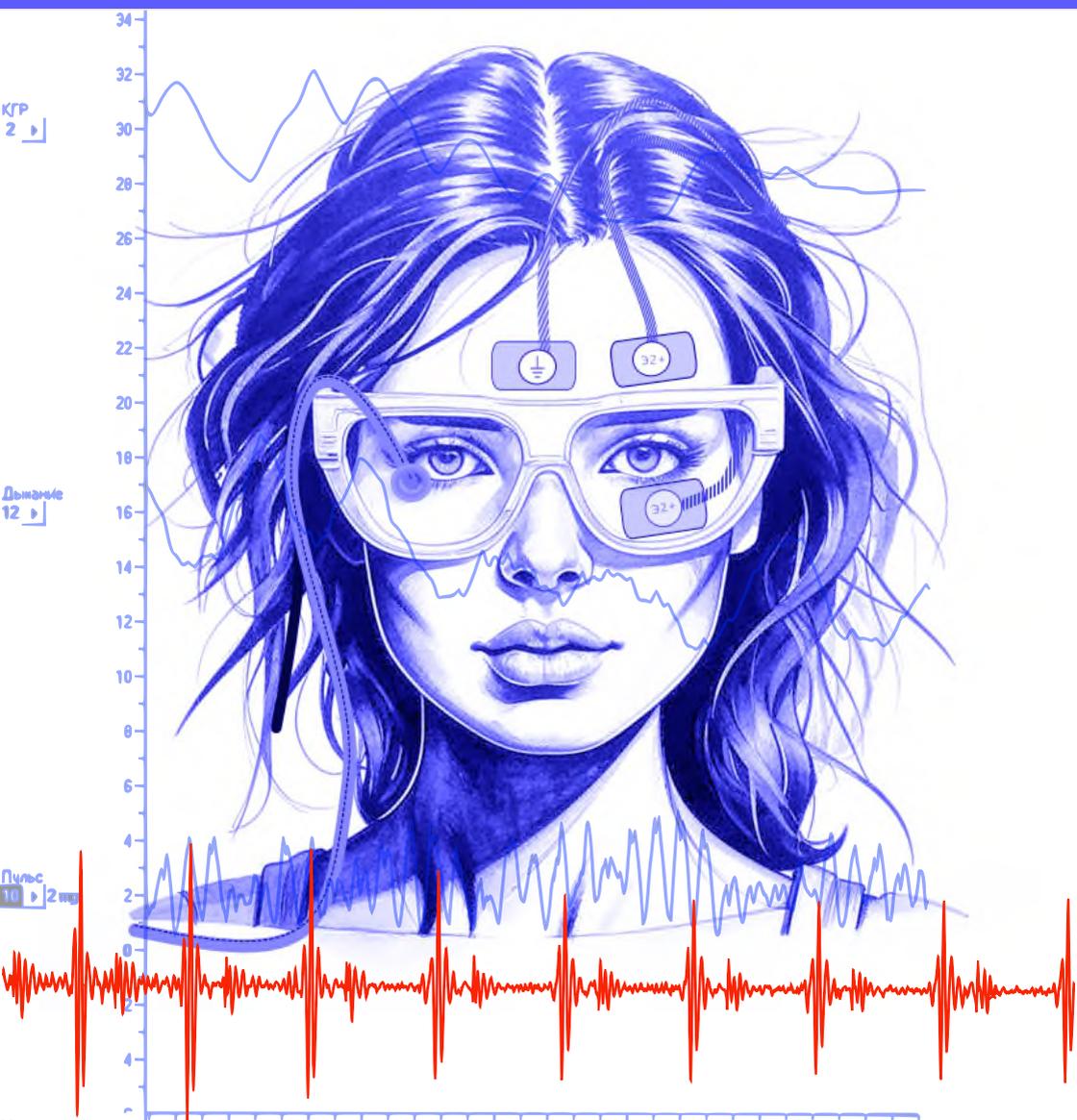


ФИЗИОЛОГИЯ НА СЕБЕ

(второе издание, расширенное и дополненное)



учебно-методическое пособие
для практических занятий под редакцией
Свешникова Д.С. и Якуниной Е.Б.

Москва 2025

ФИЗИОЛОГИЯ НА СЕБЕ

Под общей редакцией
Д.С. Свешникова и Е.Б. Якуниной

Рекомендовано
Координационным советом по здравоохранению и медицинским
наукам ФГАОУ ВО Первого МГМУ имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
в качестве учебно-методического пособия для использования
в образовательных учреждениях, реализующих основные
профессиональные образовательные программы
высшего образования уровня специалитета
по направлениям подготовки 31.05.01 «Лечебное дело»,
31.05.03 «Стоматология», 33.05.01 «Фармация»
Регистрационный номер рецензии:
2957 ЭКУ от 19 декабря 2024 г.

Москва
Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы
2025

УДК 612(072.8)
ББК 28.707.3я73
Ф50

Утверждено
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов

Рецензенты:

доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой нормальной физиологии
Северного Государственного медицинского университета *Г.Н. Кострова*;
доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии и патологии
факультета фундаментальной медицины МГУ *С.А. Гаврилова*

Авторы:

***З.В. Бакаева, Д.Ю. Измайлов, О.В. Манкаева, П.А. Продиус,
Д.С. Свешников, В.И. Торшин, Д.Е. Шумов, Е.Б. Якунина***

Ф50 Физиология на себе : учебное пособие / З. В. Бакаева,
Д. Ю. Измайлов, О. В. Манкаева [и др.] ; под общей редак-
цией Д. С. Свешникова и Е. Б. Якуниной. – 2-е изд, испр.
и доп. – Москва : РУДН, 2025. – 523 с. : ил.

Пособие создано в соответствии с Федеральными Государственными образовательными стандартами высшего образования по специальностям: 31.05.01 (Лечебное дело), 31.05.03 (Стоматология), 33.05.01 (Фармация) и предназначено для самостоятельного проведения лабораторных работ по подавляющему большинству разделов нормальной физиологии.

Работы проводятся на современном отечественном универсальном оборудовании «Биожезл». Издание может использоваться также аспирантами и преподавателями вузов медицинского, биологического, спортивного и педагогического профилей, осуществляющими тематическое усовершенствование на краткосрочных курсах повышения квалификации по дисциплине «Нормальная физиология».

ISBN 978-5-209-3474: /2

© Коллектив авторов, 2025
© Свешников Д.С., Якунина Е.Б., ред., 2025
© Оформление. Российский университет
дружбы народов, 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ КО 2-МУ ИЗДАНИЮ

Настоящее руководство представляет собой сборник, в котором изложена методика проведения ряда функциональных проб на человеке. Темы учебного пособия охватывают практически все разделы, изучаемых в курсе физиологии. С момента выхода первого издания прошло 5 лет. Исходя из практического опыта использования системы «Биожезл», и ориентируясь на отсутствие специальных знаний и навыков у студентов, авторы сочли необходимым ввести в данное руководство ознакомительную работу для освоения студентами основных элементов ПО «PowerGraph». В настоящий момент это программное обеспечение является основным средством объективной регистрации и анализа физиологических процессов организма человека. В руководство добавлены новые работы, связанные с электрической стимуляцией: вызванные потенциалы, тетанус и другие.

Вместе с тем, одной из целей создания нашего учебного пособия является адаптация будущих врачей к клиническим инструментальным исследованиям и формирование навыков работы на специализированном оборудовании. Мы непрерывно расширяем список работ, совершенствуя ПО, подключая новые датчики и устройства, а также, используя обратную связь с преподавателями и практикующими врачами, воплощаем в жизнь их идеи.

Создатели учебного пособия открыты для сотрудничества и приветствуют потенциальных соавторов будущих изданий руководства. По вопросам, связанным с приобретением аппаратно-программного комплекса «Биожезл», а также вопросам, связанным с обучением и курсами повышения квалификации обращайтесь в компанию ДИСофт.

E-mail: soft@powergraph.ru

Сайт: [http:// www.powergraph.ru/biorecord/](http://www.powergraph.ru/biorecord/)

Телефон: +7(495)961-47-30

ВВЕДЕНИЕ

Образование в России в XXI веке стало гуманизированным, поэтому отказ от опытов на животных на физиологическом лабораторном практикуме потребовал полноценной замены опытов на животных функциональными пробами на человеке. Приобретение и дальнейшее использование дорогостоящего оборудования, применяемого в клинике, не обеспечивает должного уровня наглядности. Кроме того, для управления такими приборами требуются определенные навыки, отсутствующие у студентов, делающих первые шаги в изучении физиологии. Клиническое оборудование обычно предназначено для выполнения небольшого количества задач, что не удовлетворяет экономическим требованиям, предъявляемых к обеспечению учебного процесса. С учетом реально существующих особенностей учебных программ и планов занятий, указанные специализированные приборы могут использоваться на протяжении одной - двух не-

дель учебного года, остальное время находясь в простое. Быстрое моральное устаревание медицинского оборудования, его высокая стоимость, делают подобный способ модернизации практикума неэффективным.

