

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Семененко Сергей Максимович

студент

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
университет «Московский институт электронной техники»

г. Москва

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРОВ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ НАВЫКАМ РАБОТЫ С ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФОМ

Аннотация: в данной статье автором рассматривается актуальность обучения ЭЭГ, методы обучения ЭЭГ, в частности использование лабораторных практикумов, интерактивных курсов. Формулируются основные принципы снятия ЭЭГ. Анализируются современные подходы к обучению инженеров биомедицинских систем навыкам работы с электроэнцефалографом.

Ключевые слова: электроэнцефалография, прибор, биомедицинские системы, лабораторный практикум, интерактивные курсы.

В настоящее время электроэнцефалография (ЭЭГ) является повсеместно используемым и привычным методом оценки электрической активности головного мозга, однако его информативность и клиническая значимость очень высока. И ни один из существующих современных методов не заменяет обычную ЭЭГ. При обследовании можно выявить чрезвычайно опасные врожденные нарушения, некоторые из этих отклонений являются предвестниками высокого риска развития внезапной смерти. Зная это, можно предотвратить печальный исход. Вовремя проведенная ЭЭГ позволяет правильно поставить диагноз, назначить адекватное лечение, а также при необходимости качественно подготовить пациента к оперативному вмешательству. В данных условиях востребованы технически простые методы, не требующие больших экономических и временных затрат. Метод ЭЭГ целиком отвечает современным потребностям. Стоит отметить,

что практически во всех лечебно-профилактических учреждениях есть кабинеты электроэнцефалографии, поскольку данный метод функциональной диагностики носит огромный социально-значимый характер.

Электроэнцефалограф – медицинский электроизмерительный прибор, с помощью которого измеряют и регистрируют разность потенциалов между точками головного мозга, располагающимися в глубине или на его поверхности. Нужно понимать, что цифровая обработка сигналов гарантирует получение высококачественных кривых ЭЭГ, что, в свою очередь, позволяет врачам проводить более точную диагностику и постановку диагноза.

В связи с этим является важным вопрос обучения работе с электроэнцефалографом медицинского персонала, а также инженеров-разработчиков. В обязанности врача входит правильное расположение электродов на теле пациента, соблюдение условий, в которых должна сниматься ЭЭГ, знание режимов работы электроэнцефалографа, предназначения его узлов и элементов. Также врач должен уметь анализировать полученный результат и ставить по нему верный диагноз.

Для инженеров является важным вопрос правильного проектирования аппарата, который будет отвечать всем современным требованиям. Биомедицинская техника обладает своей спецификой, поскольку работа с биосигналами требует определенных технических решений. Для этих целей студентам-инженерам, обучающимся по направлению биотехнических и медицинских систем, необходимо понимать принцип работы аппаратов и уметь ими пользоваться [10].

В настоящее время существует множество методов обучения ЭЭГ. Среди них можно выделить видеоресурсы и лабораторные практикумы.

Условную классификацию методов обучения можно изобразить схематично.

