

Возможности использования монитора церебральных функций «Энцефалан-ЦФМ» для длительного динамического анализа электрической активности мозга у детей и взрослых в условиях нейрореанимации или палат интенсивной терапии.

Обеспечение длительного мониторирувания ЭЭГ и других физиологических показателей актуально для своевременного выявления нарушений церебральной функции у новорожденных, а также у пациентов при различных неврологических состояниях в палатах интенсивной терапии и реанимации.

Ключевые слова: монитор церебральных функций, амплитудно-интегрированная ЭЭГ, сжатый спектр.

Длительный мониторинг ЭЭГ и других физиологических показателей у новорожденных и пациентов при различных неврологических заболеваниях в палатах интенсивной терапии и реанимации является современным инструментом для качественной дифференциальной диагностики, позволяет врачу своевременно оценить выраженность нарушений функций мозга, выявить судорожную активность и начать адекватное лечение, что значительно снижает вероятность отдалённых последствий поражений мозга.

Первый монитор церебральной функции (CFM – cerebral function monitor) был изобретен Prior и Maupard в 1960 г. для использования у взрослых пациентов отделений интенсивной терапии. С развитием цифровых технологий возникла возможность проводить мониторинг церебральных функций новорожденным в условиях отделений интенсивной терапии и реанимации для выявления и оценки выраженности гипоксически-ишемической энцефалопатии (ГИЭ), раннего определения изменения функций мозга, выявления судорог и динамики на фоне противосудорожной терапии, селекции пациентов для нейропротективного лечения и для наиболее раннего предсказания неврологического исхода, т.е., в первые часы жизни.

Монитор церебральных функций «Энцефалан-ЦФМ» ООО НПКФ «Медиком МТД» (г. Таганрог, Россия) предназначен для кратковременной или длительной (сутки и более) регистрации и записи электроэнцефалографических (ЭЭГ) сигналов (до пяти отведений ЭЭГ), а также для представления на экране компьютера трендов амплитудно-интегрированной ЭЭГ (аЭЭГ), сжатого спектра и других количественных показателей (альфа-вариабельности, медианной частоты и др.), с целью наблюдения за функцией головного мозга и неврологического прогноза при различных заболеваниях как у детей, так и у взрослых.

Монитор также предназначен для регистрации и анализа совместно с ЭЭГ сигналами сигналов, выбираемых пользователем, по четырем полиграфическим каналам (ЭКГ, ЭМГ, рекурсия дыхания, температура, ФПГ, КГР и т.п.). Данные сохраняются в памяти портативного компьютера в телеметрическом режиме или на съемной карте памяти в автономном режиме с целью последующей компьютерной обработки ЭЭГ и анализа регистрируемых данных.

Основную суть мониторинга церебральных функций составляют методы амплитудно-интегрированной ЭЭГ и сжатых спектров.

Амплитудно-интегрированная электроэнцефалография (аЭЭГ) является методом длительного наблюдения за функцией головного мозга, позволяет легко выявить изменения и отклонения фоновой активности за длительный промежуток времени. Форма аЭЭГ обеспечивает простоту и информативность представления изменения амплитуды ЭЭГ в сжатом виде в требуемом временном масштабе, позволяющем представить динамику амплитуды ЭЭГ многочасового исследования на одном экране. Доступная скорость развертки может составлять примерно от 1 см в час до 100 см в час и определяется пользователем с учетом специфики решаемых задач.

Амплитудно-интегрированная ЭЭГ в неонатологии используется для выявления и подтверждения эпилептикоподобных приступов в режиме реального времени или в режиме просмотра, очень раннего предсказания исхода после перенесенной перинатальной асфиксии и определения прогноза развития с высокой достоверностью. Обеспечивается важная информация для персонала ОИТН о циклах сна: когда ребенок спит и развивается во сне, в это время его лучше не беспокоить.

