

МОНИТОРИРОВАНИЕ ЭЭГ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ЭЭГ-ВИДЕОМОНИТРИНГ, ПОЛИСОМНОГРАФИЯ, НЕЙРОМОНИТОРИНГ

С.М. Захаров, А.А. Скоморохов

НПКФ «Медиком МТД» г.Таганрог, www.medicom-mtd.com

Обеспечение длительного мониторинга ЭЭГ и других физиологических показателей для качественной дифференциальной диагностики у пациентов при различных неврологических заболеваниях, в первую очередь, таких как эпилепсия и нарушения сна, а также для контроля за состоянием пациентов в палатах интенсивной терапии и реанимации в настоящий момент, несомненно, является чрезвычайно актуальной задачей. Сложившаяся отечественная традиция электроэнцефалографического обследования больных в лабораториях клинической нейрофизиологии или отделениях функциональной диагностики с использованием стационарного оборудования способствовала тому, что пациенты практически не обследуются во время сна, не проводится длительная дневная запись, даже тогда, когда стандартные лабораторные записи ЭЭГ не дают необходимой информации о пароксизмальных проявлениях у больного с эпилептическими приступами. Больные в критических состояниях зачастую транспортируются в место нахождения стационарного нейрофизиологического оборудования для проведения кратковременных исследований, а необходимый длительный нейромониторинг в такой ситуации попросту невозможен. Отчасти это связано с отсутствием разумной по цене отечественной портативной аппаратуры. Выпускаемая в настоящее время отечественная медицинская техника уже может восполнить этот пробел и сделать доступными мониторинговые исследования в широкой клинической практике. Примером такого оборудования могут служить электроэнцефалографы-регистраторы портативные телеметрические носимые «ЭнцефаланЭЭГР19/26» про-

изводства НПКФ «Медиком МТД» г.Таганрог. Миниатюрные приборы позволяют проводить обычные рутинные ЭЭГ и ВП-исследования в телеметрическом режиме в месте нахождения пациента, автономное мониторирование ЭЭГ (носимый ам-



Рис. 1. ЭЭГ исследование с помощью носимого автономного электроэнцефалограф-регистратора в естественных для пациента условиях.



Рис. 2. Нейромониторинг в палате интенсивной терапии.



Рис. 3. ЭЭГ-видеомониторинг с полисомнографией.

булаторный ЭЭГ-рекордер по типу холтеровского) в естественных для пациента условиях (Рис. 1), оперативный контроль состояния ЦНС при нейромониторинге в реанимации и палатах интенсивной терапии (Рис. 2), длительный ЭЭГ-видеомониторинг для дифференциальной диагностики эпилепсии (Рис. 3), полисомнографические исследования для диагностики нарушений сна, как в специализированных палатах, так и дома у пациента, полифункциональный мониторинг, кардиореспираторный мониторинг и ряд других видов диагностических исследований.

Короткие рутинные записи ЭЭГ со стандартным набором функциональных проб в лабораториях часто бывают неэффективными по сравнению с длительной регистрацией ЭЭГ в естественных условиях. Возможности обычных рутинных ЭЭГ сводятся к констатации отсутствия или наличия эпилептической активности во время короткой записи, что не всегда является достоверным и не всегда может быть положено в основу диагноза. Таким образом продолжительный мониторинг ЭЭГ (4–8 часов и более), включающий видеомониторинг, а при необходимости и полисомнографию, становится обязательным, если при рутинных записях ЭЭГ у больного с пароксизмальными проявлениями не выявляется эпилептиформная активность или у больного имеются только ночные приступы, а в дневной записи ЭЭГ изменений нет. Это также относится и к ситуации, когда приступы эпилептической и неэпилептической природы возникают в определенных условиях естественного поведения.

В сложных случаях, когда пароксизмальные феномены редки, слабо выражены, проявляются только во время сна, показано проведение дли-

тельного ЭЭГ-мониторинга (до суток и более). Лучшим вариантом его проведения считается ЭЭГ-видеомониторинг, позволяющий сопоставлять ЭЭГ-феномены с соответствующими двигательными проявлениями пациента, признанный «золотым стандартом» для выявления аномалий ЭЭГ и дифференциальной диагностики пароксизмов. Большинство исследователей оценивают информативность «рутинной» (до 30 минут) записи ЭЭГ не более 30%. Достоверность же результатов ЭЭГ-видеомониторинга по ряду оценок составляет 85-95%.