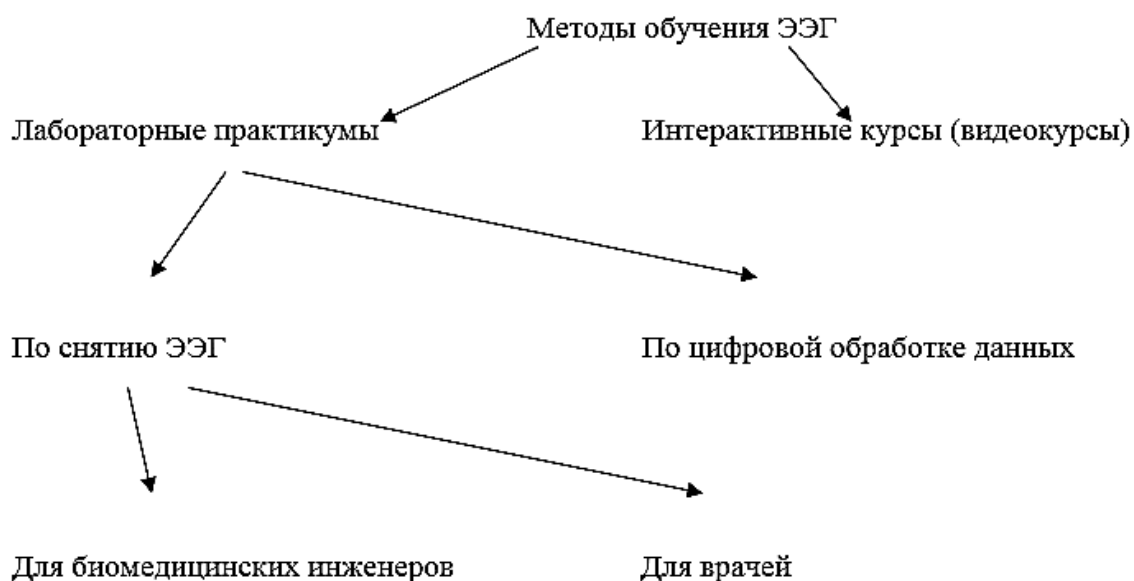


Рисунок 1. Методы обучения ЭЭГ

Рис. 1. Методы обучения ЭЭГ

В современных условиях становится актуальной задача разработки и внедрения в практику новых медицинских технологий, в том числе диагностических систем и комплексов, позволяющих повышать эффективность лечебно-диагностического процесса и сокращать экономические и трудовые потери. В этой связи возрастает роль и значение функциональных методов исследования, которые широко применяются с целью раннего выявления патологии, дифференциальной диагностики различных заболеваний и контроля эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий. Главной целью становится приобретение клиническими ординаторами необходимых знаний, умений и практических навыков интерпретации ЭЭГ, определенных программой обучения для достижения уровня компетенции и выполнения функций, предусмотренных требованиями квалификационной характеристики специалиста-врача функциональной диагностики для выполнения диагностических исследований.

Существуют ряд лабораторных практикумов для студентов-медиков и студентов-психологов, в которых рассматриваются вопросы подключения прибора, снятия потенциалов, интерпретация полученных результатов и постановка диагноза. Примером может стать «Учебно-методический комплекс по дисциплине

«Практическая полиграфия», разработанный в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского. В данном методическом комплексе рассматривается устройство и принцип работы полиграфа. В контексте полиграфии рассматривается возможность применения электроэнцефалографа, основные функции и процесс использования прибора. Пособие содержит задания для практических занятий и самостоятельной работы, список литературы, вопросы для защиты и предназначено для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 030300 «Психология» (магистерские программы «Организационная психология» и «Психофизиология»), изучающих курс «Практическая полиграфия» [2].

Также представляют интерес «Лабораторные и практические занятия к курсу психофизиологии» разработанные и применяемые на факультете психологии Санкт-Петербургского Государственного Университета. В данном методическом курсе приводится порядок психологического исследования и роль в этом исследовании ЭЭГ. В частности, предусматривается проведение лабораторной работы, в основу которой положено ознакомление с наиболее распространенными в исследовательской деятельности электрофизиологическими методами и методами обработки информации. Уделено большое внимание исследованию деятельности центральной нервной системы, которое отражено в комплексе занятий [3].

Как уже было отмечено выше, для получения истинных результатов обследования необходимо, чтобы электроэнцефалограф был спроектирован в соответствии с техническими требованиями и нормами, с использованием современных технологий. Так компанией НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор» разработан ряд лабораторных работ для студентов, которые учатся на биомедицинских инженеров [4]. Для обучения пользования электроэнцефалографом, изучения его основных узлов, технических характеристик, а также базовых знаний, необходимых для разработки прибора, разработана учебная установка ФМБ-9К.

Установка учебная лабораторная ФМБ-9К предназначена для изучения принципа работы электроэнцефалографа и теории электроэнцефалографии. Лабораторный модуль используется для постановки лабораторных работ по курсу «Медицинская и биологическая физика» в физическом практикуме вузов. Все элементы модуля выполнены в едином настроенном блоке и в процессе эксплуатации не требуют вмешательства пользователя.