Кроме трендов аЭЭГ в мониторах церебральных функциях принято отображать тренды сжатого спектра.

Сжатый спектр отображает результаты спектрального анализа ЭЭГ в виде графиков и цветового шкалирования параметров амплитудного или мощностного спектров ЭЭГ для обоих полушарий и/или по выбранным симметричным отведениям левого и правого полушария, в заданной монтажной схеме, включая монополяр, SD (Source Derivation) и CAR (Common Average Reference).

Представление трендов аЭЭГ и сжатых спектров позволяет врачу быстро ориентироваться, какие спектральные компоненты являются доминирующими у пациента, как часто возникают различные перестройки спектра и нестационарности в виде феноменов эпилептиформной активности, паттернов «вспышка-подавление» (burst - suppression) и пр.

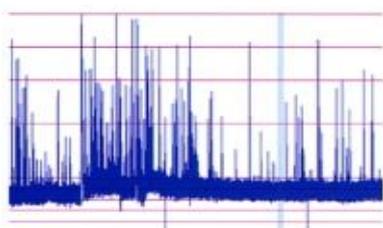
Также при анализе церебральных функций используются:

- тренды спектральной мощности по частотным диапазонам (представлены в виде цветовых полос, выраженность (ширина) которых отражает индексы стандартных частотных диапазонов).
- тренды других нейрофизиологических показателей на базе ЭЭГ-сигналов (альфа-вариабельности, медианной частоты, средневзвешенной частоты, доминирующей частоты, различных соотношений индексов спектральной мощности и др.).
- тренды других количественных показателей, получаемых в некоторых конфигурациях съема с сигналов ЭКГ, ЭОГ, ЭМГ (в частности, частота сердечных сокращений – ЧСС, амплитуда ЭОГ, ЭМГ и др.)
- зеркальная спектрограмма, детально отражающая отличия спектрального состава ЭЭГ по левому и правому полушарию.

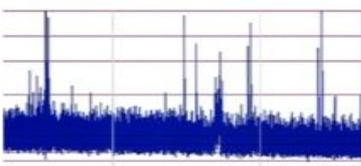
Прибор «Энцефалан-ЦФМ» позволяет регистрировать до 4-х ЭЭГ-отведений и в монополярном, и в биполярном варианте регистрации (в том числе с объединенным электродом по сагиттальной линии), дает возможность использования общепринятых схем отведений при мониторинговании.

В неонатологии часто используется упрощенный вариант 2-х биполярных фронтально-париетальных ЭЭГ-отведений с объединенным фронтально-сагиттальным электродом – Fz-P3 и Fz-P4.

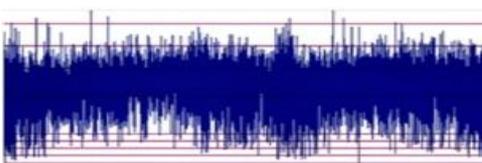
При мониторинге церебральных функций в неонатологии осуществляется анализ и классификация зарегистрированных паттернов аЭЭГ, на основе которых делается клиническая оценка состояния мозга и прогноз.



Паттерн с плоской ЭЭГ (чаще всего менее 5 мкВ) с периодическими вспышками высокоамплитудной активности отражает наиболее тяжелые нарушения головного мозга с неблагоприятным прогнозом и высокой вероятностью формирования значимых неврологических дефектов при выживании.



Непрерывный паттерн с очень низкой амплитудой, (менее 10 мкВ), нередко отмечается при гипоксически-ишемической энцефалопатии (ГИЭ) тяжелой и средней тяжести, при менингитах и пр.

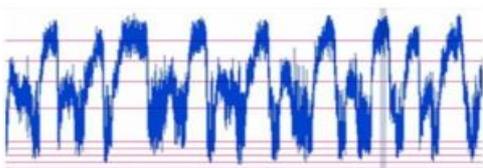


Непрерывный паттерн с нормальной амплитудой, (верхние значения аЭЭГ более 10мкВ, нижние значения аЭЭГ более 5мкВ). При отсутствии патологических признаков подобный паттерн является вариантом нормы.



