclusions:** based on the dynamics of the EEG pattern in patients after cardiac arrest, it is possible to assume with a certain degree of probability the level of violations in the basic mechanisms of the brain.

Key words: cardiac arrest, EEG.

Введение

По данным статистики остановка сердечной деятельности у взрослого населения встречается от 50 до 110 случаев на 100000, что является одной из частых причин госпитализации в отделение реанимации и интенсивной терапии [1]. Как правило, среди причин остановки кровообращения, приводящих к летальному исходу, являются сердечно-сосудистые,

цереброваскулярные заболевания, а также острые отравления, 50% которых случаются на догоспитальном этапе. При этом у выживших пациентов, в большинстве случаев, могут развиваться выраженные нарушения функции центральной нервной системы. Несмотря на то, что неврологическое обследование является первоочередным при оценке состояния пациента [2], все больше литературных

данных свидетельствует о том, что интеграция дополнительных методов, включая нейрофизиологические, могут повысить точность раннего (24–72 ч) прогнозирования неврологических осложнений у пациентов после остановки сердечной деятельности [3]. Одним из таких методов является ЭЭГ, который демонстрирует возможную корреляцию между показателями электрической активности

головного мозга и уровнем бодрствования. При этом все чаще используют не однократную 30 минутную запись ЭЭГ, а ЭЭГ-мониторинг в течение 24–48 часов, либо ЭЭГ в динамике. Однако в некоторых исследованиях показано, что стандартная ЭЭГ (включая пробу с ритмической фотостимуляцией), продолжительностью не менее 30 мин, зарегистрированная в течение 48 часов после остановки сердца, может предоставлять прогностическую информацию, сопоставимую с результатами, полученными при ЭЭГ-мониторинге [4–6], но при более низких затратах [7]. Ряд исследований показали, что ЭЭГ является полезным инструментом для выявления пароксизмальной эпилептиформной активности у пациентов с наличием судорожного/бессудорожного эпилептического статуса, развившегося после остановки сердца [8–11]. В последнее время в ряде обзорных статей обобщены данные, касающиеся применения электрофизиологического мониторинга с использованием гипотермии у пациентов после остановки сердечной деятельности, где показано, что применение гипотермии создает возможности для уменьшения повреждения мозга после остановки сердца [9, 12–13]. Современные технические возможности метода ЭЭГ (количественная ЭЭГ, амплитудно-интегрированная ЭЭГ) и использование его результатов в прогностических целях являются важным диагностическим критерием, позволяющим оценить степень нарушения функциональной активности головного мозга у пациентов, перенесших остановку сердца. Недавние исследования показали, что сокращение показателей биспектрального индекса < 40 [14–15], феномен «вспышка-подавление» [16–17], эпилептиформные разряды [18–20], индуцированные стимулом ритмические периодические разряды [5], неактивная ЭЭГ [21], зарегистрированные у пациентов после остановки сердца связаны, как правило, с плохим прогнозом, в то время как появление ритмической дельта-активности может служить основанием для возможного благоприятного прогноза [16, 19, 22] у пациентов после

остановки сердечной деятельности. Поскольку остановка сердечной деятельности может приводить к нарушениям функции головного мозга, а степень выраженности этих нарушений различна, целесообразно с использованием метода ЭЭГ оценить функциональное состояние базовых систем мозга у пациентов после остановки сердечной деятельности.

Материал и методы

Было обследовано 52 пациента, (ср. возраст — $54,68 \pm 19,33$), 33 мужчины, 19 женщин, после остановки сердечной деятельности, которая произошла либо на догоспитальном этапе (7 человек), либо в стационаре (45 человек). В 22-х наблюдениях остановка сердечной деятельности произошла на фоне острых отравлений нейротоксикантами (соматогенная фаза), у 17 пациентов — на фоне острой сердечно-сосудистой и цереброваскулярной патологии, в 13 наблюдениях — на фоне других причин. На момент регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) уровень бодрствования обследованных пациентов по шкале ком Глазго (ШКГ) находился в диапазоне от 3 до 13 баллов. У 35 пациентов запись ЭЭГ проводили, начиная с первых трёх суток от момента остановки сердечной деятельности, у 17 пациентов — с четвертых по 18 сутки. ЭЭГ регистрировали на электроэнцефалографах «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» фирмы «Медиком МТД» (г. Таганрог, Россия), «Нейрон-Спектр-5/ВП», а также «Нейрон-Спектр-65» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново, Россия) в соответствии с Международной схемой расположения электродов 10–20%. Референтные электроды крепились на мочке уха с каждой стороны. Продолжительность однократной записи ЭЭГ составляла не менее 30 мин. Проводился частотно-спектральный анализ с использованием быстрого преобразования Фурье. Оценивали степень выраженности нарушений электрической активности головного мозга, наличие межполушарной асимметрии, локальных изменений, пароксизмальной активности. Для локализации эквивалентных дипольных источников (ЭДИ)

патологической активности использовалась программа «BrainLoc 6.0», (Россия). Анализировали эквивалентные источники с коэффициентом дипольности 95 и выше. У 19 пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике от 2 до 8 раз. При регистрации на дневной ЭЭГ паттернов, характерных для бессудорожного эпилептического статуса был проведен суточный ЭЭГ-мониторинг на аппарате нейроинтерфейс «Mitsar-EEG-SmartBCI» (ООО Мицар, г. Санкт-Петербург). Была проведена статистическая обработка полученных данных с применением пакета программ Statistica 10.0.