Кроме того, не следует забывать и о юридической стороне дела: медицинское оборудование нуждается в периодических профилактических ремонтах, метрологических поверках. Эти мероприятия должны осуществляться инженерами, наличие которых не всегда предусматривается штатом учебных заведений.

Однако есть и еще один немаловажный ограничивающий момент: для допуска к работе с медоборудованием персоналу должна быть присвоена I группа допуска работы по электробезопасности, о которых многие преподаватели и не подозревают. Что и говорить о студентах, пришедших на практическое занятие – они *a priori* не могут соответствовать необходимым квалификационным требованиям. Налицо тупиковая ситуа-

ция: преподаватели с точки зрения закона не могут обучать студента, поскольку не имеют необходимых разрешений, а желающие получить навыки не могут обучаться по аналогичной причине.

К тому же в условиях настоящих санкций оснащение практикума дорогостоящим универсальным оборудованием от зарубежных производителей стало крайне сложно и экономически неоправданно. Поэтому необходимо ориентироваться на отечественную продукцию, а также недорогие устройства, разрешенные к использованию в быту, благодаря которым появилась возможность вывести биологический сигнал на программу – самописец. Таким образом вполне возможно обеспечить наглядность при помощи средств для визуализации и обработки сигналов в реальном времени.

Кроме того, нельзя не согласиться также с тем, что для обучения основам физиологии вовсе нет необходимости использовать настоящее меди-

цинское оборудование, вполне достаточно и учебных приборов и пособий, лишь бы они отвечали бытовым требованиям безопасности. Однако в настоящий момент подобных учебно-методических комплексов для медицинского и биологического образования в России практически не существует.

Объединениями усилий сотрудников кафедр нормальной физиологии РУДН, биофизики факультета фундаментальной медицины МГУ и лаборатории нейробиологии сна и бодрствования ИФ ИВНД РАН создана система регистрации и анализа физиологических сигналов для обучения студентов медицинских, биологических, педагогических и ряда других специальностей. Она безопасна, поскольку при работе не требует подключения к сети, протокол беспроводной передачи данных для связи с компьютером широко используется в быту и также безвреден для организма, работа с системой не требует никаких допусков и может использоваться

студентами на практикуме, гарантируя наглядность и полную вовлеченность на всех этапах работы.

Преимуществами системы «Биожезл» перед аналогами являются: абсолютная электробезопасность, универсальность, низкая стоимость комплектующих, портативность, изначальный русскоязычный интерфейс ПО, а также свобода движений испытуемого (рабочий радиус от передатчика до компьютера составляет 4-8 м). Отсутствие проводной связи с регистратором позволяет осуществлять, например, контроль функций сердечно-сосудистой системы при проведении вращательных проб. Система «Биожезл» состоит из *регистратора*, корпус которого выполнен в виде жезла, присоединяемых к нему *датчиков*, *ВТ-приемника*, *зарядного кабеля*, *амуниции* и других приспособлений для выполнения лабораторных работ. Внутри регистратора расположен беспроводной двухканальный усилитель биопотенциалов с датчиком давления, акселерометром и аккумулятором.

Сигналы от усилителя передаются на USB-приемник компьютера по протоколу Bluetooth (рис. 1). Компьютер ведет регистрацию и обработку данных с помощью программы-самописца для ОС Windows.

На вход усилителя, помимо биопотенциалов, можно подавать сигналы от разнообразных аналоговых датчиков, это существенно расширяет спектр возможностей системы «Биожезл». Управление оборудованием, проведение вычислений в реальном времени и после записи, формирование протоколов лабораторных работ осуществляются с помощью отечественного ПО «PowerGraph» для Windows. Подготовку к работам по стандартным протоколам значительно упрощают созданные для ПО «PowerGraph» настройки и текст данного руководства. На сегодняшний день реализованы работы практически по всем разделам физиологии. Регистрируются: ЭКГ, АД, ФКГ, ЭМГ,

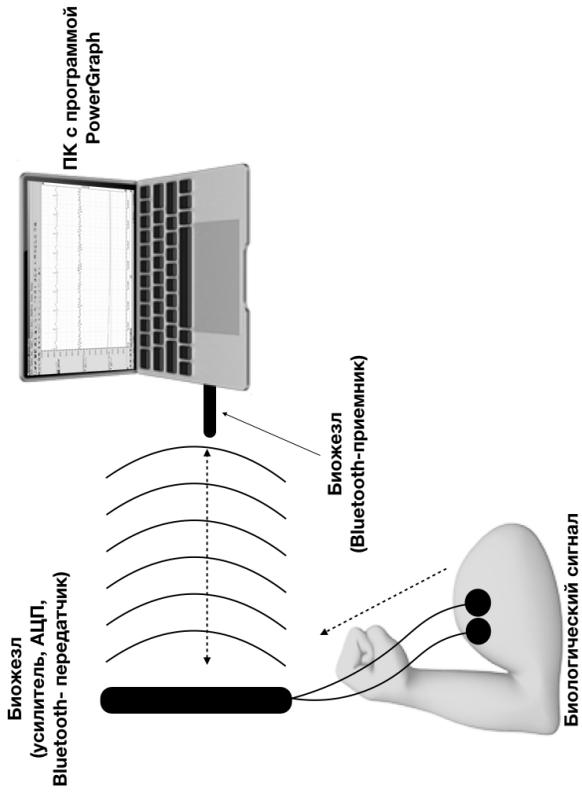


Рис. 1. Передача сигнала по беспроводному протоколу Bluetooth на приемник, подключенный к компьютеру

плетизмография, сейсмокардиограмма, скорость пульсовой волны, пневмограмма. Проводятся: динамометрия, электрогастрография, ЭЭГ, ЭОГ, исследование времени сенсомоторных реакций, исследуются КГР, измеряется время сухожильных рефлексов, осуществляются стимуляционные пробы (слуховые, зрительные вызванные потенциалы), регистрируются суммация мышечных сокращений и тетанус. Поскольку постоянно ведется разработка новых работ с использованием различных датчиков, этот перечень практических постоянно пополняется и данное издание включено уже 33 работы.

Физиология была, есть и будет экспериментальной наукой. Уверены, что наша импортозамещающая разработка уже в ближайшее время станет достойной заменой опытам на животных и новым «золотым стандартом» студенческого лабораторного практикума в ВУЗах, где изучается физиология.



ЗНАКОМСТВО С СИСТЕМОЙ «БИОЖЕЗЛ»

НАЧАЛО РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ «БИОЖЕЗЛ»

Для выполнения лабораторных работ вначале следует ознакомиться с комплектацией системы Биожезл (см. Руководство по эксплуатации) и описанием программного обеспечения PowerGraph (см. справку к ПО PowerGraph). В этой части руководства мы представим лишь необходимые сведения для начала работы с системой: кратко опишем установку ПО и необходимых драйверов, а также наиболее важные моменты, связанные с регистрацией данных и фиксацией оборудования на теле испытуемого. Минимальные требования к оборудованию для работы с системой Биожезл:

1. Персональный компьютер (ПК), на котором будут проводиться лабораторные работы должен отвечать следующим минимальным системным требованиям:

- процессор Pentium-4 и выше,
- наличие встроенного порта USB,
- минимальный объем памяти RAM- 512 МБ,
- 100 МБ свободного места на жестком диске,

- видеоадаптер с VGA-выходом для подключения монитора или проектора,
- наличие звуковой карты и (возможно) оптического привода для DVD-дисков,
- операционная система Windows XP и выше¹.

2. Кроме ПК, для работы понадобится следующая периферия: монитор или видеопроектор, мышь, клавиатура, аудиокolonки (желательно с регулятором громкости).

После включения ПК и загрузки Windows приступают к установке ПО.

Установка программного обеспечения

Для сопряжения устройства «Биожезл» с компьютером необходимо установить ПО PowerGraph, в составе которого находятся и необходимые драйвера и файлы лицензии. Алгоритм установки программного обеспечения следующий:

1. Откройте папку Setup на представленном производителем носителе.