Установка может быть использована в различных курсах, изучающих основы цифровой техники, медицинской, биологической физики и электроники в высших и средних специальных учебных заведениях.

В методическом практикуме, сопровождающем установку, рассмотрены основные принципы снятия ЭЭГ, которые применимы в любом практикуме как для инженеров, так и для врачей. В руководстве объясняется, как лучше расположить пациента и обработать поверхность кожи под электродами, для достижения лучших результатов исследования и минимизации артефактов.

ЭЭГ регистрирует разность потенциалов между двумя точками поверхности головы обследуемого. Соответственно этому на каждый канал регистрации подаются напряжения, отведенные двумя электродами: одно – на положительный, другое – на отрицательный вход канала усиления. Electrodes for electroencephalography represent themselves as metallic plates or rods of different forms. Usually, the transverse diameter of the electrode, having the form of a disk, constitutes about 1 cm. The widest spread got two types of electrodes – bridge and cup-shaped. Bridge electrode represents itself as a metallic rod, fixed in a holder. The lower end of the rod, contacting with the skin of the head, is covered with a hygroscopic material, which before the installation is moistened with an isotonic solution of sodium chloride. The electrode is fixed with the help of a rubber band in such a way, that the contact lower end of the metallic rod is pressed against the skin of the head. To the opposite end of the rod, they connect the leading wire with the help of a standard clamp or plug. The advantage of such electrodes is the speed and simplicity of their connection, the absence of the necessity to use a special

электродную пасту, поскольку гигроскопический контактный материал долго удерживает и постепенно выделяет на поверхность кожи изотонический раствор хлорида натрия. Использование электродов этого типа предпочтительно при обследовании контактных больных, способных находиться сидя или полулежа.

При обследовании маленьких детей и больных с нарушением сознания и контакта с окружающими при долговременных записях и исследованиях предпочтительны чашечковые электроды, имеющие форму диска с приподнятыми краями, к которому припаян провод. Чашечка заполняется контактной электродной пастой, содержащей помимо раствора хлорида натрия желеобразные связующие и некоторые вещества, размягчающие верхний слой эпидермиса. Электрод крепят на голове с помощью специальной резиновой шапочки, липкой ленты или приклеивают коллодием. Волосы раздвигают, кожу тщательно протирают спиртом для удаления жировой пленки, образуемой выделениями сальных желез, сильно увеличивающей сопротивление в области контакта электрода с кожей и способствующей тем самым возникновению помех от внешних электромагнитных полей. После отведения электрические потенциалы подаются на входы усилительно – регистрирующих устройств.

Поскольку, как уже указывалось, ЭЭГ отображает уровень функциональной активности мозга и весьма чувствительна к изменениям уровня внимания, эмоциональному состоянию, воздействию внешних факторов, пациент во время исследования должен находиться в свето- и звукоизолированном помещении. Предпочтительным является положение обследуемого полулежа в удобном кресле, мышцы расслаблены. Голова покоится на специальном подголовнике. Необходимость расслабления, помимо обеспечения максимального покоя обследуемого, определяется тем, что напряжение мышц, особенно головы и шеи, сопровождается появлением артефактов ЭМГ в записи. Глаза пациента во время исследования должны быть закрыты, так как при этом наблюдается наибольшая выраженность нормального альфа-ритма на ЭЭГ, а также некоторых патологических феноменов у больных. Кроме того, при открытых глазах обследуемые, как правило, двигают глазными яблоками и совершают мигательные движения,

что сопровождается появлением на ЭЭГ глазодвигательных артефактов. Перед проведением исследования больному объясняют его суть, говорят о его безвредности и безболезненности, излагают общий порядок процедуры и указывают ее приблизительную продолжительность [4].