Полученные результаты

У всех пациентов выявлялись изменения ЭЭГ различной степени выраженности, которые можно поделить на три группы: I группа — умеренные изменения на ЭЭГ (девять человек), выражались в нарушении амплитудно-частотных характеристик альфа-ритма, с инверсией его зональных различий (в одном наблюдении), сокращении его индекса (до 30–40% от всего времени записи) с наличием колебаний, частотой 5–7 Гц, диффузного характера. На данном фоне также регистрировались билатеральные синхронизированные разряды колебаний альфа-, тета-частотных диапазонов генерализованного характера, продолжительностью до 1 с. В одном наблюдении отмечалось доминирование колебаний бета-частотного диапазона, амплитудой до 15 мкВ, диффузного характера. В трёх наблюдениях регистрировалась пароксизмальная активность по типу феномена «острая волна» генерализованно по обоим полушариям. Подобная картина ЭЭГ регистрировалась с первых по седьмые сутки после остановки сердечной деятельности у пациентов с острой сердечно-сосудистой и цереброваскулярной патологией. Уровень бодрствования таких пациентов был от 8 до 13 баллов по ШКГ. У одного из этих девяти пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике (до 4 раз). Была отмечена положительная динамика в виде нарастания частоты фоновых колебаний, сокращения индекса и мощности колебаний медленноволнового

спектра частот диффузного характера; Группа — выраженные изменения на ЭЭГ (14 человек), характеризующиеся множественными колебаниями медленноволнового спектра частот диффузного характера при отсутствии альфа-ритма, либо с наличием единичных альфа-колебаний, индекс которых не превышал 10% от всего времени записи. На данном фоне, периодически регистрировались билатеральные разряды колебаний тета-, дельта-частотных диапазонов, продолжительностью 1–2 с, как по передним отведениям, так и генерализованно по обоим полушариям (рис. 1) В трёх наблюдениях была выявлена пароксизмальная активность, представленная билатеральными генерализованными разрядами колебаний типа феномена «острая волна» с максимальной амплитудой 120 мкВ с некоторым преобладанием амплитуды колебаний слева и с локализацией ЭДИ в медио-базальных отделах височной доли слева; abortивными комплексами «острая волна-медленная волна», билатеральными вспышками и разрядами колебаний тета-частотного диапазона с максимальной амплитудой до 230 мкВ (в передних отведениях), продолжительностью до 1 с, с локализацией их ЭДИ в медио-базальных отделах лобной доли с двух сторон (рис. 2). Подобная картина

ЭЭГ регистрировалась с первых по 18 сутки после остановки сердечной деятельности. Уровень бодрствования таких пациентов был от 6 до 12 баллов по ШКГ. У трёх из этих 14 пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике (до трёх раз). Во всех наблюдениях отмечалась отрицательная динамика в виде нарастания индекса и мощности колебаний медленноволнового спектра частот, появления (в одном наблюдении) пароксизмальной активности типа феномена «острая волна» генерализованного характера, а также появление эпизодов выраженного снижения амплитуды электрической активности головного мозга до уровня 2–7 мкВ, продолжительностью от 1 до 6 с.; III группа — грубые изменения ЭЭГ (29 человек). Поскольку в данной группе изменения на ЭЭГ были различны, в ней можно выделить четыре варианта (по степени выраженности изменений на ЭЭГ): I вариант (4 человека) — отсутствие альфа-ритма и доминирование колебаний медленноволнового спектра частот диффузного характера, амплитудой 30–50 мкВ. На данном фоне регистрировались билатеральные, синхронизированные вспышки колебаний тета-, дельта-частотных диапазонов генерализованного характера, с максимальной амплитудой до 120 мкВ, продолжительностью