¹ При использовании других устройств, например пульсоксиметров, где используется стандарт передачи данных BTLE, минимальное требование – наличие Windows 10 и выше, а также совместимый BT-приемник.

2. Запустите файл «Setup.exe» и следуйте указаниям установщика, дождитесь завершения работы программы.
3. После установки, в меню «Программы» и на рабочем столе появятся ярлыки для программы «PowerGraph Professional».
4. Установка всего необходимого для работы с системой завершена.

Подключение регистратора

Подключите ВТ-приемник (см. рис. 1) в один из USB-портов вашего ПК.

Важно: ВТ-приемник не соединен проводами с основным корпусом регистратора и выглядит как отдельная деталь.

Для включения регистратора используют один из разъемов с датчиками из комплекта поставки. Успешное включение сопровождается световой пульсацией синей индикаторной лампы на корпусе прибора. Выключить регистратор также просто: извлекают разъем с датчиком и отсоеди-

няют его от от корпуса, в результате пульсация светового сигнала прекращается.

Все управление, начиная от сопряжения Биожезла с компьютером и заканчивая распечаткой полученных кривых, осуществляется программой PowerGraph.

Основные положения о регистрации данных с помощью системы Биожезл

Процесс передачи сигнала от испытуемого на компьютер осуществляется в несколько этапов (см. рис. 1):

- Биологический сигнал от датчиков, закрепленных на теле испытуемого, по проводам поступает к усилителю, встроенному в регистратор.
- Аналоговый (биологический) сигнал усиливается и преобразуется с помощью аналого-цифрового преобразователя регистратора в цифровой.

- Цифровой сигнал передается без проводов с помощью встроенного в регистратор радиопередатчика к приемнику.
- Приемник, вставленный в USB-разъем компьютера, передает сигнал на программу-самописец PowerGraph.
- ПО PowerGraph осуществляет создание, обработку, отображение, воспроизведение, печать и хранение файлов на цифровых носителях компьютера. PowerGraph также обеспечивает обратную связь, управляя регистратором.
- Создаваемые в ПО PowerGraph файлы имеют расширение *.pgc, также существует возможность экспортировать данные в текстовом формате *.txt.

Использование программного обеспечения PowerGraph для лабораторных работ.

1. Убедитесь в том, что USB-приемник вставлен в USB порт ПК, а индикатор на корпусе мигает.

2. Нажмите на ярлык программы «PowerGraph Professional» на рабочем столе монитора ПК или в «Программах».

3. В центре экрана возникнет диалоговое окно «Выбор АЦП». Из списка поддерживаемых устройств выберите драйвер под названием «BioRecorder». После установления соединения с регистратором, на USB-приемнике загорится зеленый индикатор.

4. Загрузится программный интерфейс ПО PowerGraph, состоящий из следующих частей (рис. 2):

А. Меню и панели инструментов – находится в верхней части главного окна программы. Доступны различные функции, наиболее важными для выполнения работ являются: загрузка на-

строек, сохранение файла, печать, открытие файлов.

А. В каждой работе используется меню «Анализ», подразделы которого позволяют проанализировать кривые.

В. Графический дисплей - в центральной части главного окна программы. Он выполняет роль бумаги самописца.

С. Шкала амплитуды сигналов – слева от графического дисплея. Шкала амплитуды масштабируется. На шкале амплитуды имеются инструменты управления кривой (каналом).

Д. Шкала времени – под графическим дисплеем. Отражает время записи, которая может масштабироваться.

Е. Информационная панель – справа сверху от графического дисплея. Отражает техническую информацию. Важными пунктами этой панели является частота оцифровки – число измерений

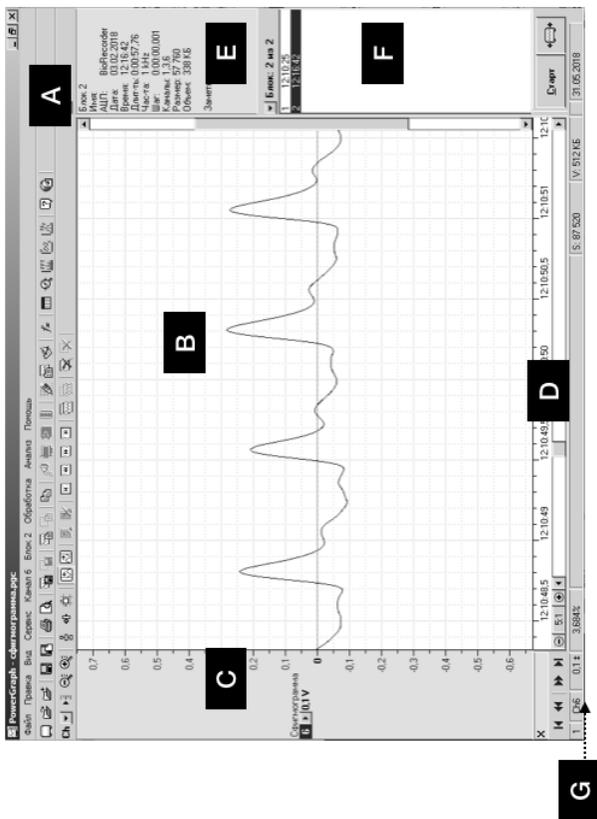


Рис. 2. Элементы программного интерфейса. Пояснения приведены в тексте.

за 1 с (выражена в Гц) и длительность записи (выражена в с.)

Г. Панель записи – справа снизу от графического дисплея. Здесь отображаются фрагменты записанного файла, называемые блоками. По умолчанию, наименование блоков соответствует времени создания записи. Блоки возникают после нажатия на кнопку «Старт» и остановки записи «Стоп» Блоки можно переименовывать.

Г. Строка состояния – в нижней части главного окна программы.

5. При первом входе в программу после загрузки пустого интерфейса следует войти в меню «Сервис», выбрать пункт «Настройки BioRecorder». В появившемся окне, во вкладке «режим ввода» для каналов 1 и 2 выставить положение «Вход» и нажать на кнопку «Закреть». Это необходимо сделать для того, чтобы встроенный в Биожезл усилитель смог принимать данные. Данную манипуляцию следует проде-

лать однократно – настройки сохранятся для для последующих сеансов работы с программой. В настройках также отображается и уровень заряда аккумулятора, установленного в регистраторе. Следующим действием следует зайти в меню «Файл», где выбрать вкладку «Загрузить настройки». Раскроется подменю, в котором будут перечислены настройки для всех перечисленных в данном руководстве работ. Настройки хранят следующую информацию: частоту оцифровки данных, число кривых в будущей записи, степень усиления сигналов, различные варианты обработки кривых и их отображение. Настройки необходимы для выполнения конкретной лабораторной работы.

6. Для начала регистрации необходимо нажать кнопку «Старт», расположенную на панели записи. Прекращение записи осуществляют нажатием на кнопку «Стоп».

7. Завершив регистрацию, сохраняют полученные данные в файл. Подчеркнем важность этого этапа, поскольку своевременное сохранение избавит от недоразумений, связанных с ошибочными действиями во время обработки данных и проведения других операций. Для сохранения данных в меню «Файл» выбирают пункт «Сохранить». В названии файла удобно указывать название лабораторной работы и данные по испытуемому, например: «Сфигмография_Иванов.pgs».

8. Для анализа полученных данных выделяют интересующий участок кривой, затем в меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений» (рис.3). В возникшем окне можно произвести ряд вычислений. Вычисления подразделяются по категориям, а в каждой категории существует разделение на функции. Выбрав необходимую категорию, отмечают одну или несколько функций, а затем нажимают на изображение шестеренки (F5

или «Функция – Вычислить»). В свободном поле появляются данные измерений. Если требуется, переходят в другую категорию и повторяют перечисленные шаги. Данные об измерениях, согласно протоколу лабораторной работы, вносят в таблицы. Для перехода к следующему участку кривой это окно закрывают.

9. В меню имеются и другие пункты. Их описание, а также более подробные инструкции по настройкам для определенной лабораторной работы представлены в тексте соответствующей работы.

Другие вопросы, связанные с работой в программе PowerGraph, решают с помощью встроенной в ПО справки (меню «Помощь – Справка»).