Паттерн "вспышка–подавление" встречается при тяжелых неврологических заболеваниях неонатального периода, коматозных состояниях тяжелой асфиксии, менинго-энцефалитах и метаболических расстройствах.

Пилообразный паттерн характерен для эпилепсии.



Для иллюстрации характерных паттернов сжатых спектров, трендов ИСМД и аЭЭГ приведем сопоставление полученных результатов по нескольким исследованиям.

На рис. 1. представлены результаты исследования у недоношенного ребёнка, гестационный возраст 35 недель, с перинатальным гипоксически-ишемическим поражением ЦНС.

Слева: контролируемые физиологические сигналы ЭЭГ, прерывистая активность от 2,5 до 32 мкВ, с периодами инактивации - снижение амплитуды менее 2 мкВ продолжительностью до 30 секунд, перемежается с пароксизмальными вспышками высокой амплитуды (более 100 мкВ на аЭЭГ, до 500 мкВ в нативной ЭЭГ).

Справа: результаты обработки исследования (сверху вниз: сжатый спектр, аЭЭГ, индексы спектра).
Дополнительное окно содержит видеозапись.

На сигналах ЭЭГ и трендах аЭЭГ выявлен паттерн "вспышка-подавление" с низкими значениями амплитуды ЭЭГ и периодическими вспышками, который характерен для неврологических заболеваний неонатального периода, тяжелой асфиксии и метаболических расстройств.

На трендах ИСМД доминирует низкочастотная медленноволновая активность в диапазоне дельта-2

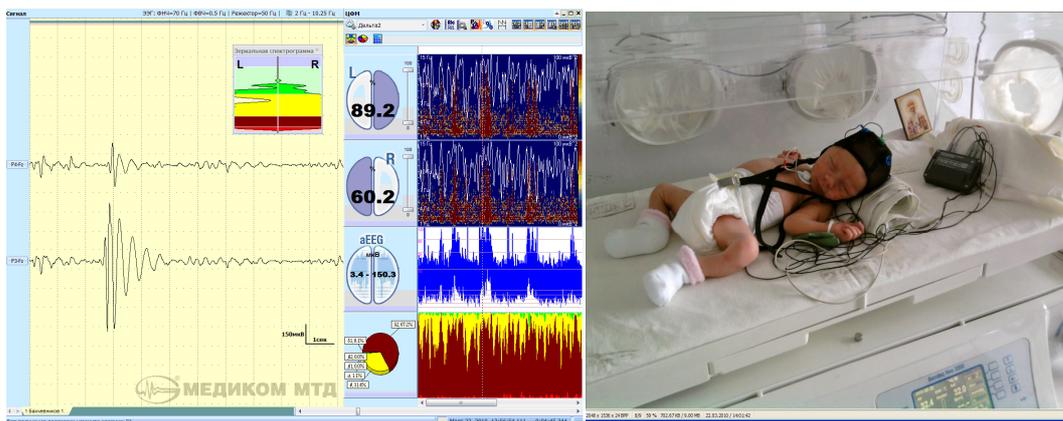


Рис.1. Результаты мониторинга ЦФ у недоношенного ребенка с гипоксически-ишемической энцефалопатией.

На рис. 2 представлены результаты исследований по 2-м пациентам, у одного из которых (пациентка Г., 44 года) в анамнезе начальные проявления дисциркуляторной энцефалопатии, а у другого (пациент С., 14 лет) выраженные органические нарушения - эпилептическая энцефалопатия.