до 3 с (рис. 3). При этом у двух пациентов на данном фоне регистрировалась грубая пароксизмальная активность типа феномена «острая волна», комплексы «острая волна-медленная волна», представленные билатеральными генерализованными колебаниями с локализацией ЭДИ в медио-базальных отделах лобной и височной долей с двух сторон. Подобная картина ЭЭГ регистрировалась в первые четверо суток после остановки сердечной деятельности у пациентов с острыми отравлениями нейротоксикантами. Уровень бодрствования таких пациентов был от 3 до 6 баллов по шкале ком Глазго. У двух из этих четырёх пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике (от 2 до 4 раз), где отмечалась отрицательная динамика в виде выраженного угнетения электрической активности головного мозга диффузного характера, что коррелировало со снижением уровня бодрствования до 3 баллов по ШКГ ($p < 0,01$); II вариант (2 человека) — на ЭЭГ регистрировались непрерывная множественная, грубая пароксизмальная активность, представленная пачками билатеральных комплексов «множественный пик-волна», генерализованных по обоим полушариям, что может быть расценено как бессудорожный эпилептический статус (БЭС) (рис. 4). Подобная картина ЭЭГ

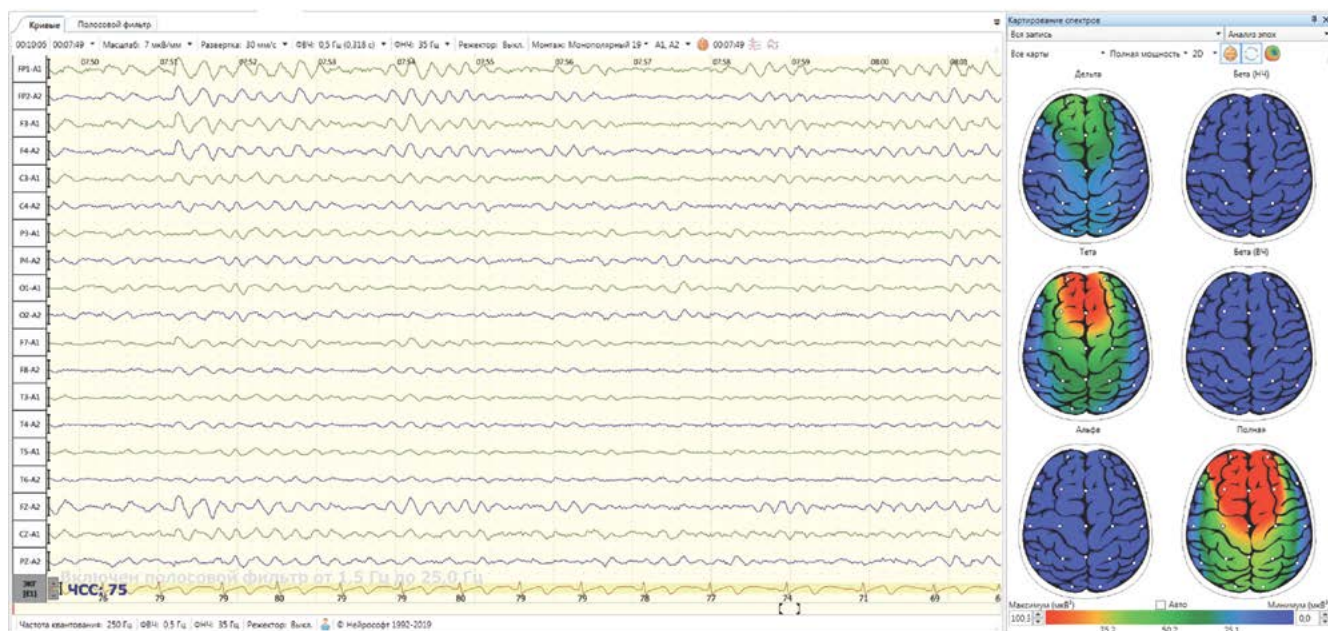


Рисунок 1. Увеличение спектральной мощности колебаний тета-, дельта-частотных диапазонов, регистрируемых по передним отведениям у пациента после остановки сердца (слева: нативная ЭЭГ; справа: результаты Фурье анализа — в виде мощностных карт).

регистрировалась на первые сутки после остановки сердечной деятельности. Уровень бодрствования таких пациентов был 3 балла по ШКГ. При исследовании ЭЭГ в динамике (до трёх раз) сохранялись электрографические признаки БЭС с тенденцией к нарастанию индекса и мощности грубой пароксизмальной активности; III вариант (10 человек) — картина ЭЭГ сменялась периодически: высокоамплитудные билатеральные вспышки медленных волн, либо высокоамплитудные билатеральные разряды колебаний по типу феномена «острая волна с последующим замедлением» сменялись периодами выраженного снижения амплитуды электрической активности головного