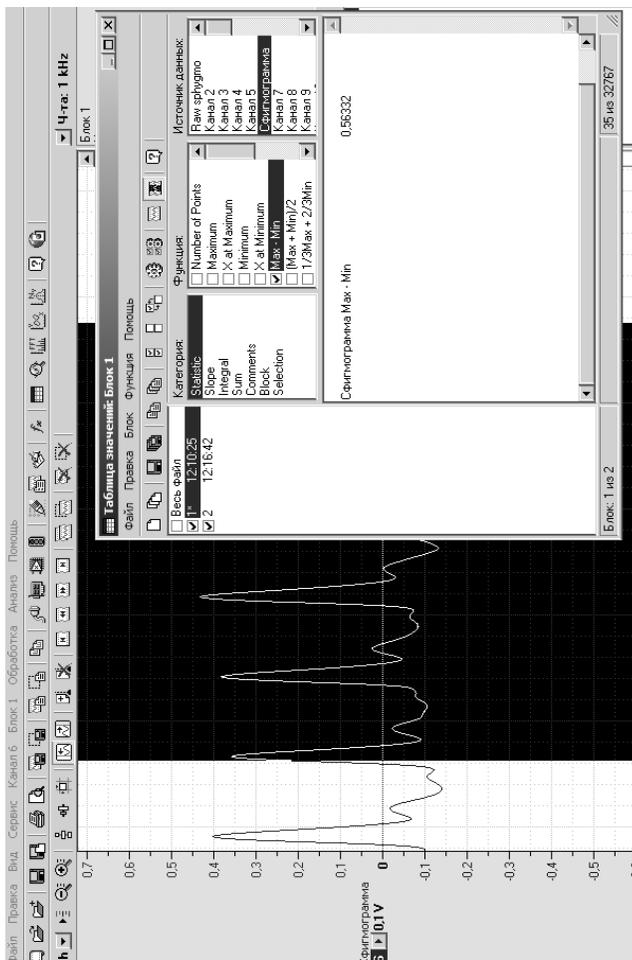


Рис. 3. Пример использования таблицы значений. Измеряется максимальная амплитуда сигнала на данном участке сигнотраммы

Фиксация регистратора на теле испытуемого

Корпус регистратора весит около 800 г, поэтому для удобства работы с устройством его необходимо закреплять на теле с помощью специального чехла, разгрузочных лямок и пояса, а также текстильных застежек-липучек. Перед началом работы следует предварительно ознакомиться с амуницией и по возможности заранее потренироваться фиксировать ее на теле испытуемого или манекене. Правильный крепеж является условием получения корректных физиологических кривых. Ниже приведем краткое руководство по работе с амуницией в типичных ситуациях:

Вначале осуществляют индивидуальную подгонку разгрузочной системы под испытуемого. На рис. 5 мы приводим наиболее простой и легкий способ, который хорошо зарекомендовал себя на практике. В результате, лямки свободно перемещаются по поясу, их высота быстро регу-

лируется, что важно, если работа проводится на разных испытуемых. После закрепления разгрузочной системы с помощью текстильных застежек к ней фиксируют чехол для регистратора. На рис. 4 приведены варианты таких креплений.

Различные варианты крепления регистратора отражены на рис. 7-13. Застежки-липучки (рис. 6) дают прочное соединение, они позволяют надежно фиксировать регистратор на теле испытуемых с различными анатомическими особенностями. Текстильные застежки закрепляют: на разгрузочных лямках (рис. 8), на поясе (рис. 8), на чехле, другой застежке или конечности (рис. 9–13).

Типичные неполадки и ответы на часто возникающие вопросы при работе с системой Биожезл.

1. При запуске ПО PowerGraph и выборе BioRecorder системе не удается обнаружить

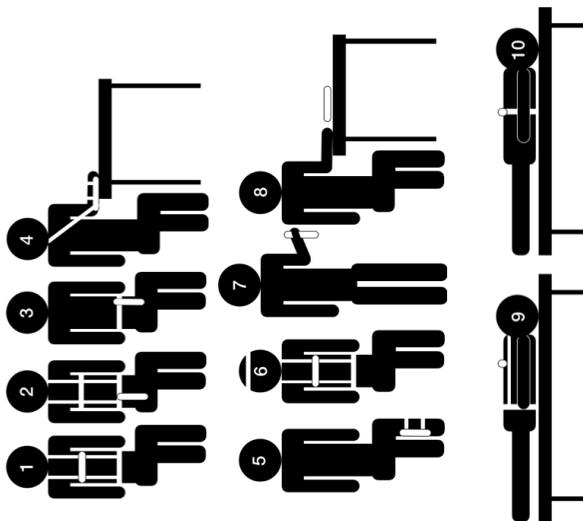


Рис. 4. Обозначенные номерами варианты использования и закрепления на теле регистратора системы Биожезл. Ссылки на данный рисунок приводятся в тексте лабораторных работ.

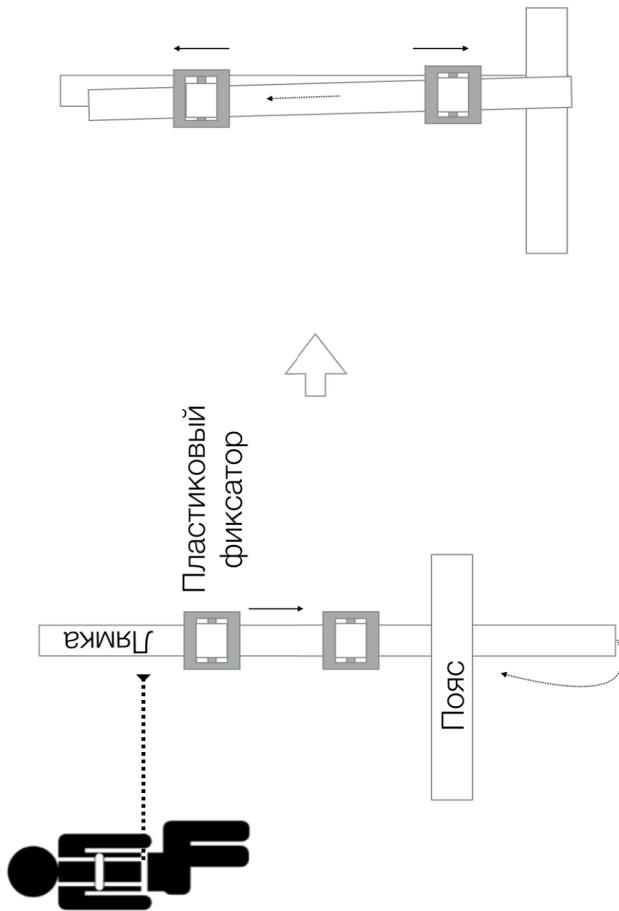


Рис. 5. Соединение пояса и разгрузочной лямки петель, подгонка лямки по высоте с помощью пластиковых фиксаторов