Рис. 2. Сопоставление сигналов по 2-м исследованиям. Левая часть рисунка - пациентка Г., правая часть рисунка – пациент С. с эпилептической энцефалопатией

Ниже представлены результаты обработки. У пациента с легкими неврологическими проблемами (начальная стадия дисциркуляторной энцефалопатии) на сжатых спектрах доминирует цветовая полоса в области альфа-волн, на трендах ИСМД доминирует зеленый цвет. Однако при проведении провоцирующих

проб на гипервентиляцию видна существенно выраженная частотная перестройка (резкое нарастание полиморфной медленно-волновой активности, что видно по сжатому спектру, тренду ИСМД и динамике показателя $(\delta_2 + \theta) / (\alpha + \beta_1)$) и повышение амплитуды по тренду аЭЭГ.

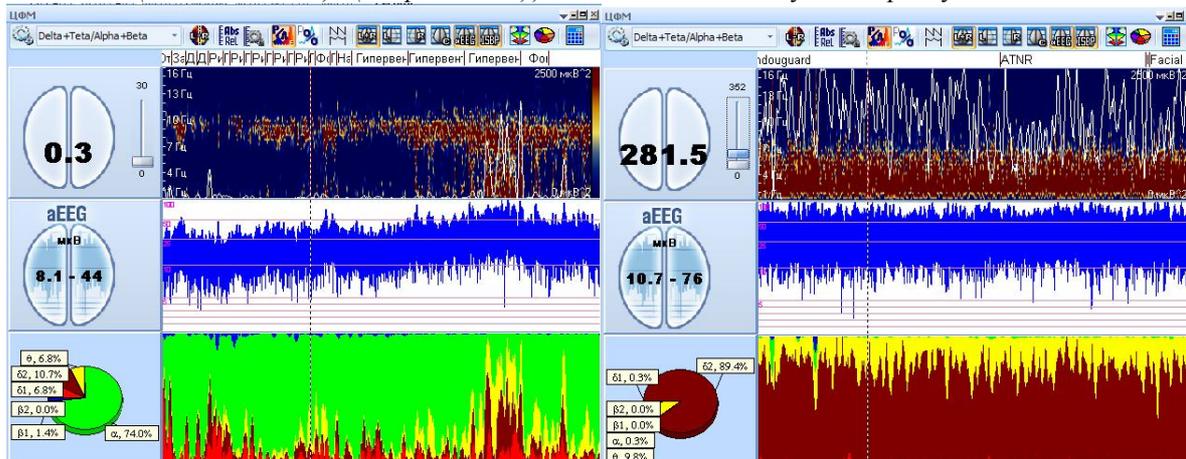


Рис. 3. Сопоставление результатов обработки по 2-м исследованиям. Левая часть рисунка - пациентка Г., правая часть рисунка – пациент С. с эпилептической энцефалопатией

У пациента с эпилептической энцефалопатией наблюдается доминирование дельта-ритма на всем протяжении фоновой записи без дополнительных провоцирующих воздействий. Соотношение $(\delta_2 + \theta) / (\alpha + \beta_1)$ имеет значения от 200 до 300 в отличие от первого исследования, где на большей части записи (кроме провоцирующих проб) наблюдается доминирование $(\alpha + \beta_1)$.