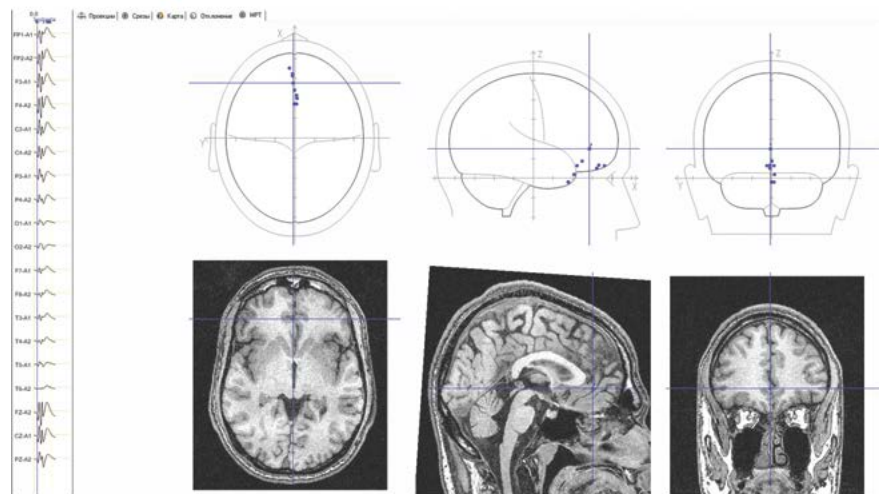


Рисунок 2. Локализация эквивалентных дипольных источников abortивных комплексов «острая волна-медленная волна», доминирующих по амплитуде в передних отведениях в медно-базальных отделах лобной доли с двух сторон.

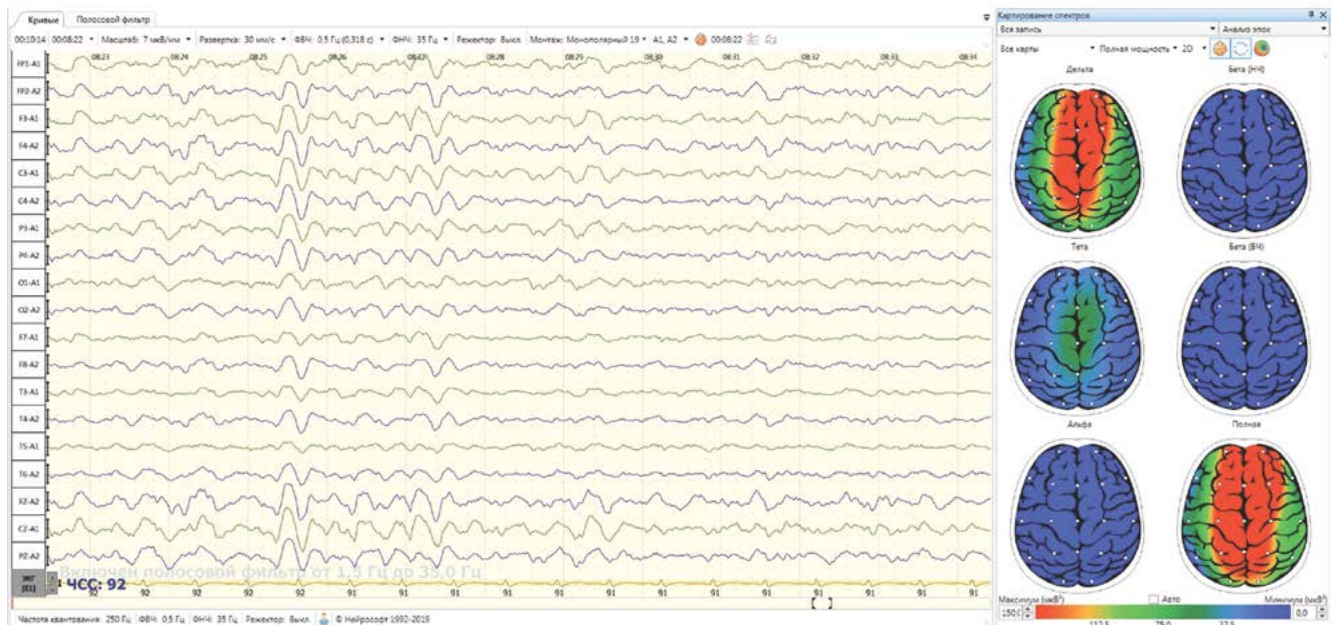


Рисунок 3. Увеличение спектральной мощности билатеральных колебаний дельта-частотного диапазона генерализованного характера (слева: нативная ЭЭГ; справа: результаты Фурье анализа — в виде мощностных карт).