Некоторые формы эпилепсии (эпилепсия еды, чтения и т.п.) требуют в ряде случаев проведение длительного мониторирования в процессе нормальной жизнедеятельности пациента, без ограничений по его пространственному перемещению и выполняемых им действий. Максимальную ценность для диагностики эпилепсии представляет визуализация и анализ эпилептических приступов, возможность проведения тестирования во время приступа, создание условий, провоцирующих приступ. Например, при наличии припадков, провоцируемых просмотром телевизора или работой на компьютере, исследование проводится в палате с телевизором, пациенту также предлагают работу на компьютере и т.д. В таких случаях применяются носимые регистраторы ЭЭГ с возможностью длительного накопления по типу холтеровского амбулаторного мониторирования.

Технология процесса ЭЭГ-видеомониторинга предполагает синхронную регистрацию и сохранение максимума возможной информации, которая может быть полезна врачу при последующем анализе, и должна обеспечивать непрерывную запись в течение 24, а в ряде случаев и существенно больше, всех выбранных потоков данных (ЭЭГ по системе отведений «10-20%», дополнительных физиологических показателей — ЭМГ, ЭОГ, ЭКГ, параметров дыхания, положения тела пациента, аудиоинформации и видеоинформации) с фиксацией всех меток и маркеров событий (Рис. 4). Обычно обеспечивается автоматическое распознавание эпифеноменов как в реальном времени в процессе ЭЭГ-видеомониторинга, так и при последующей постреальной обработке зарегистрированных данных. Надежность распознавания обусловлена наличием индивидуальной подстройки алгоритма под фрагмент фоновой записи, выбранный врачом.

В процессе ЭЭГ-видеомониторинга маркеры различных типов расставляются автоматически по тем или иным выбранным критериям или вручную медперсоналом. Отмеченные маркерами события и фрагменты потоков данных анализируются в первую очередь. Врач выделяет из них диагностически значимые фрагменты, при необходимости дополняет их фрагментами, найденными им самостоятельно при визуальном анализе, результатами проведенной математической обработки, а также протоколом и врачебным заключением, после чего сохраняет все это в базе данных медучреждения.

Важным свойством системы ЭЭГ-видеомониторирования является импорт результатов на внешние носители информации (CD, DVD диски или флеш карты) для независимого медицинского консультирования и

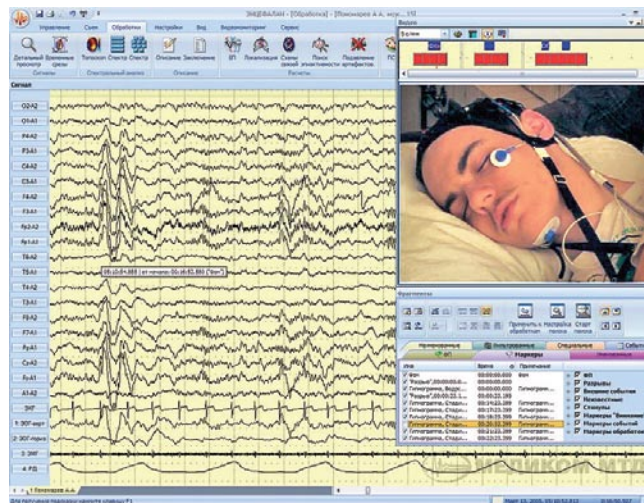


Рис. 4. Пример записи ЭЭГ во время сна с видеомониторированием и ведением дневника событий.

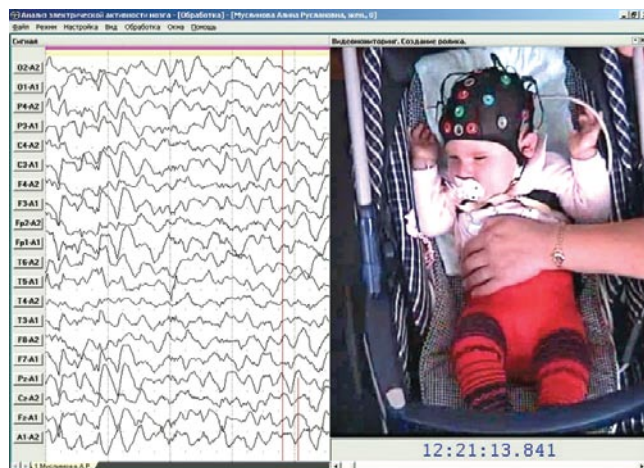


Рис. 5 Синхронный просмотр записи ЭЭГ и видеоинформации в формате avi.