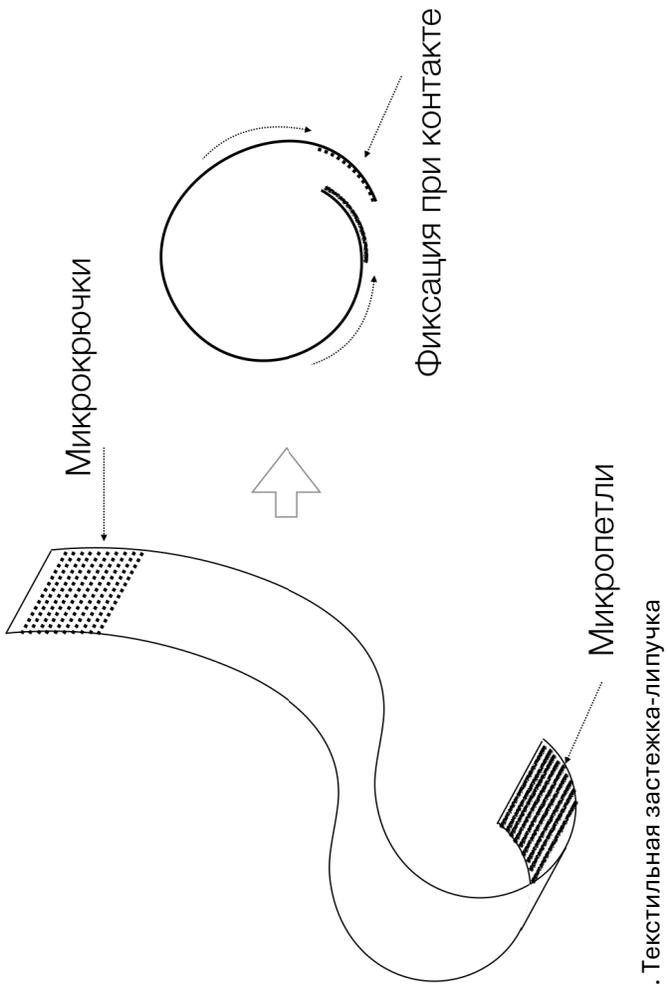


Рис. 6. Текстильная застежка-липучка

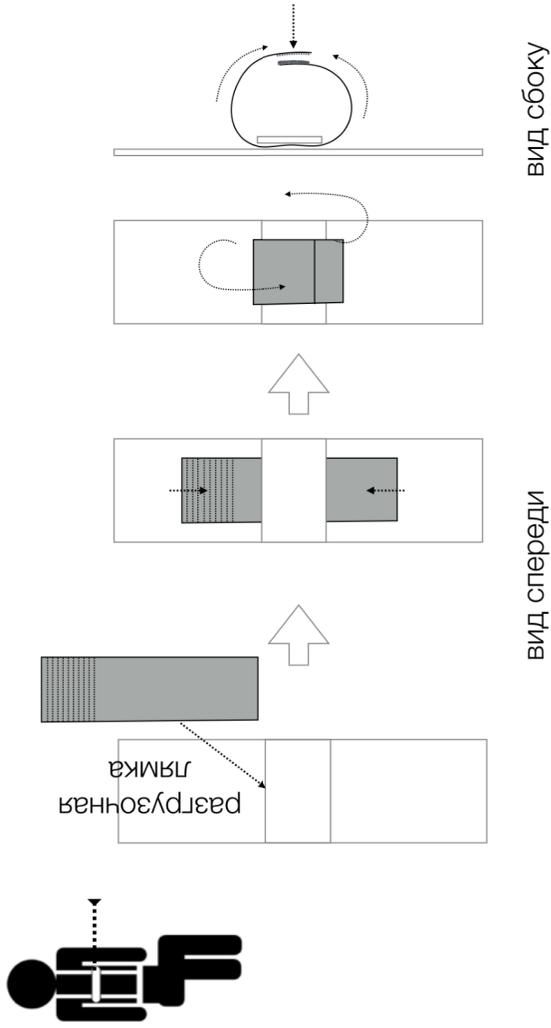


Рис. 7. Схема установки застежки на разгрузочной лямке

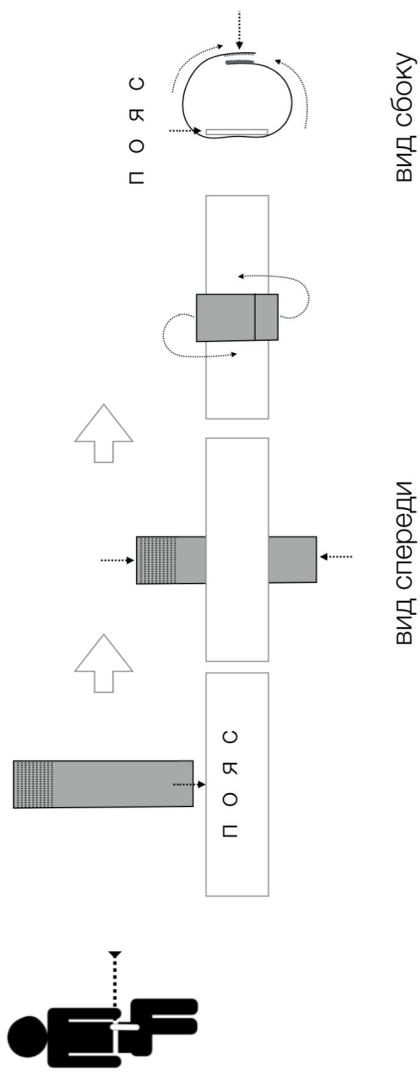
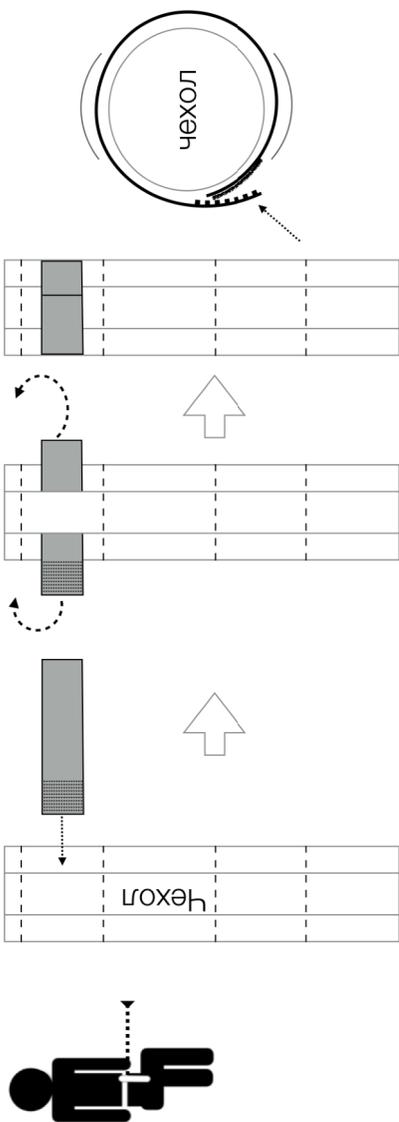


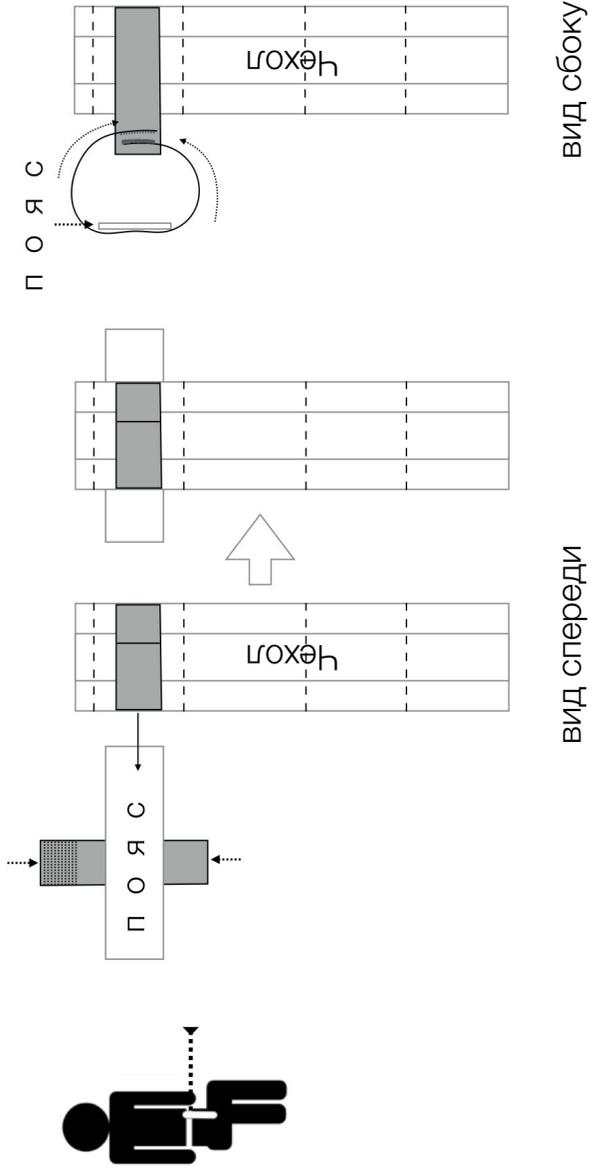
Рис. 8. Фіксація застєжки на поясе для закрєплення чехла