мозга до уровня 2–3 мкВ, продолжительностью от 2 до 10 с, что может быть расценено как феномен «вспышка-подавление» (рис. 5). Подобная картина ЭЭГ регистрировалась также преимущественно в первые трое суток после остановки сердечной деятельности при различных нозологических формах. Уровень бодрствования таких пациентов был от 3 до 6 баллов по ШКГ. У семи из этих 10 пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике (от 1 до 4 раз): в шести наблюдениях отмечалось нарастание периодов подавления (до 15–17 с)

между вспышками, снижение амплитуды самой вспышки, вплоть до выраженного угнетения электрической активности до уровня 2–4 мкВ; в одном наблюдении регистрировались ритмические (1 раз в 1–1,5 с), высокоамплитудные (более 150–200 мкВ) билатеральные разряды колебаний тета-, дельта-частотных диапазонов (с преобладанием амплитуды в передних отведениях) генерализованных по обоим полушариям. Данная картина ЭЭГ может соответствовать субклиническому бессудорожному статусу; IV вариант (13 человек) —

выраженное снижение амплитуды электрической активности головного мозга до уровня 2–4 мкВ, сопоставимое с собственными шумами усилителя (рис. 6). Как правило, это были пациенты, у которых ЭЭГ записывали в первые трое суток после остановки сердечной деятельности. Подобные изменения на ЭЭГ регистрировались преимущественно у пациентов с острыми отравлениями нейротоксикантами (8 человек), а также после острого инфаркта миокарда (4 человека). Уровень бодрствования таких пациентов был от 2



Рисунок 4. Нативная ЭЭГ пациента, перенесшего остановку сердца. Непрерывная, множественная грубая пароксизмальная активность, представленная пачками билатеральных комплексов «множественный пик-волна», генерализованных по обоим полушариям, что может быть расценено как бессудорожный эпилептический статус (БЭС).



Рисунок 5. Нативная ЭЭГ пациента, перенесшего остановку сердца. Картина ЭЭГ сменялась периодически: высокоамплитудные билатеральные вспышки колебаний по типу феномена «острая волна с последующим замедлением» сменялись периодами выраженного снижения амплитуды электрической активности головного мозга до уровня 2–3 мкВ, продолжительностью от 2 до 10 с, что может быть расценено как феномен «вспышка-подавление».

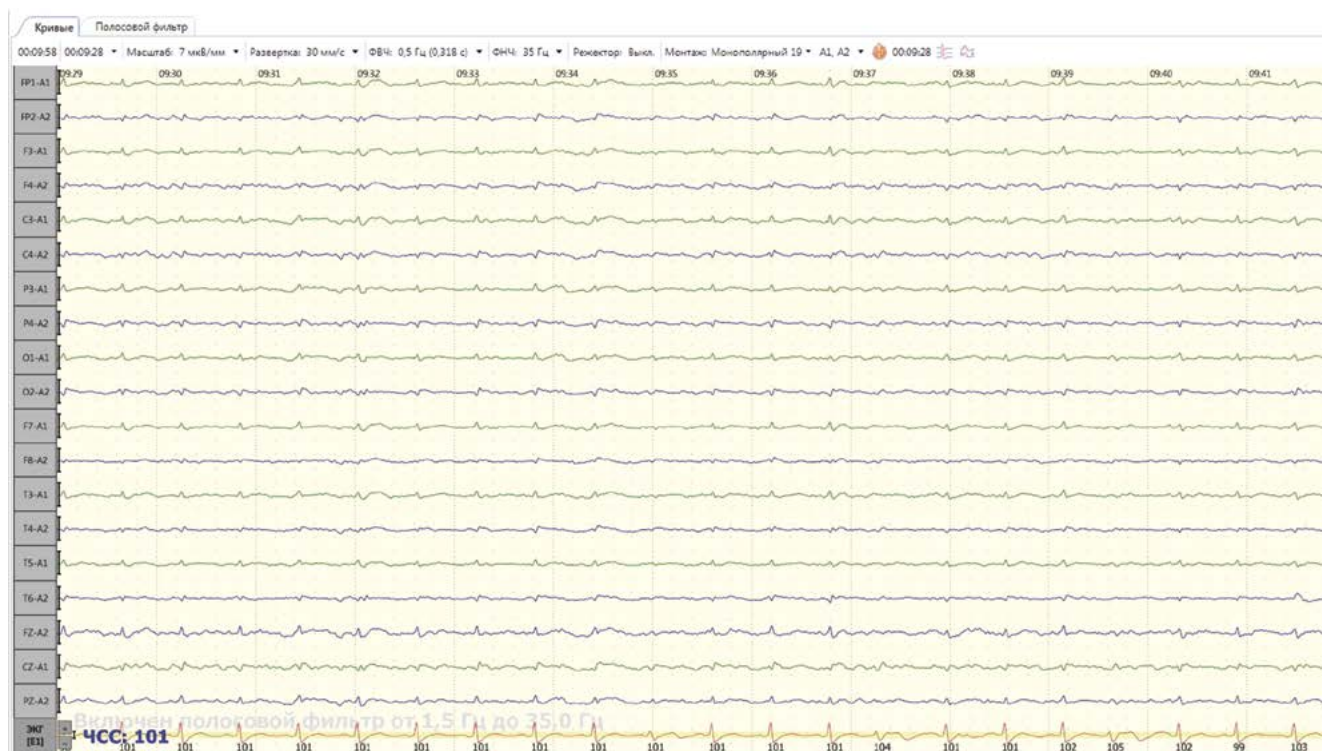


Рисунок 6. Нативная ЭЭГ пациента, перенесшего остановку сердца. Выраженное снижение амплитуды электрической активности головного мозга до уровня 2–4 мкВ.