Современные электроэнцефалографы в лечебно-профилактических целях используют цифровую обработку данных. Цифровые электроэнцефалографы имеют значительные преимущества в отношении анализа и обработки сигналов, автоматизации управления и самоконтроля в процессе регистрации ЭЭГ. Программы обработки сигналов и программы автоматического управления электрокардиографом содержатся в постоянном запоминающем устройстве прибора, а в блоке оперативной памяти хранятся дискретные значения регистрируемых сигналов. Методы цифровой фильтрации при обработке сигналов обеспечивают автоматическую центровку и регулировку усиления (масштаба) записи, определение максимальных и минимальных значений регистрируемых элементов ЭЭГ, сведение к минимуму артефактных смещений. При подключении к компьютеру можно визуально наблюдать картину ЭЭГ.

В связи с массовым применением цифровых электроэнцефалографов для биомедицинских инженеров, занимающихся цифровой обработкой данных медицинской техники, были разработаны лабораторные практикумы, в которых вопрос обработки рассматривается с технической точки зрения.

Американской компанией «ClevelandMedicalDevicesInc» [5] был разработан курс обучения ЭЭГ, который включает в себя методические указания и программное обеспечение CleveLabs, которое базируется на платформах MATLAB и LabVIEW [14]. Решение проблем обработки сигнала достигается за счет преобразования Фурье.

Как вы увидите в примерах, приведенных в различных лабораторных, есть разные типы из ЭЭГ, которые можно снять с мозга на основе расположения электродов, поверхности вокруг электродов и клинических условиях. Один из методов диагностики нарушений – визуальный осмотр сигналов ЭЭГ квалифициро-

ванным врачом. Тем не менее, эти результаты не всегда доступны для восприятия даже квалифицированным специалистом. Таким образом, выгодно использовать компьютер с базовыми программами количественной оценки сигнала ЭЭГ, которые классифицируют его как частные клинические состояния. Некоторые инструменты предназначены для того, чтобы обеспечить количественный анализ временных и спектральных компонентов сигнала ЭЭГ. Спектральный анализ ЭЭГ позволяет получить тонкую характеристику частотного состава ЭЭГ в количественных величинах. На спектрограммах находит отражение мощность [мкВ²] или амплитуда [мкВ] частотных составляющих ЭЭГ за данный исследуемый отрезок времени. Это дает возможность определить соотношение разных ритмов, составляющих ЭЭГ, и выявить те частоты, которые не определяются при визуальном анализе в связи с их малой амплитудой или замаскированностью другими ритмами. Спектр мощности ЭЭГ может быть вычислен с помощью быстрого преобразование Фурье.

Программа CleveLabs предоставляет совместный частотно – временной анализ (JFТА). Этот метод позволяет анализировать сигналы времени и частоты одновременно. Это полезный инструмент для анализа нестационарных сигналов. По существу, этот метод дает понять, какие частоты проявляются в какое время. Графическое представление показывает, как спектр мощности сигнала изменяется с течением времени. Основной подход заключается в разделении сигнала на несколько дискретных интервалов, которые могут перекрываться. Преобразование Фурье применяется к каждому блоку данных для иллюстрации частотных компонентов каждого блока. Размер дискретных интервалов определяется точностью времени. Другими словами, чем меньше дискретные временные блоки, тем лучше временное разрешение. Тем не менее, в этом способе существует компромисс. Разрешение по частоте может быть обратно временному разрешению. Это известно как «эффект окна». Чем меньше дискретный интервала времени, тем меньше разрешение по частоте.

Другие алгоритмы, которые могут быть использованы в способе совместного частотно-временного анализа включают в себя адаптивные спектрограммы,

распределение Кой–Уильямса, конусообразное распределение, распределение Вигнера–Вилла и спектр Габора. Каждый алгоритм имеет особое влияние на временные и частотные разрешения и скорость вычислений. Алгоритм Габора расширяет сигнал в виде набора взвешенных частотно-модулированных гауссовских функций и является обратным к кратковременному преобразованию Фурье. Он обладает хорошим временным и частотным разрешением и умеренным алгоритмом вычислений. Алгоритм Вигнера–Вилла дает высокое разрешение по времени и частоте, но страдает от поперечных помех. Этот алгоритм позволяет быстро проводить вычисления и не страдает от «оконных эффектов». Алгоритмы класса Козна, такие как Кой-Уильямса и конусообразные распределения предназначены для уменьшения помех. Оба алгоритма обеспечивают хорошее время и частоту ответа, но вычисляют они медленно. В итоге, специалистом выбирается один из методов, который наиболее подходит для решения поставленных задач [3, 15, 17].

