

*А. Ю. Потлов, Д. В. Ахтямов\*, А. А. Трубиенко*

## **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ СНА НА ОСНОВЕ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ И АКСЕЛЕРОМЕТРИИ**

Актуальность изучения двигательной активности человека во время сна [1, 2] обусловлена высокой частотой распространенности и медико-социальной значимостью пароксизмальных состояний не только для больного и его родственников, но и для общества в целом.

Для дифференциальной диагностики пароксизмальных состояний существует определенное (общепризнанное) [3, 4] разнообразие методов. Среди них позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) даже позволяет выявлять эпилептогенные очаги в отсутствие электроэнцефалографических и структурных изменений головного мозга (ее используют в дифференциальной диагностике эпилептических и неэпилептических приступов с утратой сознания). Чувствительность и специфичность метода значительно возрастают при комбинированном применении ПЭТ с электроэнцефалографией (ЭЭГ).

Но все эти методы не слишком эффективны, так как целесообразен длительный мониторинг состояния пациента. Поэтому общепризнанным «золотым стандартом» нейрофизиологической диагностики пароксизмальных состояний и эпилепсии является видео ЭЭГ-мониторинг (ВЭЭГ) [5]. К неоспоримым достоинствам метода относится возможность фиксации биоэлектрических потенциалов мозга в момент двигательной активности пациента и оценки состояния пациента в момент появления эпилептических разрядов, что позволяет проводить детальный кинематический анализ икталной ЭЭГ. Оценка клинической значимости эпилептиформных разрядов на ЭЭГ проводится путем видеопроанализа двигательной активности пациента и результатов тестирования состояния пациента при вербальном и тактильном контакте. ЭЭГ и видеозапись демонстрируются параллельно в режиме прямого времени и записываются на цифровой носитель для последующей обработки [6, 7].

Однако данный метод имеет и свои недостатки: во-первых, его сложно применить в домашних условиях; во-вторых во время присту-

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2013 г. в рамках Восьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра мед. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. В. Горбунова.

па больной может случайно снять шлем с электродами; в-третьих, высокая стоимость оборудования является значимым ограничением для этого метода.

Цель исследования – разработка метода мониторинга пароксизмальных состояний двигательной активности человека во время сна на основе пульсоксиметрии и акселерометрии в домашних условиях, отличающийся высокой эффективностью, простотой использования и относительной дешевизной.

В основе предложенного метода лежит проведение мониторинга и регистрации физических характеристик организма: двигательная активность человека, пульс и насыщенность крови кислородом, которые показывают основные симптомы приступов эпилепсии. На основе этого метода предложено разработать прибор, который будет фиксировать физические характеристики организма на основе двух основных компонентов: G-сенсора и пульсоксиметра.

G-сенсор фиксирует смещение и положение предмета в пространстве. Внутри сенсора находится небольшой шарик, расположенный в сфере из огромного количества пьезоэлектрических элементов. Смещение вызывает давление на определенные пьезоэлементы, возникает электрический ток и по его силе и месту возникновения можно судить о силе и направлении движения.

Работа пульсоксиметра основана на поглощении цвета гемоглобина. Гемоглобин, который связан с кислородом (оксигемоглобин), имеет ярко-красный цвет. Гемоглобин не связанный с кислородом (венозный гемоглобин) имеет темно-красный цвет. Работа пульсоксиметра базируется на способности связанного с кислородом гемоглобина больше поглощать волны инфракрасного диапазона (максимум поглощения приходится на 940 нм), а не связанного с кислородом гемоглобина – больше поглощать волны красного диапазона (максимум поглощения приходится на 660 нм). Таким образом, в пульсоксиметре используются два источника излучения (с длиной волны 660 и 940 нм) и два фотооптических элемента, работающих в этих диапазонах. Интенсивность излучения, измеренная фотоэлементами, зависит от многих факторов, большинство из которых постоянно. Только пульсации в артериях происходят непрерывно и вызывают изменения в поглощающей способности тканей. Изменения в количестве света, который поглотился в тканях, соответствуют изменениям в артериях. Пульсоксиметр непрерывно вычисляет разницу между поглощением сигнала в красной и инфракрасной области спектра и на основании формулы, полученной опытным путем с использованием закона Ламберта–Бэра, рассчитывает значение сатурации. Изменение поглощающей способности тканей, вызванное пульсациями в артериях, фиксируется в виде кривой плетизмограммы. А измеряя расстояние между

ее гребнями, пульсоксиметр рассчитывает частоту пульса. Измеренные значения могут быть отражены на экране, а также записаны в память прибора для дальнейшего анализа.