до 5 баллов по ШКГ. У пяти из этих 13 пациентов ЭЭГ регистрировали в динамике (от 4 до 8 раз), где сохранялось выраженное угнетение электрической активности головного мозга диффузного характера, что коррелировало со снижением уровня бодрствования до 2 баллов ($p < 0,01$). Двум пациентам, у которых в дневной ЭЭГ регистрировались феномены, характерные для БЭС, был проведен суточный ЭЭГ — мониторинг, который показал, что в течение суток картина ЭЭГ практически не менялась; сохранялась грубая пароксизмальная активность, представленная пачками билатеральных комплексов «множественный пик-волна», генерализованных по обоим полушариям, что может быть расценено как неблагоприятный прогноз исхода заболевания.

Обсуждение

Таким образом, у пациентов после остановки сердечной деятельности картина ЭЭГ различна: чаще всего (56% случаев) выявляются грубые изменения на ЭЭГ, которые, как правило, регистрируются в первые трое суток после остановки сердеч-

ной деятельности, что соответствует данным литературы [23–25]. Если рассматривать ЭЭГ после остановки сердца в ряду по степени изменений: от нарушений амплитудно-частотных характеристик альфа-ритма до возникновения феномена «вспышка-подавление» или БЭС с последующим переходом практически к изоэлектрической ЭЭГ, то можно заметить значительное совпадение картины динамики ЭЭГ с изменениями при наркозе и направленность степени нарушений показателей электрической активности головного мозга у пациентов после остановки сердечной деятельности. Hossmann K. A. и его коллеги, работая с обезьянами, обнаружили, что отсутствие сознания наблюдалось в течение 10 с, а изменения на ЭЭГ в виде изоэлектрической кривой наблюдалось в течение 20 с с момента остановки сердечной деятельности [26]. Считается, что при развитии гипоксии, возникшей после остановки сердца и, частично, при наркозе, изменения функциональной активности возникают, прежде всего, в неокортексе [27]. Предполагается, что к этому может приводить либо

нарушение функциональных связей в цепи «кора — водитель корковых ритмов» (в основном на эту роль рассматривается таламус), либо кора, вследствие значительных нарушений афферентно-эфферентных связей, которые приводят к выраженной деафферентации может переходить на собственный ритм, который проявляется колебаниями медленного диапазона частот [28]. Предполагаемые механизмы в определенной степени могут раскрыть видимые изменения на ЭЭГ у пациентов после остановки сердечной деятельности. В то же время для этих гипотез привлекается описание динамики функциональной активности и интернейрональных связей в структурах, которые, по современным представлениям, обеспечивают базовый уровень сознания и необходимый уровень бодрствования [29–30]. Таким образом, по состоянию динамики картины ЭЭГ можно с определенной степенью вероятности предполагать уровень нарушений в работе базовых механизмов мозга, без коррекции которых вряд ли можно надеется на положительный исход. Динамические исследования

ЭЭГ позволяют не только определить степень нарушений работы регуляторных механизмов, но и проследить направленность процесса, что может быть положено в основу возможного прогноза исхода заболевания и дает возможность оценить влияние проводимой терапии.

Выводы

1. У всех пациентов после остановки сердечной деятельности выявлялись изменения ЭЭГ различной степени выраженности;

2. В 56% случаев зарегистрированы изменения ЭЭГ, отражающие «грубые» нарушения функции мозга, представленные четырьмя вариантами: I вариант — отсутствие альфа-ритма и доминирование колебаний медленноволнового спектра частот; II вариант — непрерывная генерализованная пароксизмальная активность; III вариант — феномен «вспышка-подавление»; IV вариант — выраженное снижение амплитуды электрической активности головного мозга до уровня 2–4 мкВ;

3. Объективные нейрофизиологические данные целесообразно использовать для определения прогноза восстановления функций головного мозга у пациентов после остановки сердечной деятельности.