ВИД СВЕРХУ

ВИД СПЕРЕДИ

Рис. 9. Схема установки застежки на чехле в виде кольца



ВИД СБОКУ

ВИД СПЕРЕДИ

Рис. 10. Схема установки чехла на поясе

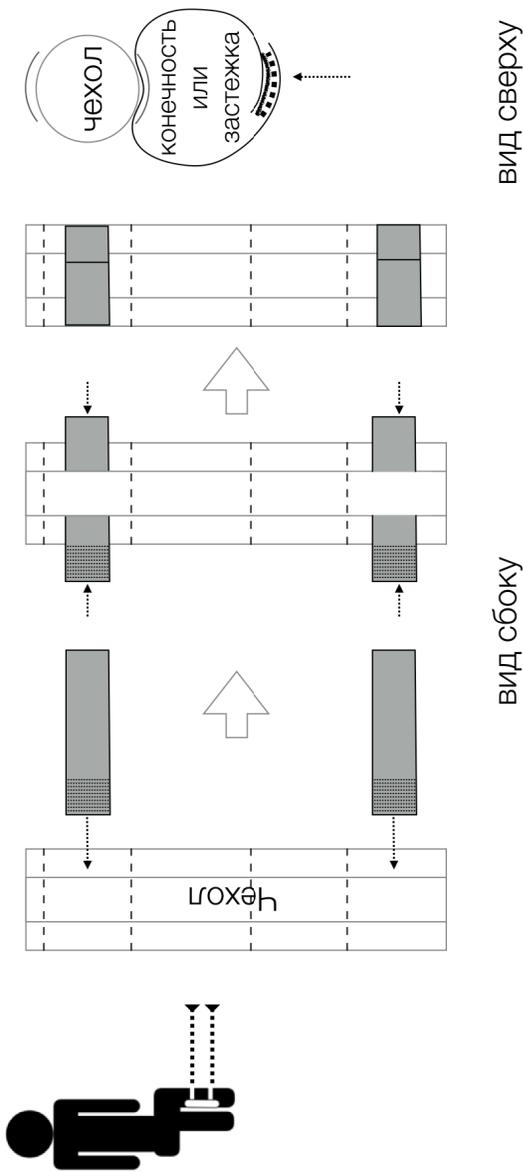


Рис. 11. Способ крепления чехла на конечности или другой застежке

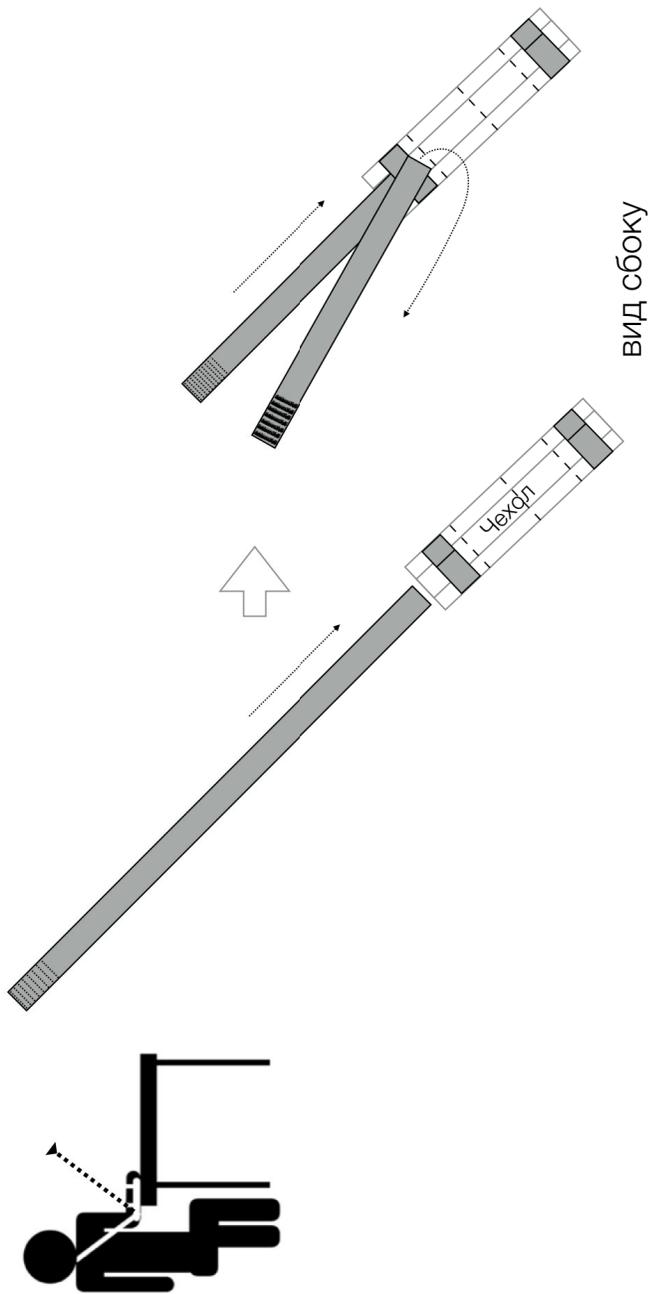


Рис. 12. Способ крепления чехла на длинной застежке

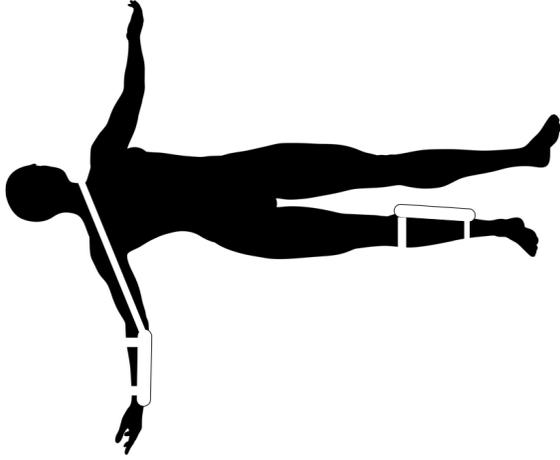


Рис. 13. Схема правильного крепления чехла на внутренних поверхностях предплечья и голени

выбранное устройство. Это наиболее частая проблема, у которой может быть много причин: переход компьютера в спящий режим, запуск ПО сразу или до подсоединения датчика к регистратору, длительный простой во включенном состоянии без регистрации, потеря Bluetooth-соединения между приемником и регистратором или сбой при установке драйверов.

Вот список решений данной проблемы:

- Освободите пространство между регистратором и Bluetooth-приемником, чтобы в прямой видимости между ними не было экранирующих объектов, в том числе и студентов, которые могут мешать прохождению сигнала. Закройте программу PowerGraph. Отсоедините и вновь присоедините датчик к регистратору, снова запустите PowerGraph.
- Если проблема остается, извлеките и вновь подсоедините Bluetooth-приемник к дру-

гому разъему USB компьютера и повторно отсоедините–присоедините датчик к регистратору, запустите программу PowerGraph.

- При повторении проблемы – переустановите драйвер. Извлеките Bluetooth-приемник. Скачайте драйвер, соответствующий вашей версии Windows со страницы <https://ftdichip.com/drivers/vcp-drivers/> и установите его. Вставьте Bluetooth-приемник в USB порт компьютера, будут обнаружены новые устройства под названием «USB Serial Converter», «USB Serial Port» и начнется автоматическая установка драйверов. Дождитесь сообщения от диспетчера оборудования, что устройства успешно установлены.

2. *При подсоединении разъема к регистратору на нем не мигает индикатор.*

Разрядился аккумулятор. Используйте кабель-переходник «З» для зарядки устройства: вставьте зарядный кабель в USB порт работающего ком-

пьютера или зарядного устройства, подсоедините другой конец к регистратору. На корпусе регистратора загорится красный индикатор. После полной зарядки устройства индикатор должен погаснуть.

3. *При закреплении в чехле на конечностях, регистратор подвижен и сваливается.* Возможно, неправильно выбран размер застежек. Выберите подходящие по размеру текстильные застежки, примерив их на теле испытуемого. Отрегулируйте их размер. Правильность фиксации проверяйте, используя рис. 4.

4. *Записанные кривые имеют нетипичный вид.* Проверьте правильность загрузки настроек: загрузите их вновь и повторите запись. Убедитесь, что подключили нужный датчик. Проверьте соответствие маркировки разъема данной лабораторной работе и загруженным настройкам. Замените датчик на требуемый и продолжите запись.

5. *Запись выглядит зашумленной: на фоне полезного сигнала отображаются постоянные высокочастотные колебания.* Регистрируются помехи. Существуют две основные причины возникновения помех:

- плохой контакт электродов с тканями или отрыв электрода. Переставьте электроды, ориентируясь на рекомендации, указанные в работе «Динамометрия и электромиография».
- наличие электромагнитных помех. Измените положение испытуемого по отношению к компьютеру, выключите устройства, мешающие передаче сигнала мобильной связи, или перенесите проведение работы в другое помещение.

6. *Во время записи кривые исчезли с экрана.* Сигнал вышел за пределы поля зрения. Перейдите на шкалу амплитуды (рис. 2 В). Подсветите курсором номер интересующего канала. Уменьшите масштаб отображения (нажмите на значок лупы на панели инструментов со знаком минус

или с помощью сочетания клавиш Ctrl и минус), используйте прокрутку самой шкалы амплитуды (грубая подстройка), а также полосу прокрутки графического дисплея (рис.2) (тонкая подстройка). Для поиска кривой во время записи удобно ориентироваться на значения для каналов (Ch X), которые отображаются на информационной панели (рис. 2 Б.), что доступно только во время регистрации.