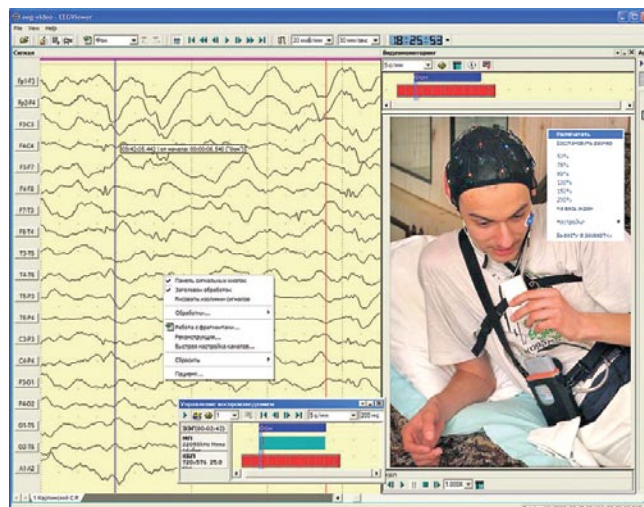


Рис. 6. Просмотр результатов ЭЭГ-видеомониторинга с сервисными возможностями для визуального анализа.

обсуждения. Импортируемые видеоданные синхронно с ЭЭГ формируются двумя способами: как общепринятые видеоролики в формате avi (Рис. 5), так и в виде файлов данных, сопровождаемых специальной автономной программой просмотра данных ЭЭГ-видеомониторинга

(Рис. 6). Эта программа предлагает необходимый сервис для просмотра сохраненных ЭЭГ и видео фрагментов на любом другом компьютере с устройством CD. Оптимальный набор возможностей для анализа должен на наш взгляд обеспечивать:

- синхронную прокрутку записанных данных ЭЭГ-видеомониторинга (ЭЭГ, видео- и аудиоинформации), в процессе которой возможна остановка и полкадровый просмотр;
- изменение чувствительности и скорости развертки в представлении ЭЭГ и полиграфических сигналов;
- поиск видеокадра, соответствующего выбранному временному срезу ЭЭГ;
- поиск временного среза ЭЭГ, соответствующего выбранному видеокадру;
- поиск фрагментов данных, соответствующие определенным событиям;
- выполнение референтной реконструкции данных в необходимую для анализа схему отведений, при этом необходимую схему отведений врач может создать самостоятельно.

Достоинством системы ЭЭГ-видеомониторинга является её компактность и мобильность при обеспечении высокого качества регистрации всех необходимых данных и возможность проведения исследования в условиях, приемлемых для пациента: непосредственно в больничной палате, в домашних условиях, в любом месте, где находится пациент.

Принципиальное значение в диагностике эпилепсии имеет ЭЭГ, регистрируемая во время сна, которая стала стандартным методом исследования в большинстве специализированных центров по диагностике эпилепсии в мире, т. к. эпилепсия как болезнь использует те же морфологические и биохимические субстраты для своего развития, что и физиологический сон здорового человека. По мнению ведущих специалистов «...регистрация ЭЭГ в течение одной минуты поверхностного сна дает больше информации для диагностики эпилепсии, чем час исследования в состоянии бодрствования». Это связано с тем, что интенсивность проявлений эпилептической активности увеличивается в 1 и 2 фазах сна (Мухин К.Ю., Петрухин А.С., Глухова Л.Ю.). Это правило справедливо как для идиопатических, так и для симптоматических эпилепсий. Поэтому всем пациентам с судорожными проявлениями при отсутствии эпилептиформной активности на ЭЭГ показан ЭЭГ-видеомониторинг с обязательной записью сна. Кроме того, значительная часть населения имеет и самостоятельные проблемы со сном, не имеющие отношения к эпилепсии. Дневная сонливость является причиной различных инцидентов на транспорте и производстве, вызывает снижения качества жизни и развития различных патологических состояний организма человека и таким образом может считаться одной из значительных социальных проблем современного общества. Для проникновения в суть процессов, происходящих в мозге во время физиологического сна, а также для изучения причин нарушений процесса сна, требуется проведение специального исследования, которое бы позволило объективизировать структуру сна конкретного человека.