Список литературы:

- Berdowski J., Berg R.A., Tijssen J.G., Koster R.W. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: systematic review of 67 prospective studies // *Resuscitation*. — 2010. — Vol.81 (11). — P.1479–1487. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.08.006.
- Sharshar T., Citerio G., Andrews P. J., Chieragato A., Latronico N., Menon D. K., Puybasset L., Sandroni C., Stevens R. D. Neurological examination of critically ill patients: a pragmatic approach. Report of an ESICM expert panel // *Intensive Care Med*. — 2014. — Vol.40 (4). — P.484–495. doi: 10.1007/s00134-014-3214-y.
- Sandroni C., Cariou A., Cavallaro F., Cronberg T., Friberg H., Hoedemaekers C., Horn J., Nolan J.P., Rossetti A.O., Soar J. Prognostication in comatose survivors of cardiac arrest: an advisory statement from the European Resuscitation Council and the European Society of Intensive Care Medicine // *Intensive Care Med*. — 2014. — Vol.40 (12). — P.1816–1831. doi: 10.1007/s00134-014-3470-x.
- Alvarez V., Sierra-Marcos A., Oddo M., Rossetti A.O. Yield of intermittent versus continuous EEG in comatose survivors of cardiac arrest treated with hypothermia // *Crit. Care*. — 2013. — Vol.17 (5): R190. doi: 10.1186/cc12879.
- Alvarez V., Oddo M., Rossetti A.O. Stimulus-induced rhythmic, periodic or ictal discharges (SIRPIDs) in comatose survivors of cardiac arrest: Characteristics and prognostic value // *Clin. Neurophysiol*. — 2013. — Vol.124 (1). — P. 204–208. doi: 10.1016/j.clinph.2012.06.017.
- Alvarez V., Rossetti A.O. Clinical use of EEG in the ICU: technical setting // *J. Clin. Neurophysiol*. — 2015. — Vol.32 (6). — P. 481–485. doi: 10.1097/WNP.0000000000000194.
- Crepeau A. Z., Fugate J. E., Mandrekar J., White R. D., Wijidicks E. F., Rabinstein A. A., Britton J. W. Value analysis of continuous EEG in patients during therapeutic hypothermia after cardiac arrest // *Resuscitation*. — 2014. — Vol.85 (6). — P.785–789. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.01.019.
- Nielsen N., Hovdenes J., Nilsson F., Rubertsson S., Stammet P., Sunde K., Valsson F., Wanscher M., Friberg H. Outcome, timing and adverse events in therapeutic hypothermia after out-of-hospital cardiac arrest // *Acta Anaesthesiol. Scand*. — 2009. — Vol.53 (7). — P. 926–934. doi: 10.1111/j.1399-6576.2009.02021.x.
- Claassen J., Vespa P. Electrophysiologic monitoring in acute brain injury // *Neurocrit. Care*. — 2014. — Vol.21. Suppl. 2: S129–147. doi: 10.1007/s12028-014-0022-8.
- Rittenberger J. C., Popescu A., Brenner R. P., Guyette F. X., Callaway C. W. Frequency and timing of nonconvulsive status epilepticus in comatose post-cardiac arrest subjects treated with hypothermia // *Neurocrit. Care*. — 2012. — Vol.16 (1). — P.114–122. doi: 10.1007/s12028-011-9565-0.
- Rossetti A. O., Logroscino G., Liaudet L., Ruffieux C., Ribordy V., Schaller M. D., Despland P. A., Oddo M. Status epilepticus: an independent outcome predictor after cerebral anoxia // *Neurology*. — 2007. — Vol.69 (3). — P.255–260. doi:10.1212/01.wnl.0000265819.36639.e0.
- Deng R., Xiong W., Jia X. Electrophysiological Monitoring of Brain Injury and Recovery after Cardiac Arrest // *Int. J. Mol. Sci*. — 2015. — Vol.16 (11). — P.25999–26018. doi: 10.3390/ijms161125938.
- Sinha N., Parnia S. Monitoring the brain after cardiac arrest: a new era // *Curr. Neurol. Neurosci. Rep*. — 2017. — Vol.17 (8). — P.62. doi: 10.1007/s11910-017-0770-x.
- Leary M., Fried D. A., Gaieski D. F., Merchant R. M., Fuchs B. D., Kolansky D. M., Edelson D. P., Abella B. S. Neurologic prognostication and bispectral index monitoring after resuscitation from cardiac arrest // *Resuscitation*. — 2010. — Vol.81 (9). — P.1133–1137. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.04.021.
- Selig C., Riegger C., Dirks B., Pawlik M., Seyfried T., Klingler W. Bispectral index (BIS) and suppression ratio (SR) as an early predictor of unfavourable neurological outcome after cardiac arrest // *Resuscitation*. — 2014. — Vol.85 (2). — P.221–226. doi: 10.1016/j.resuscitation.2013.11.008.
- Borges M. A., Botós H. J., Bastos R. F., Godoy M. F., Marchi N. S. Emergency EEG: Study of survival // *Arq. Neuropsiquiatr*. — 2010. — Vol.68 (2). — P.174–178. doi:10.1590/s0004-282x2010000200004.