При попытке изменить масштаб элементом «луна» с графиком ничего не происходит. Выделен другой канал, он и масштабируется, но при этом сигнал вышел за пределы поля зрения. Перейдите на шкалу амплитуды и проверьте, выделен ли там интересующий канал, далее – см. предыдущий пункт.

7. *Во время записи кривая стоит на месте, двигается лишь бегунок полосы прокрутки на шкале времени.* Включен режим просмотра при записи. Отожмите кнопку с изображением гра-

фиков (она расположена справа от кнопки «Старт»). Отображение во время записи восстанавливается.

8. *Как проставить метку с комментарием во время записи?* Во время записи внизу панели инструментов появляется окно для ввода комментария. Текст комментария вводят во время регистрации заранее, до события, которое планируется обозначить. Чтобы проставить метку на кривую нажимают клавишу «Ввод».

9. *Как проставить метку с комментарием после остановки записи?* Выделяют интересный фрагмент кривой. Нажимают правую кнопку мыши или Ctrl+M на клавиатуре. В выпадающем меню выбрать пункт «Добавить комментарий». Образуется окно, где вверху указывают текст комментария, а ниже – его местоположение (в начале, конце или посередине выделения, в точках максимума или минимума). Выби-

рают нужный пункт и нажимают кнопку «Добавить».

10. *Как удалить метку с комментарием?*

Выделяют область с меткой, которую планируется удалить, нажимают правую кнопку мыши, в выпавшем меню выбирают пункт «Удалить комментарий».

11. *Клавиша «Ввод» не проставляет метки с*

комментариями во время регистрации при нажатии. Поле введения комментария неактивно.

Наведите курсор на область комментария и нажмите левую клавишу мышки. В конце строки с комментарием, мигает курсор. Теперь нажатие клавиши «Ввод» будет сопровождаться меткой.

12. *Как распечатать кривые, в особенности*

интересующий фрагмент записи? После нажа-

тия на кнопку панели управления с изображением принтера началась распечатка всего файла.

Отмасштабируйте кривые: по вертикали используйте инструмент «Лупа», по горизонтали значки

«+» и «-» на шкале времени. Выделите нужный фрагмент записи, выберите в меню «Файл» пункт «Предварительный просмотр». Возникнет окно с изображением, которое можно распечатать или сохранить (меню «Файл – Сохранить») в графическом формате *.emf. Если кривые выделены не будут, то в предварительном просмотре окажется вся запись постранично. Листая страницы, можно выбрать нужный участок. На кривые также можно добавить / убрать шкалу значений, времени и комментарии.

13. Ответы на другие вопросы, связанные с ПО PowerGraph, можно найти в меню «Помощь» – «Справка» либо на сайте разработчика ПО в разделе «Описание ПО «PowerGraph» (<http://www.powergraph.ru/soft/pgview.asp>).

Для получения необходимых навыков работы с системой «Биожезл» рекомендуем также выполнить лабораторную работу №1 «Основные приемы работы с ПО».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. «ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ С ПО POWERGRAPH»

Процесс регистрации, вычислений и обработки данных, полученных в ходе выполнения работ настоящего руководства, осуществляется с помощью ПО PowerGraph, поэтому для успешной работы необходимо иметь минимальный объем навыков, приобретаемых после выполнения ряда упражнений.

Подчеркнем, что ПО PowerGraph способно работать не только с системой «Биожезл», но со множеством других устройств, для которых организована поддержка (ВТ-пульсоксиметры, датчики сердечного ритма, микрофоны и пр.). В этой ознакомительной работе мы используем одно из таких устройств – манипулятор мышь, что поможет освоить основные приемы для успешной работы с программным обеспечением и овладеть основами анализа полученных данных,

что существенно облегчит использование комплекса «Биожезл».

Задачи исследования:

- Ознакомиться с интерфейсом ПО PowerGraph.
- Зарегистрировать движения курсора по экрану по вертикали и горизонтали и подготовить запись для анализа.
- Расставить комментарии на кривых, построить интервалограмму по комментариям и экспортировать ее в текстовой формат.
- Проанализировать амплитуду кривых, определить максимальное и минимальное значения.
- Подготовить к распечатке фрагменты кривых и экспортировать их в файл графического формата.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации

биологических сигналов «Биожезл»².

- Датчик ДЭ или ДП (давление и ,).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Манипулятор-мышь.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
3. К корпусу регистратора Биожезла подсоединяют датчик ДЭ или ДП.
4. Исследователь запускает программу «Powergraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».
5. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и через 2-3 с завершают нажатием на

² Регистратор требуется лишь для первого запуска ПО PowerGraph и активации лицензии. Далее устройство не понадобится.

кнопку «Стоп». Этот этап необходим для того, чтобы инициализировать ПО для записи и сохранения файлов. Далее регистратор не понадобится, а созданный блок данных следует удалить. Для этого переходят в панель блоков (над кнопкой «Старт»), нажимают правую кнопку мыши, в ниспадающем меню выбирают пункт «удалить блок» и подтверждают его удаление.

6. В меню «Файл» – «Загрузить настройки» выбирают: «Основные функции PowerGraph».

7. Возникнет поле двухканальной записи, название 1 канала – «Горизонталь (X)», 2 канала – «Вертикаль (Y)».

8. В меню «Сервис» необходимо выбрать пункт «Выбор АЦП» – «Cursor XY». Это необходимый драйвер, который будет фиксировать все перемещения курсора мышью по экрану.

9. В меню «Вид» в пункте «Панели значений» нужно отметить галочкой каналы 1 и 2. Возникнет несколько окошек с названиями кана-

лов, где при записи и просмотре будут отображаться цифровые значения сигнала. Для удобства эти окошки лучше переместить влево на шкалу амплитуды.

10. Нажмают на кнопку «Старт». Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Во время записи подведите курсор к центру экрана, при этом численные значения сигналов в окошках будут стремиться к 0, а графики – к изолиниям.

11. Подвигайте мышь **по горизонтали** 5-6 раз, постепенно увеличивая размах движений до правой и левой границ экрана. Нажмите кнопку «Стоп».

12. Повторите действия, указанные в пп 10-11, двигая мышью **по вертикали**, постепенно увеличивая размах движений до верхней и нижней границ экрана, затем остановите запись.

13. Сохраните полученный файл, например «ХУ.pgs». Просмотрите полученный файл на дисплее, для этого на шкале времени выберите

масштаб 50:1 или 100:1 (рис.14).

Удалите ненужные данные в начале каждого блока записи. Для этого установите курсор на графический дисплей (область, где находятся кривые, которые нужно удалить), нажмите левую кнопку мыши. Не отпуская кнопки, выделите ненужную область в направлении к началу блока записи. Отпустите левую кнопку и нажмите правую. В выпадающем меню выберите пункт «удалить данные» или нажмите клавишу «Delete».³

14. Переименуйте названия блоков записи: для этого выделите первую по порядку запись в поле над кнопкой «Старт», нажмите правую кнопку мыши, в меню выберите «Переименовать» и замените текущее имя на «Движение по горизонтали». Аналогичным образом

³ Если при выделении блока удалили не все данные, то образуется еще один блок. Для его удаления в поле блоков нажмите правую кнопку на на-звании и выберите «удалить блок» (Shift+Delete)

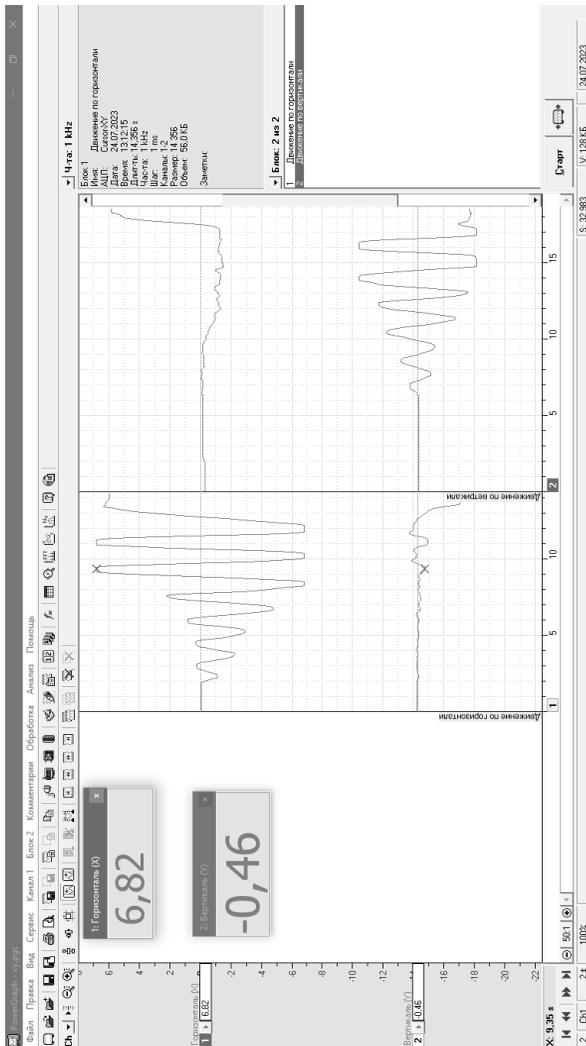


Рис. 14 Общий вид записанных кривых

переименуйте другой блок – «Движение по вертикали», как на рис. 14. Задачи № 1 и 2 выполнены.