В данной работе необходимо уделить внимание такому аспекту ЭЭГ, как вызванные потенциалы. Вызванные потенциалы (ВП) головного мозга – метод, связанный с выделением слабых и сверхслабых изменений электрической активности мозга в ответ на стимул (звуковой, световой, соматосенсорный и т. д.) и широко используется благодаря применению для их регистрации компьютерной техники. В ряде изученных лабораторных практикумов используется метод вызванных потенциалов. Например, в учебно-методическом пособии «Физиология нервной системы» Казанского федерального университета рассмотрены лабораторные работы, в задания которых входят эксперименты со стимуляцией определенных зон головного мозга [1, 6]. В частности, предлагается провести снятие и обработку ЭЭГ с закрытыми и открытыми глазами. Изучаются альфа-, бета-, гамма-и тета-ритмы.

Альфа-ритм – ЭЭГ взрослого человека в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами наблюдается в полосе частот от 8 до 13 Гц, средняя амплитуда волн – 30–70 мкВ, могут, однако, наблюдаться высоко- и низкоамплитудные α -волны. Альфа-ритм регистрируется у 85–95% здоровых взрослых,

лучше всего выражен в затылочных отделах. Для этого ритма характерно возникновение спонтанных изменений амплитуды (модуляции α -ритма), выражающихся в чередующемся нарастании и снижении амплитуды волн с образованием так называемых «веретён», длительность которых чаще всего колеблется от 2 до 8 сек. Блокируется или ослабляется при повышении внимания (в особенности зрительного) или мыслительной активности.

Бета-ритм наблюдается у активно бодрствующих индивидов, которые возбуждены или напряжены умственно, и также возникают во время глубокого сна, в фазе REM (RapidEyeMovement) – быстрого сна, когда наблюдаются быстрые движения глаз. Амплитуда бета-ритмов обычно ниже, чем альфа-ритмов, что связано с десинхронизацией альфа-волн.

Дельта- и тета-ритмы – это низкочастотные ЭЭГ ритмы, которые обычно возникают во время медленного сна (во время которого отсутствуют быстрые движения глаз), когда люди переходят от начальной стадии сна к глубокой (до фазы REM). Дельта и тета-ритмы также могут регистрироваться и у бодрствующих людей во время эмоциональных реакций на негативные ситуации или события или во время напряжённой умственной деятельности, требующей особой сосредоточенности[18]

Во время лабораторной работы студенты изучают влияние различных стимуляций на картину ЭЭГ. Важно рассмотреть и зафиксировать, в какой момент времени и при какой стимуляции был активен тот или иной ритм.

Результаты измерений вписываются в таблицы соответствия ритмов и стимуляций нервной системы.

В рассмотренном ранее курсе CleverLabs много информации посвященной тому, как правильно подключить прибор к пациенту, для получения лучшего сигнала. Чем качественнее инженер получит результат, тем правильнее будут его выводы. Кроме того, понимание эргономичности прибора и наилучшее расположение контактов на пациенте можно получить только экспериментальным путем. В данном лабораторном курсе приводится пример описания процедуры

подключения контактов. Для наглядности приведены схемы и фотографии [12, 13, 14, 19].