- Yang Q., Su Y., Hussain M., Chen W., Ye H., Gao D., Tian F. Poor outcome prediction by burst suppression ratio in adults with post-anoxic coma without hypothermia // *Neurol. Res*. — 2014. — Vol.36 (5). — P. 453–460. doi: 10.1179/1743132814Y.0000000346.
- Pedersen G. L., Rasmussen S. B., Gyllenberg J., Benedek K., Lauritzen M. Prognostic value of periodic electroencephalographic discharges for neurological patients with profound disturbances of consciousness // *Clin. Neurophysiol*. — 2013. — Vol.124 (1). — P.44–51. doi: 10.1016/j.clinph.2012.06.010.
- Søholm H., Kjaer T. W., Kjaergaard J., Cronberg T., Bro-Jeppesen J., Lippert F. K., Køber L., Wanscher M., Hassager C. Prognostic value of electroencephalography (EEG) after out-of-hospital cardiac arrest in successfully resuscitated patients used in daily clinical practice // *Resuscitation*. — 2014. — Vol.85 (11). — P.1580–1585. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.08.031.
- Zhang Y., Su Y. Y., Haupt W. F., Zhao J. W., Xiao S. Y., Li H. L., Pang Y., Yang Q. L. Application of electrophysiologic techniques in poor outcome prediction among patients with severe focal and diffuse ischemic brain injury // *J. Clin. Neurophysiol*. — 2011. — Vol.28 (5). — P.497–503. doi: 10.1097/WNP.0b013e318231c852.
- Juan E., Novy J., Suys T., Oddo M., Rossetti A. O. Clinical evolution after a non-reactive hypothermic EEG following cardiac arrest // *Neurocrit. Care*. — 2015. — Vol.22 (3). — P.403–408. doi: 10.1007/s12028-014-0095-4.
- Sandroni C., Cavallaro F., Callaway C. W., D'Arrigo S., Sanna T., Kuiper M. A., Biancone M., Della Marca G., Farcomeni A., Nolan J. P. Predictors of poor neurological outcome in adult comatose survivors of cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. Part 2: Patients treated with therapeutic hypothermia // *Resuscitation*. — 2013. — Vol.84 (10). — P.1324–1338. doi: 10.1016/j.resuscitation.2013.06.020.
- Muhlhofer W., Szafarski J. P. Prognostic Value of EEG in Patients after Cardiac Arrest—An Updated Review // *Curr. Neurol. Neurosci. Rep*. — 2018. — Vol.18 (4). — P.16. doi: 10.1007/s11910-018-0826-6.
- Rittenberger J. C., Weissman A., Baldwin M., Flickinger K., Repine M. J., Guyette F. X., Doshi A. A., Dezfulian C., Callaway C. W., Elmer J. Preliminary experience with point-of-care EEG in post-cardiac arrest patients // *Resuscitation*. — 2019. — Vol.135. — P.98–102. doi: 10.1016/j.resuscitation.2018.12.022.
- Rey A., Rossetti A. O., Miroz J. P., Eckert P., Oddo M. Late Awakening in Survivors of Postanoxic Coma: Early Neurophysiologic Predictors and Association With ICU and Long-Term Neurologic Recovery // *Crit. Care Med*. — 2019. — Vol.47 (1). — P.85–92. doi: 10.1097/CCM.0000000000003470.
- Hossmann K. A., Grosse Ophoff B. Recovery of monkey brain after prolonged ischemia. I. Electrophysiology and brain electrolytes // *J. Cereb. Blood Flow Metab*. — 1986. — Vol.6 (1). — P.15–21. doi:10.1038/jcbfm.1986.3.
- Hoesch R. E., Koenig M. A., Geocadin R. G. Coma after global ischemic brain injury: pathophysiology and emerging therapies // *Crit. Care Clin*. — 2008. — Vol.24 (1). — P.25–44. doi: 10.1016/j.ccc.2007.11.003.
- Timofeev I., Grenier F., Bazhenov M., Sejnowski T. J., Steriade M. Origin of slow cortical oscillations in deafferented cortical slabs // *Cereb. Cortex*. — 2000. — Vol.10 (12). — P.1185–1199. doi:10.1093/cercor/10.12.1185.
- Steriade M. Impact of network activities on neuronal properties in corticothalamic system // *J. Neurophysiol*. — 2001. — Vol.86 (1). — P.1–39. doi:10.1152/jn.2001.86.1.1.
- Steriade M., Gloor P., Llinás R., Lopes da Silva F. H., Mesulam M. M. Basic mechanisms of cerebral rhythmic activity // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol*. — 1990a. — Vol.76. — P.481–508.

Для цитирования: Березина И.Ю., Сумский А.И., Михайлов А.Ю., Арзуманов Ю.А. Показатели электроэнцефалограммы у больных, перенесших остановку сердца. Медицинский алфавит. 2020; (14):32–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-14-32-38>

For citation: Berezina I. Yu., Sumsky A. I., Mikhailov A. Yu., Arzumanov Yu. L. Electroencephalogram indices in patients undergoing cardiac arrest. Medical alphabet. 2020; (14):32–38. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-14-32-38>