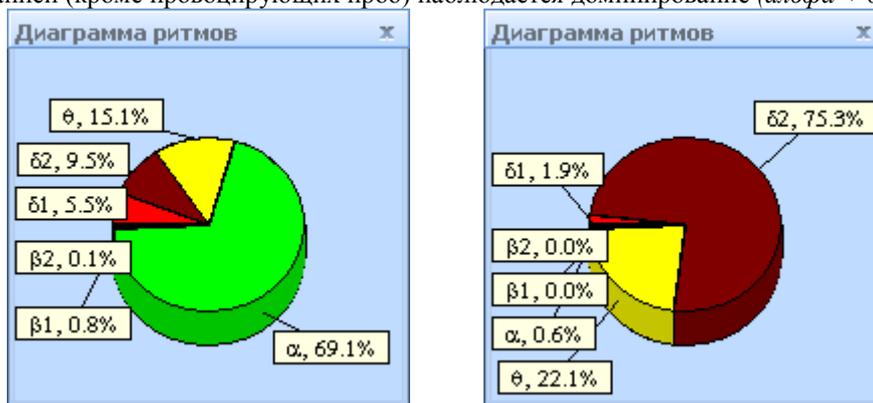


Рис. 4. Сопоставление круговых диаграмм суммарного распределения ритмов ЭЭГ на протяжении всего исследования. Левая часть рисунка - пациентка Г., правая часть рисунка – пациент С. с эпилептической энцефалопатией

Программное обеспечение позволяет выявить наличие и степень выраженности межполушарной асимметрии мозга по различным частотным диапазонам (см. рис. 5).

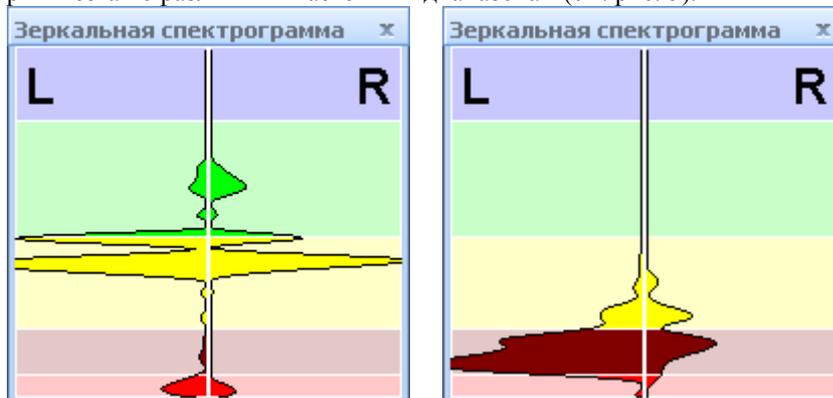


Рис. 5. Сопоставление зеркальных спектрограмм, отражающих межполушарную асимметрию по различным частотным диапазонам. Сверху вниз выделены диапазоны дельта-1, дельта-2, тета, альфа-, бета-1. В левой части рисунка (пациентка Г.) асимметрия не сильно выражена, в правой части рисунка (пациент С.) выраженная асимметрия с большим проявлением патологических волн в левом полушарии.

На рис. 5. представлен пример ночного исследования на пациенте с легкими неврологическими нарушениями. На трендах аЭЭГ, ИСМД и сжатых спектров заметна цикличность переходов из поверхностных стадий сна в более глубокие, т.е. структура сна не нарушена. Более глубоким стадиям сна соответствует повышение мощности дельта-волн, характерных для стадий S3 и S4 (что хорошо видно на всех трендах) и повышение амплитуды (что видно по трендам аЭЭГ). На трендах сжатого спектра можно заметить и периодически появляющуюся тонкую цветовую полосу в районе 12-14 Гц, отражающую появление сонных веретен.