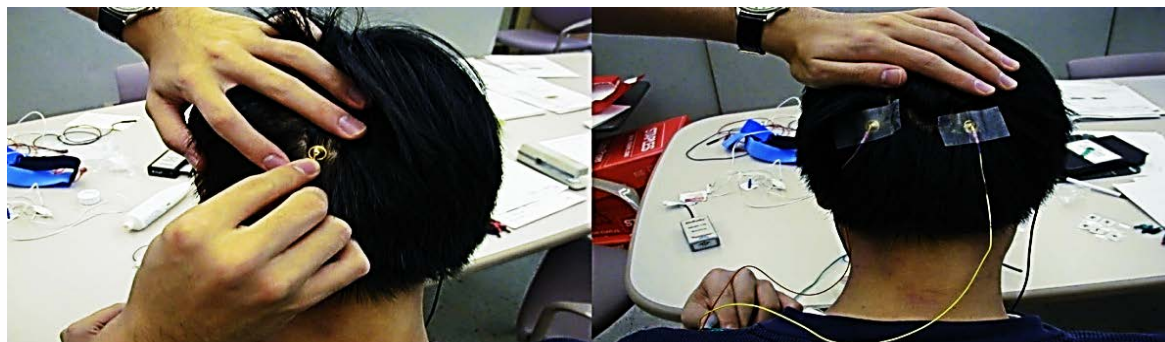


Рис. 2. Подключение электродов к голове испытуемого [1]

Метод, названный «системой 10–20», был разработан для размещения электродов на коже головы во время записи ЭЭГ. 10 и 20 в названии означают процент расстояний электродов друг от друга в пропорции к размеру головы (рис. 3). Система 10–20 применяется к волосистой части головы – коре головного мозга. Место электрода, в соответствии с системой, обозначается буквой с последующим номером. Используемые буквы: F, T, C, P, O. Эти обозначения соответствуют височной, центральной, теменной, и затылочной долям мозга соответственно. В номере указанная позиция соответствует левой или правой стороне головы. Четные числа расположены на правом полушарии, а нечетные числа находятся слева. Некоторые буквы сопровождаются индексом Z. Z обозначает среднюю линию головы.

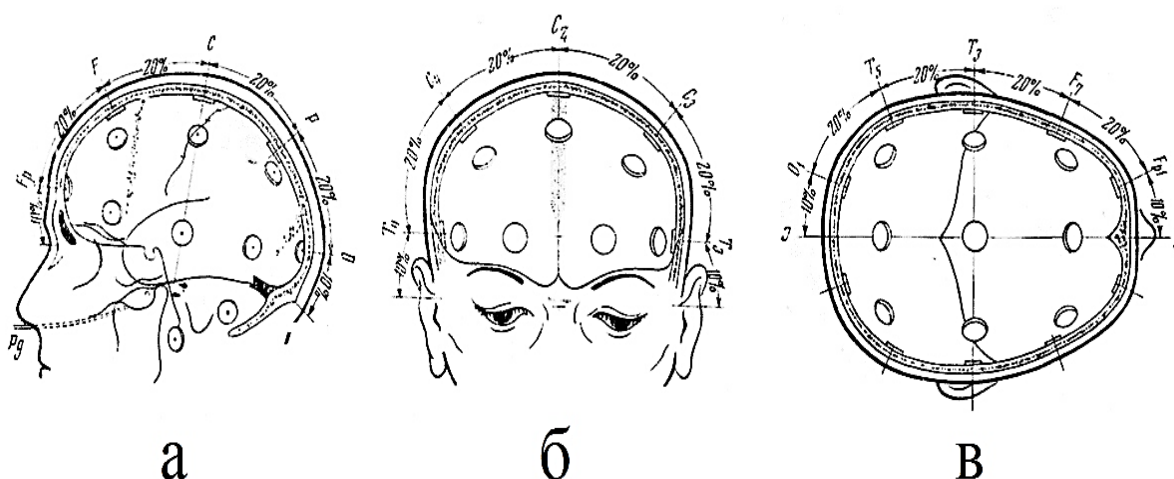


Рис. 3. Схема расположения электродов в системе 10–20

(а – вид слева, б – вид спереди, в – вид сзади)

В данном курсе особое внимание уделено схемам расположения электродов на голове пациента. Порядок выполнения работы похож на упрощенный вариант существующего методического руководства, по которому проводятся лабораторные эксперименты с ЭЭГ в рамках предмета «Системы функциональной диагностики». Он примечателен тем, что подключаются только 4 контактных электрода, помимо отведенных к мочкам уха и заземления.

