

Малявский Андрей Евгеньевич,
ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России,
г. Краснодар
Malyavsky Andrey Evgenievich

Лебедев Олег Павлович,
ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России,
г. Краснодар
Lebedev Oleg Pavlovich

Научный руководитель:
Кушнерева Анна Анатольевна, к.т.н., доцент,
ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России,
г. Краснодар

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ И ИХ МЕДИЦИНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
STUDIES OF ELECTRICAL PROCESSES IN LIVING ORGANISMS
AND THEIR MEDICAL APPLICATIONS**

Аннотация: В современной медицине электротехника играет важную роль, создавая инновационные решения и улучшая качество оказания медицинской помощи. В основе работы современных приборов лежит принцип обратной связи – получение и регистрация электрических импульсов. Специалистам любого профиля необходимо овладевать базовыми знаниями и умениями в области электронной и вычислительной техники как неотъемлемой частью общей технической культуры человека.

Ключевые слова: обратная связь, электротехника, электрокардиограф, электроэнцефалограф.

Технологии электротехники применяются в различных областях медицины, в том числе при диагностике заболеваний, лечении и реабилитации пациентов, мониторинге их состояния. «Diagnosis bona – curatio bona» – «Хороший диагноз – хорошее лечение». Для точного диагноза сегодня используются различные устройства. В основе современного медицинского оборудования лежит электротехника. Например, для измерения электрической активности сердца применяются электрокардиографы (ЭКГ), для изучения электрической активности мозга используются электроэнцефалографы (ЭЭГ), оценить работу мышц можно при помощи электромиографии (ЭМГ), а активность сетчатки глаза позволяет определить электроретинография (ЭРГ). Все эти устройства, помогающие врачам установить диагноз и разработать эффективный план лечения работают на основе считывания электрических сигналов.

Работа электрокардиографа основана на принципе регистрации электрических импульсов, возникающих при работе сердца. Для проведения измерений, на разные участки тела накладываются электроды. Современный электрокардиограф обрабатывает 12 отведений и имеет специальные фильтры сигнала, давая возможность получить точные данные о работе сердца.

Суть метода электромиография основана на способности нервных волокон реагировать на воздействие электрическим током. В ее основе лежит регистрация сократительного ответа конкретной мышцы в ответ на стимуляцию электрическим импульсом нерва, который иннервирует данную мышцу. Анализируя характеристики полученного ответа можно судить о состоянии данного нерва, включая его чувствительные и двигательные волокна (норма или патология).



Суть электроретинографии в регистрации электрической активности клеток сетчатки, возникающей в ответ на стимуляцию сетчатки световой вспышкой, и записать в виде графика.

Электроэнцефалограф при помощи электродов (датчиков) считывает с поверхности головы электрические сигналы и записывает их на бумагу или выводит на экран монитора в виде электроэнцефалограммы [6] В цифровых электроэнцефалографах ЭЭГ записывается на диск компьютера с одновременным выводом изображения на экран. По окончании регистрации нужные страницы записи могут быть выведены в виде бумажной копии с помощью принтера или самописца [1, 6] В настоящее время используются специальные шлемы с вмонтированными в них электродами – их удобно использовать, когда исследования проводятся в положении пациента лежа.

Созданию этих приборов предшествовала долгая исследовательская работа ученых. Получение сигнала на импульс или его отсутствие, по сути, являются обратной связью.

В медицине изучаются электрические движения в синапсах, вызванные распространением нервных импульсов – синаптическая передача (или нейротрансмиттерная). Нервные импульсы необходимы для распространения сигналов, которые посылаются к органам или частям тела и исходят из центральной нервной системы через эфферентные и афферентные нейроны для координации гладких, скелетных и сердечных мышц, секреции желез и функционирования органов, важных для долгосрочного выживания млекопитающих. Нейроны образуют нейронные сети, по которым передаются нервные импульсы [8].

Отрицательная обратная связь – вид обратной связи, при котором изменение выходного сигнала системы приводит к такому изменению входного сигнала, которое противодействует первоначальному изменению.

Положительная обратная связь – вид обратной связи, при котором изменение выходного сигнала системы приводит к такому изменению входного сигнала, которое способствует дальнейшему отклонению выходного сигнала от первоначального значения.

Отрицательная обратная связь также является понятием, употребляемым в биологии и медицине поскольку широко используется живыми системами разных уровней организации (от клетки до экосистем).

Общий принцип действия отрицательной обратной связи в живых организмах – рецептор («детектор») принимает раздражение из окружающей среды и с помощью нервной системы передает сигнал о раздражении в той или иной части тела в «регулятор». Затем, информация о раздражении передается в гипофиз (эффиктор), который в ответ выделяет различные гормоны, поступающие в кровь. Это позволяет уменьшать отклонения, вызванные воздействием окружающей среды.

На принципе отрицательной обратной связи основаны многие механизмы регуляции работы ферментов, в том числе ингибирование конечным продуктом метаболического пути, а также многие механизмы нервной регуляции, поддерживающие отдельные параметры гомеостаза (терморегуляция, поддержание постоянной концентрации диоксида углерода и глюкозы в крови и др.).

Анализ обратной связи помог в изучении электрических процессов и созданию приборов, приведенных нами в качестве примера. Первые систематические работы по изучению электрических процессов в живых организмах относятся ко второй половине XVIII века, когда началось увлечение поиском лечебных эффектов электричества. Теории того времени были далеки от реальности, однако накопленные результаты опытов дали идею «животного электричества»: гипотеза о тесной связи электрических процессов и жизнедеятельности живого организма. Началом истории научной электрофизиологии принято считать 1791 г., когда итальянский врач, анатом и физиолог Луиджи Гальвани опубликовал «Трактат о силах электричества при мышечном движении» [3, 4].