Режим работы нашего прибора будет зависеть от вида эпилептических припадков. Во время большого припадка у человека теряется сознание, следовательно, пульсоксиметр фиксирует слабые значения пульса. В этот же момент начинаются тонические судороги и срабатывает датчик положения в пространстве G-сенсор. Он фиксирует колебания верхнего диапазона (так как судороги при большом припадке сильнее, чем при малом), так же срабатывает пульсоксиметр, который фиксирует высокое содержание кислорода (так как в этот момент повышается тонус мышц). При клонических судорогах происходит попеременное сокращение и расслабление мышц, уменьшается тонус мышц, срабатывает датчик положения в пространстве G-сенсор и пульсоксиметр. Датчик регистрирует частоту колебаний верхнего диапазона, но по времени, происходящих дольше, чем при тонических судорогах. Пульсоксиметр регистрирует низкое содержание кислорода. Когда происходит малый припадок, происходит резкий неожиданный всплеск активности (обычно в этот момент больной внезапно вздрагивает) пульсоксиметр фиксирует сильное учащение пульса, дальше происходит полное ослабление организма и слабые судороги и G-сенсор регистрирует колебания нижнего диапазона.

В приборе (рис. 1) датчик положения в пространстве и пульсоксиметр управляются с помощью микроконтроллера.



Рис. 1. Упрощенная схема прибора

Он состоит из микропроцессора небольших частот, оперативной памяти (ОП) и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). На ПЗУ микроконтроллера загружается специальная программа, написанная на языке программирования assembler. Процессор и оперативная память выполняют заданную программу, а данные о приступах эпилепсии (физические характеристики организма, продолжительность приступа, дата приступа) и журнал сохраняются на дополнительном блоке ПЗУ большей емкости.

Представленный метод мониторинга двигательной активности человека во время сна на основе пульсоксиметрии и акселерометрии в домашних условиях отличается высокой эффективностью, функциональностью, простотой использования и относительной дешевизной, а также позволит существенно уточнить и упростить дифференциальную диагностику пароксизмальных состояний и эпилептических припадков.

Высокая эффективность достигается за счет одновременного использования показаний G-сенсора и пульсоксиметра. Таким образом, прибор способен определять практически любой тип эпилептического припадка.

Функциональность нашего прибора позволяет вести журнал, отражая полную картину приступов (дата и время приступов, данные о содержании кислорода в крови, значения пульса, частоты колебаний во время судорог). На жидкокристаллическом дисплее отобразится в режиме реального времени текущее состояние организма (пульс, содержание кислорода в крови, время и дата).

Используя разъем Micro USB, можно обновить программное обеспечение для микроконтроллера через персональный компьютер, а также выгрузить из прибора журнал приступов и передать его на изучение врачу.

Для проведения мониторинга пациенту необходимо закрепить на указательном пальце левой руки пульсоксиметр и застегнуть ремешки основного блока на руке и нажать кнопку включения, мониторинг проводится в течение 24 ч.

Низкая стоимость устройства достигается за счет правильного подбора необходимых компонентов. Если сравнивать наш прибор с другими вышеперечисленными системами для регистрации и мониторинга приступов эпилепсии, то расходы на изготовление и рыночная стоимость, соответственно, в разы ниже (в 15 – 20 раз по сравнению с ВЭЭГ).

Благодаря маленькому весу прибора (менее 200 г), он не будет ощущаться на руке и мешать пациенту.

Таким образом, вышеизложенное позволяет заключить следующее:

1. Предложенный метод мониторинга пароксизмальных состояний и приступов эпилепсии, основанный на принципах пульсоксиметрии и акселерометрии отличается высокой эффективностью и удобством диагностики.

2. С помощью устройств, разработанных на базе метода мониторинга пароксизмальных состояний и приступов эпилепсии, более вероятно дифференциальная диагностика пароксизмальных состояний и эпилептических припадков у пациентов, как в медицинских учреждениях, так и в домашних условиях.

3. Благодаря низкой себестоимости производства подобных приборов, возрастают возможности на их реальное массовое практическое применение.

### Список литературы

1. *Динамика* показателей ЭЭГ в состояниях сна и бодрствования у взрослых пациентов с «неконтролируемой» локально-обусловленной эпилепсией // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2012. – № 11, вып. 1. – С. 37 – 41.

2. *Эпилептические* припадки [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.medical-enc.ru/26/epilepsy-1.shtml> (Дата обращения: 17.03.13).

3. *Центральный* информационный портал по эпилепсии [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.epilepsia365.ru/pencyclopedia/show.htm?id=169> (Дата обращения: 17.03.13).

4. *Позитронная* эмиссионная томография [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.medsecret.net/nevrologiya/instr-diagnostika/482-pozitronnaja-jemissionnaja-tomografija> (Дата обращения: 22.03.2013).

5. *ВЭЭГ* мониторинг в диагностике парциальных эпилептических приступов // Журнал функциональная диагностика. – 2006. – № 2. – С. 63 – 67.

6. *Фролов, С. В.* Регистрация и анализ тремора с помощью детектора движения на основе веб-камеры / С. В. Фролов, А. В. Горбунов, А. Ю. Потлов // Биомедицина. – 2012. – № 2. – С. 80 – 83.

7. *Фролов, С. В.* Регистрация и анализ тремора с помощью веб-камеры / С. В. Фролов, А. В. Горбунов, А. Ю. Потлов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6. – Ч. 1. – С. 185 – 188.

*Кафедра «Биотехнические системы и технологии»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*