Такие исследования называют полисомнографическими (ПСГ). Согласно международному руководству по проведению ПСГ и определению стадий сна A. Rechtschaffen и A. Kales, для определения структуры сна человека требуются данные электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электромиограммы (ЭМГ) и электроокулограммы (ЭОГ). Кроме этих обязательных сигналов часто используют и другие сигналы, позволяющие не только построить гипнограмму, но и выявить нарушения кардиореспираторной системы, такие, например, как остановки дыхания во сне — апноэ. При этом дополнительно регистрируются абдоминальное и грудное дыхание, поток дыхания с помощью ороназального датчика, регистрация храпа, положение тела и движения ног, сатурация кислорода и др. (Рис. 7). Для систем полисомнографии, даже в большей степени, чем для систем ЭЭГ-видеомониторинга, важным свойством является миниатюрность оборудования и комфортность регистрации необходимых показателей. Обязательно должна обеспечиваться возможность как автономной записи ПСГ данных на внутреннюю память портативного, носимого прибора в домашних, естественных для пациента условиях, так и мониторинга ПСГ данных с синхронной видеозаписью моторики пациента, а также с аудиозаписью происходящего в комфортной, специально оборудованной палате. Высокая разрешающая способность видеокамер должна позволить произвести оценку тонкой моторики и мимики пациента в момент возможного пароксизма и распознать движения конечностей в состоянии сна.

При визуальном анализе регистрируемых полисомнографических данных используются режимы их синхронного представления, отображения трендов дополнительных расчетных параметров и специальный инструмент построения гипнограммы — временного графика прогрессии сна, иллюстрирующего смену различных фаз (медленного NREM и быстрого сна REM) и стадий сна (W, S1, S2, S3, S4, REM), согласно общепринятым шкалам, как в реальном, так и в постреальном времени. Для наилучшего определения стадий сна врачу представляются тренды рассчитываемых показателей, значения которых характеризуют различные стадии сна: средневыпрямленное значение амплитуды окулограммы, средневыпрямленное значение амплитуды ЭМГ, альфа-индекс ЭЭГ, индекс медленных волн ЭЭГ, индекс волн, относящихся к сонным веретенам, частота сердечных сокращений, параметры дыхания и пр. (Рис. 8). в соответствии с построенной гипнограммой формируются результаты статистической обработки стадий сна в виде таблицы и в виде временной диаграммы распределения стадий сна (Рис. 9). В табличной форме создается отчет, указывающей время засыпания, продолжительность различных стадий сна в течение проведенного исследования, количество полных циклов сна, количество переходов между отдельными стадиями сна и т.д. Программа автоматического построения гипнограммы существенно сокращает время на обработку данных, при необходимости, для повышения точности построения гипнограммы, можно использовать специальный режим, позволяющий врачу обучать алгоритм построения гипнограммы с учетом своего врачебного опыта. Также формируется отчет о дыхательных нарушениях (собы-



Рис. 7. Конфигурация полисомнографической системы.

тиях), подсчитывается количество задержек дыхания (апноэ) во сне, определяется их длительность. События отмечаются маркерами для последующего визуального анализа последствий апноэ для сердечнососудистой и центральной нервной систем.

Не менее актуальной задачей, чем рассмотренные выше, является внедрение мониторинга ЭЭГ у пациентов, находящихся в палатах интенсивной терапии или в реанимации, для обеспечения динамического наблюдения за их неврологическим статусом, дифференциального диагноза комы и бессудорожного эпилептического статуса, прогноза выхода из комы, оценки глубины наркоза и поддержания его на оптимальном уровне, констатации смерти мозга и т. д. Для наглядности представления мониторируемых данных и оценки динамики их изменения в таких случаях используется специальный режим отображения — тренды. В общем случае тренды представляют собой сжатые кривые длительной записи ЭЭГ, которые позволяют оценивать динамические изменения амплитуды, частотного состава ЭЭГ и необходимых расчетных показателей по регистрируемым данным (Рис. 10).

Очень важным, на наш взгляд, является внедрение в практику перинатальных центров, реанимаций для новорожденных в других медицинских учреждениях нейрофизиологического контроля состояния новорожденных с патологией — так называемого мониторинга церебральной функции, основанного на записи амплитудно-интегрированной ЭЭГ (аЭЭГ) (Рис. 11). Несмотря на стремительное развитие новых технологий в неонатологии, гипоксически-ишемическая энцефалопатия (ГИЭ) по некоторым литературным данным до сих пор встречается у 3-4 на 1000 живорожденных доношенных детей, и приводит к крайне неблагоприятным неврологическим исходам или смерти. Мониторинг аЭЭГ новорожденных с ГИЭ может быть использован для измерения фоновой активности, исследования циклов и стадий сна-бодрствования, определения раннего изменения функции 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. Амплитудно-интегрированная ЭЭГ может быть использована для раннего предсказания исхода после перенесенной перинатальной асфиксии. Именно этот факт привел к широкому использованию метода