Основой современной электрофизиологии и нейрофизиологии стали работы немецкого физиолога Эмиля Генриха Дюбуа-Реймона (Du Bois-Reymond). В 1849 году немецкий физиолог он продемонстрировал что мышечная и нервная ткань живых организмов генерирует электрические сигналы. Его считают основоположником электрофизиологии. В 1875 г. англичанин Р. Катон (Caton R.) подтвердил в своем докладе членам Британской медицинской ассоциации факт генерации слабого электрического сигнала мозгом кроликов и обезьян. В этом же году независимо от него российский физиолог В.Я. Данилевский при защите докторской диссертации отметил некоторые особенности биоэлектрической мозговой активности у собак. В последующие годы И.М. Сеченов, Н.Е. Введенский, Н.О. Цибульский и другие исследовали электрические сигналы мозга животных [3, 4].

Началом развития клинической электроэнцефалографии стало открытие немецкого ученого, физиолога и психиатра Ганса Бергера ритмической биоэлектрической активности, записанной у человека через неповрежденные покровы головы. Бергер исследовал биоэлектрическую активность мозга своего сына в состоянии покоя, при нагрузке и под наркозом. Его именем названы открытые им альфа-ритмы, имеющие частоту 8-12 Гц. Кривая, получаемая при регистрации колебаний электрических потенциалов головного мозга через покровы черепа, была названа электроэнцефалограммой.

Начиная с 1930 г., электроэнцефалография становится общепризнанным способом исследования мозга. А расцвет ЭЭГ начался одновременно с разработкой новых электронных усилителей, что привело к накоплению громадного количества фактов, значительно расширивших и углубивших представления о деятельности мозга.

С приходом в клиническую практику новых методов нейровизуализации с помощью компьютерной томографии (МРТ и ПЭТ) электроэнцефалография остается востребованной технологией. Совершенствуются методы и оборудование для ЭЭГ, расширяется область ее применения [4].

В 2020 г. в Journal of Neural Engineering было опубликовано исследование Российских нейрофизиологов. Они проследили за тем, как меняется эффективность систем обратной связи в мозге при изменении времени задержки между считыванием электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и выводом сигнала на экран компьютера. Ученые доказали, что подобные методы «самонастройки» мозга работают. Директор Центра биоэлектрических интерфейсов НИУ ВШЭ А.Е. Осадчий пояснил: «Мы создали новый метод математической фильтрации ЭЭГ, что обеспечило нам доступ в ранее неизведанную область взаимодействия с мозгом при малых задержках ответов от внешней системы. Он позволил мозгу воспринимать искусственно созданную петлю обратной связи как часть собственной нейронной сети». Эти открытия помогут в реабилитации пациентов после инсультов и других тяжелых болезней [7].

Медицинская наука неразрывно связана с другими науками, в том числе техническими, физическими, математическими и др. И в дальнейшем это взаимодействие только усилится. Сегодня в реабилитационных центрах уже активно используются экзоскелеты, в основе работы которых также заложена обратная связь. Так в ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации используется ExoAtlet – экзоскелет, который предназначен для реабилитации пациентов с нарушениями функции ходьбы вследствие травм, заболеваний опорно-двигательного аппарата или нервной системы. Для повышения эффективности реабилитации в тренажере предусмотрена возможность стимуляции мышц с помощью электрических импульсов, синхронизированных с движением пациента – экзоатлета [5].

Современные технологии требуют от человека любой специальности знания в области электроники и вычислительной техники как неотъемлемой части его общей технической культуры, технической грамотности и компетентности. Базовые сведения по вопросам



радиоэлектроники изучаются в курсе физики средней школы [2] Для углубления и расширения знаний в старшей школе возможно изучение специальных курсов по выбору. Студенты медицинских вузов сегодня применяют все больше оборудования, требующего дополнительных знаний в физике, электронике, информатике. Однако, именно в школе на уроках физики и во внеклассной работе по предмету должны создаваться условия для более углубленного изучения основ электроники, что позволит научиться разбираться в принципах работы сложной бытовой техники, а затем и оборудования в своей профессиональной сфере.

Список литературы:

1. Александров М.В., Иванов Л.Б., Лытаев С. А [и др.]. Общая электроэнцефалография / под ред. М. В. Александрова. – СПб.: Стратегия будущего, 2017. – 128 с.
2. Величков В. А. Углубленное изучение основ радиоэлектроники в средней общеобразовательной школе на базе элективных курсов с использованием ИКТ // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2005. №1. С. 172-185
3. История электроэнцефалографии // Center for Medical Information CMI Brain Research – Текст электронный. Режим доступа <https://clck.ru/3Lspx2>
4. История ЭЭГ // Компания «Фортис». Медицинское оборудование. Официальный сайт. – Текст электронный. Режим доступа: <https://clck.ru/3Lsq7x>
5. Медицинский экзоскелет // Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации. Официальный сайт. Режим доступа: <https://clck.ru/3LsqEi> (дата обращения 26.04.2025 г)
6. Устройство электроэнцефалографа // Center for Medical Information CMI Brain Research – Текст электронный. Режим доступа: <https://clck.ru/3Lsq9N>
7. Ученые доказали, что системы обратной связи с мозгом работают // ТАСС. Наука – 27 ноября 2020 – Режим доступа: <https://clck.ru/3LsqAy>
8. Черкесова Д.У. Нейрофизиология: учебное пособие / Д.У. Черкесова. – Махачкала: ДГУ, 2019. – 163 с. – ISBN 978-5-9913-0156-5