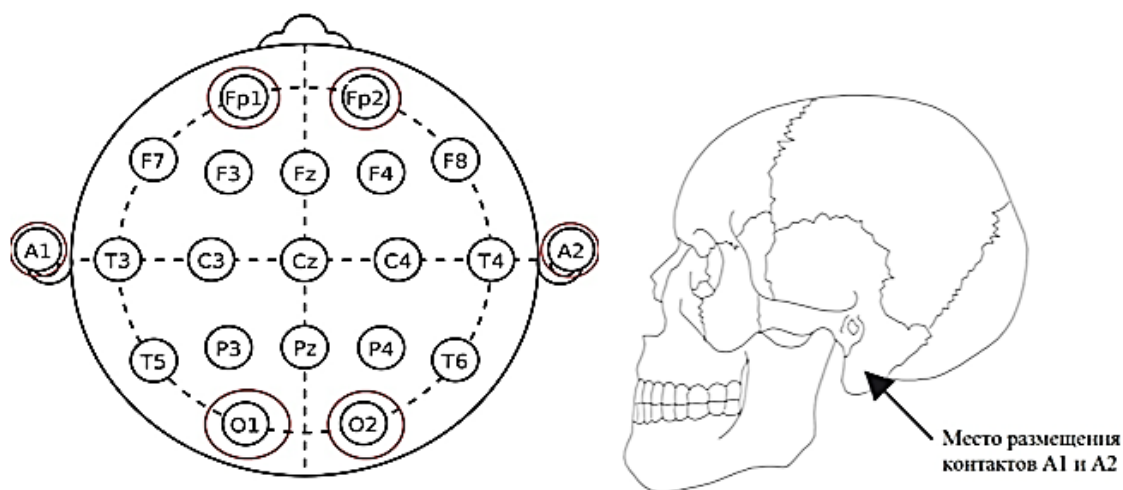


Рис. 4. Схема расположения электродов O1, O2, Fp1, Fp2, A1, A2

В современной ЭЭГ большое внимание уделяется методам крепежа электродов к голове пациента. Наличие волос, нестабильность крепежных пластин не должно становиться помехой. Решение проблемы – специальные шапочки или резиновые направляющие. Они позволяют обеспечить наилучший контакт с кожей головы и исключить подвижность электродов.

Если необходимо дистанционно обучить человека методам работы с электроэнцефалографом, дать ему стартовые знания о ЭЭГ, всегда можно найти в Интернете массу интерактивных курсов и видеоуроков. Например, российская компания ООО научно-производственно-конструкторская фирма «Медиком МТД» разрабатывает и производит высокотехнологичное медицинское оборудование для функциональной диагностики, нейрофизиологии и реабилитации. К каждому прибору прилагается видеоурок, который можно свободно найти как

на официальном сайте, так и на сервис YouTube. На видео максимально подробно изложена и продемонстрирована процедура подключения прибора и снятия показаний. Доступны версии на русском и английском языках [16].

Много видеокурсов представлены иностранными компаниями, разрабатывающими медицинскую технику. Например, ряд видеороликов предлагает галвестонский факультет медицинской техники Техасского университета [21].

В рамках изучения современных дистанционных курсов обучения ЭЭГ большой интерес представляет компания ILAE (Интернациональная лига по борьбе с эпилепсией). В рамках данной компании организована программа VIREPA (Интернациональная лига по борьбе с эпилепсией. Виртуальная академия), которая представляет различные онлайн-курсы [7].

Лабораторный курс по обучению ЭЭГ необходим в программе обучения как студентов-медиков, так и биомедицинских инженеров.

В лабораторном курсе для биомедицинских инженеров не должна ставиться цель интерпретации полученных данных.

Разрабатывая методические указания к лабораторной работе, следует уделить особое внимание основным узлам прибора и его функциональным особенностям.