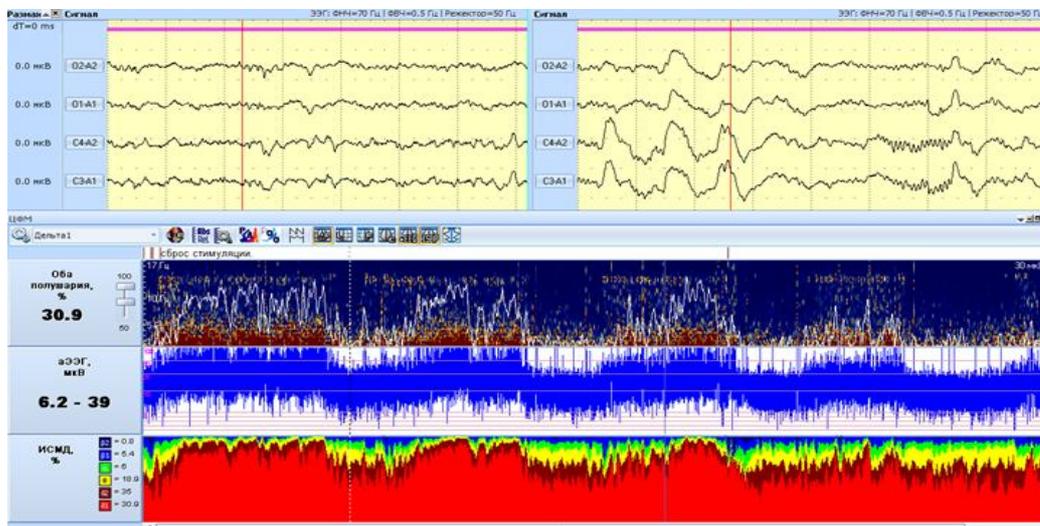


Рис. 5. Пример ночного автономного (амбулаторного) исследования пациентки К. с легкими неврологическими нарушениями

На рис. 7 представлен мониторинг данных нескольких пациентов: данные по каждому пациенту отображаются в отдельном окне. Любое из окон при необходимости разворачивается на полный экран для подробного просмотра и анализа.

Предусмотрена возможность проведения видеомониторинга, синхронизированного с мониторингом электрической активности мозга. Информация от блоков пациента (до 4-х) передается по беспроводным каналам на центральную станцию (пример отображения – на рисунке).

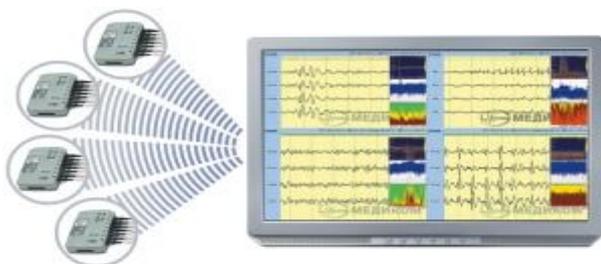


Рис. 7. Одновременный мониторинг данных ЦФМ 4-х пациентов.

Выводы:

1. Монитор церебральных функций «Энцефалан-ЦФМ» может применяться для длительного мониторинга в условиях нейрореанимации или палат интенсивной терапии, с представлением на экране компьютера трендов амплитудно-интегрированной ЭЭГ (аЭЭГ), сжатого спектра и других количественных показателей (альфа-вариабельности, медианной частоты и др.), с целью наблюдения за функцией головного мозга и неврологического прогноза при различных заболеваниях и состояниях, как у детей, так и у взрослых в том числе и с возможным синхронным

- видеомониторингом; одновременно по нескольким пациентам (до 4-х) на одном рабочем месте врача.
2. применение монитора церебральных функций «Энцефалан-ЦФМ» предоставляет врачу полезную информацию в сжатом виде, позволяющую более адекватно ее оценивать, чем просто нативные сигналы ЭЭГ.

Литература:

1. А.Е. Понятишин, А.Б. Пальчик, С-Петербург, «Сотис», 2006.
2. «An Atlas of Amplitude-Integrated EEGs in the Newborn», First Edition. Hellström-Westas L, de Vries LS, Rosén I. Parthenon Publishing, 2002.

Информация об авторах:

Скоморохов Анатолий Александрович, ООО НПКФ «МЕДИКОМ МТД», office@medicom-mtd.com, 347900, Россия, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Петровская 99, (88634) 38-34-67; заместитель генерального директора по научно-исследовательской работе, кандидат биологических наук.
Пономарева Елена Станиславовна, ООО НПКФ «МЕДИКОМ МТД», office@medicom-mtd.com, 347900, Россия, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Петровская 99, (88634) 38-34-67; врач-консультант отдела методического обеспечения; врач функциональной диагностики высшей категории.