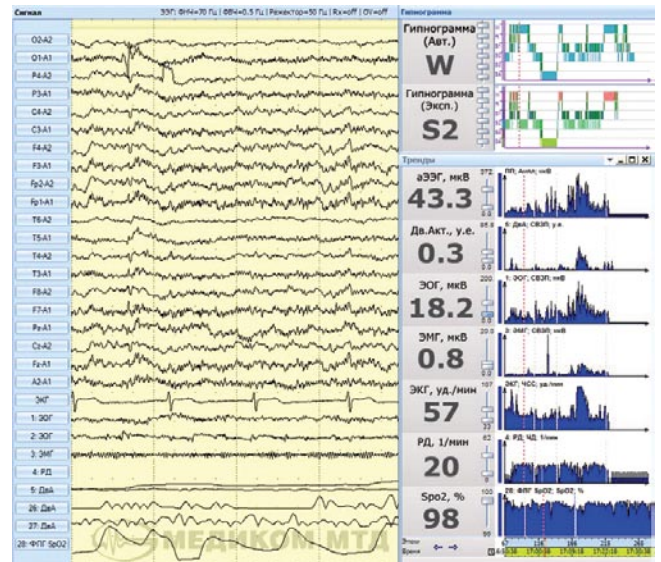


Рис. 8. ЭЭГ во время сна, тренды вторичных показателей и гипнограммы, построенные автоматически и вручную экспертом.

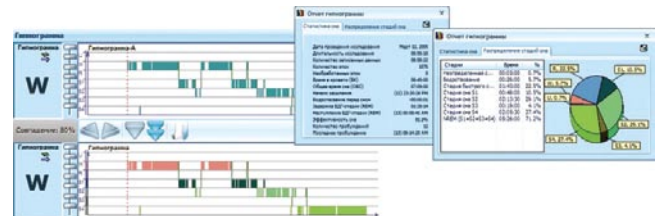


Рис. 9. Результаты статистической обработки фаз сна по ЭЭГ в виде гипнограмм, таблиц и временной диаграммы распределения стадий сна.

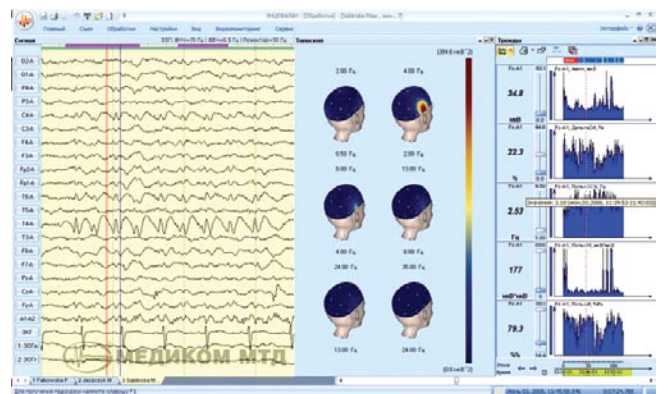


Рис. 10. Представление ЭЭГ-данных совместно с трендами, числовыми значениями показателей и трехмерным картированием (топоскоп) частотных характеристик.



Рис. 11. ЭЭГ ребенка 8 дней. Представление записанной ЭЭГ в виде сжатого амплитудного спектра, с выделенным дельта 1-диапазоном по полушариям и нейромониторинг (тренды) расчетных показателей, включая аЭЭГ для левого и правого полушария.

аЭЭГ в клинической практике за рубежом. Мониторинг аЭЭГ позволяет обнаружить аномальную активность мозга, которую не удастся выявить другими методами. По некоторым литературным данным более 50% судорог у новорожденных протекают как субклинические, т.е. без внешних мышечных проявлений. Как известно, любые судороги могут приводить к нарушению функции мозга вследствие гипоксии, развивающейся на фоне приступа. Субклиническая судорожная активность или транзиторные фоновые нарушения во время

гипогликемии или пневмоторакса также могут быть выявлены в процессе записи аЭЭГ.

В небольшой статье сложно рассказать обо всех новых функциональных возможностях, предоставляемых современным медицинским оборудованием в области нейрофизиологии и полифункционального мониторинга, которые появляются в связи с тенденцией его миниатюризации, связанной с бурным ростом микроэлектронной техники и компьютерных беспроводных технологий. Однако с уверенностью можно

констатировать, что диагностические возможности, которые были привилегией только элитных клиник, в настоящее время становятся все доступнее для массового использования в повседневной клинической практике.

Литература

Мухин К.Ю., Петрухин А.С., Глухова Л.Ю. ЭПИЛЕПСИЯ. Атлас электро-клинической диагностики — М.: Альварес Паблишинг, 2004. — 440 с.: ил.

Гараев В.Р., Мостовой А.В., Скоромец А.П. Мониторинг церебральной функции в неонатологии — СПб, Журнал интенсивной терапии, №2, 2007.