Студентам, для лучшего результата работы с прибором необходимо знать основные принципы снятия ЭЭГ.

Задача компьютерной интерпретации сигнала ЭЭГ не является приоритетной в учебном курсе «Системы функциональной диагностики» и не будет включена в лабораторный практикум по данному предмету.

Метод вызванных потенциалов представляет собой очень важную часть обучения ЭЭГ и должен присутствовать в перечне заданий к лабораторным работам для наблюдения влияния различных стимуляций на ритмы головного мозга.

Видеоуроки и дистанционные курсы могут быть применены для частичного ознакомления с процедурой регистрации ЭЭГ и для повышения квалификации врачей.

Сравнивая лабораторные практикумы и дистанционные курсы, можно сказать, что лабораторные работы имеют преимущества для лучшего обучения биомедицинских инженеров.

Список литературы

1. Герасимова Е.В., Хазипов Р.Н., Ситдикова Г.Ф. Физиология нервной системы. Учебно-методическое пособие. – Казань, 2012.
2. Захарова Л.Н., Парин С.Б., Полевая С.А. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Практическая полиграфия». – Нижний Новгород, 2012.
3. Клинический и статистический анализ электроэнцефалограмм. Учебно-методическое пособие (для студентов специальности 014000 «Медицинская физика» и магистерской программы 510424 «Медицинская физика») / сост. канд. физ.-мат. наук, доц. В.В. Гольдяпин. – Омск: Издательство Омского государственного университета, 2011.
4. Балин В.Д. Методические указания по курсу «Психофизиология». – СПб: Центр оперативной полиграфии СПбГУ, 1996.
5. Методическое руководство по выполнению лабораторных работ. Лабораторная работа «Модель ЭЭГ. Изучение принципов работы электроэнцефалографа». НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор». – Тула, 2012.
6. Мышкин И.Ю. Электрофизиологические методы исследования. – Ярославль, 2002.
7. Сайт дистанционного курса VIREPA Distance Education Program [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ilae.org/Visitors/Centre/VIREPA.cfm>
8. Сайт компании ClevelandMedicalDevicesInc., Cleveland, OH. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.clevemed.com>
9. Сайт компании НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.physexperiment.narod.ru/index.html>
10. Adeli H., Ghosh-Dastidar S. Automated EEG-based diagnosis of neurological disorders. BocaRaton, CRC Press, 2010.

11. CleveLabs Laboratory Course System Version 6.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ece.mcmaster.ca/faculty/debruin/EE%20791/EEG_I_Student.pdf
12. GoldbergerAL, AmaralLAN, GlassL, HausdorffJM, IvanovPCh, MarkRG, MietusJE, MoodyGB, PengCK, StanleyHE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals, 2000.
13. Guyton and Hall. Textbook of Medical Physiology, 9th Edition, Saunders, Philadelphia, 1996.
14. CleveLabs Laboratory Course System Version 6.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ece.mcmaster.ca/faculty/debruin/EE%20791/EEG_I_Student.pdf, http://www.ece.mcmaster.ca/faculty/debruin/EE%20791/EEG_II_Student.pdf
15. Kooi, Kenneth A. Fundamentals of Electroencephalography, Harper & Row, Hagerstown, MD. 2nd Ed, 1978.
16. Medicom MTDLtd.EEG-electrodes set ES-EEG-10/20 «Encephalan-ES» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.youtube.com/watch?v=SEj4DoUtYlw>
17. National Instruments Corporation. Signal Processing Toolset User's Manual. December 2002 Edition.
18. Quigg M. EEG pearls Philadelphia: Mosby Elsevier, 2006.
19. SchomerD.H., Lopes da Silva F.H. Niedermeyer's Electroencephalography. N.-Y., Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
20. The role of EEG in the Diagnosis and Management of Epilepsy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ilae.org/visitors/documents/announcementteegbasic_6.adapted.ilaewebsitefor2011-12.pdf
21. UTMB Galveston. How to set up and perform an EEG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.youtube.com/watch?v=955_2Tt5dQw