15. *Расстановка комментариев. Это важная процедура, которая необходима для пометок – важных событий как во время записи, так и при подготовке к анализу.* Расстановка комментариев во время регистрации рассмотрена в пп. 21 данной работы, здесь обсудим, как комментарии создаются *post factum*. В первом блоке просматривают кривую «горизонталь». Перемещая курсор по графику, отмечают значение положительных пиков, следя за цифровыми значениями в окне «Горизонталь (X)».

16. Если Вам нужно, например, отметить максимальные значения исследуемого параметра (пики), то в меню «Комментарии» выбирают пункт «Автокомментарии». Далее в окне идут по пунктам снизу вверх: отмечают: «текущий

блок», канал «Горизонталь (X)⁴», и пункт «Максимум». В окне «Уровень» вводят величину, немного меньшую, чем минимальный положительный пик (если, например, минимальный положительный пик равен 0,25, то вводят 0,18–0,20), после чего нажимают на кнопку «Добавить». Так будут отмечены все положительные пики канала «Горизонталь (X)», превышающие выбранный уровень. Если какой-то из пиков остался неотмеченным, его выделяют левой кнопкой мыши, отпускают левую кнопку и нажимают правую «Добавить комментарий», отмечают «Максимум». Эта операция дублирует предыдущую, можно отметить так каждый пик, однако функция «Автокомментарии» существенно экономит время. Удаление комментариев, проставленных ошибочно, осуществляют похожей операцией выделения, нажатия на правую кнопку и выбора

⁴ «Подсвеченный» на шкале амплитуды канал по умолчанию находится в списке первым

пункта «удалить комментарий».

17. Переходят ко 2-му блоку и повторяют расстановку автокомментариев для канала «Вертикаль (Y)».

18. Временные промежутки между комментариями (интервалы) записываются в специальном окне. Открывают меню «Комментарии», переходят в «Список комментариев». Здесь для каждого блока приводится хронология, порядковый номер комментария и численное значение параметра. Для построения интервалограммы входят в меню «X-столбец» и выбирают пункт «интервал». В меню «Файл» нужно выбрать «Сохранить». Так сохраняются комментарии в текстовом виде для одного блока. Проведите этот шаг для первого и второго блоков, не забывая при этом выбрать соответствующий канал: «Горизонталь (X)» или «Вертикаль (Y)». Сохраненные значения интервалов можно использовать для вычисления сред-

них значений.

19. Перейдем к расстановке комментариев во время записи. Нажмите кнопку «Старт», начнется регистрация в новом блоке. В поле над графическим дисплеем введите текст, например, «комментарий во время записи». Оставьте курсор в конце строки, он должен периодически мигать. Совершая движения мышью по экрану нажмите клавишу «Ввод»: на записи появится комментарий с напечатанным заранее текстом. Текст последующего комментария можно менять во время записи, он должен соответствовать характеру регистрируемого процесса (например: задержка дыхания, погружение лица в холодную воду и т.п.). Потренируйтесь несколько раз в проставлении меток, затем нажмите кнопку «Стоп».

Поскольку этот блок не понадобится для анализа, его нужно удалить. Для этого переходят в панель блоков, выбирают последний фрагмент за-

писи, нажимают правую кнопку мыши, в выпадающем меню выбирают пункт «удалить блок» и подтверждают удаление. Задача №3 выполнена.

20. Определение максимумов, минимумов и амплитуды отдельных сигналов осуществляются последовательным выделением участков кривых. «Подсветите» канал «Горизонталь (X)» в первом блоке записи, затем выделите участок кривой. В меню «Анализ» выберите пункт «Таблица значений». В поле «Категории» открывшегося окна выберите *Statistic*, в поле «Функции» отметьте галочками «*Maximum*», «*Minimum*» и «*Max-Min*». В меню «Функции» выберите «Вычислить все» или нажмите на пиктограмму с двумя шестеренками. Результат отобразится в текстовом поле, где будет указано название канала, максимальное, минимальное значения и разность между этими величинами. Закройте это окно, перейдите к следующему участку и повторите перечисленные выше действия. Продолжите сбор

вычислений до конца блока.

21. Активируйте канал «Вертикаль (Y)», нажав левой кнопкой мыши на номере канала (2). Выделите участки кривой с колебаниями по вертикали по алгоритму, указанному в предыдущем пункте. Закончите сбор вычислений, выбрав в меню «Файл» пункт «Сохранить все». По умолчанию, предлагается сохранить файл с названием «DataPad.txt». Измените название на «XY вычисления.txt». Откройте файл в приложении «Блокнот» или другом редакторе. Вычисления по каждому блоку будут сохранены. Заполните таблицу

1. Задача №4 выполнена.

22. Для сохранения изображений кривых и их распечатки ПО PowerGraph предоставляет следующие возможности:

- 1) сохранить изображение отдельного блока записи;
- 2) сохранить изображение всех блоков;
- 3) сохранить выделенный участок записи. Необходимо учесть, что характер сохраняемых изо-

бражений привязан к масштабу кривых на графическом дисплее, а также к размеру и ориентации бумаги для печати. Выполните сохранение изображений блока, всех блоков и выделенной области.

23. Для сохранения блока записи необходимо вывести его на экран, отмасштабировав с помощью шкалы времени так, чтобы блок занял весь экран (например, 20:1).

После масштабирования, выделите первый блок записи в панели блоков, перейдите в меню «Файл», выберите «Предварительный просмотр». Здесь можно поменять ориентацию страницы и задать параметры печати (меню Файл), (для продолжительной записи желательно выбирать альбомную ориентацию).

В этом же меню выберите пункт «Сохранить». Вам будет предложено сохранить файл с тем же названием и расширением «emf» (масштабируемый рисунок, удобный для помещения в текстовые редакторы). Для сохранения следующего блока вернитесь в окно графического дисплея,

выделите в меню блоков следующий и повторите вышеописанные действия.

24. Чтобы сохранить все блоки, отмасштабируйте графический дисплей, перейдите в меню «Файл», выберите «Предварительный просмотр». В меню «Данные» выберите «Весь файл». Если масштаб выбран крупным, то при сохранении (меню «Файл – Сохранить все») будет сохранена серия изображений с номерами страниц, начиная с 1.

25. Часто требуется сохранить отдельные фрагменты кривой, где важно показать, как изменился показатель, по сравнению с фоном (например, ЭКГ при проведении функциональных проб). С этой целью сохраняют изображение выделенного участка кривой. Отмасштабируйте кривые и выделите участки, включающие разные блоки записи. Перейдите в меню «Файл», выберите «Предварительный просмотр». В окне просмотра и меню «Данные» выберите «Область выделения», сохраните файл. Задача №5 выполнена.

В приведенной ознакомительной работе получены навыки работы с ПО PowerGraph, которые необходимы для выполнения большинства лабораторных работ. По мере их выполнения полезно периодически возвращаться к этой работе, разрешая возникшие вопросы. Рекомендуем также использовать справку, встроенную в интерфейс программы, а также использовать ответы на часто задаваемые вопросы, помещенные на страницах 28–46 данного издания.

Предлагаем Вам дать ответы на следующие вопросы:

- Можно ли использовать ПО PowerGraph только для системы «Биожезл» или эта программа поддерживает множество различных устройств?
- Где находится панель блоков и какие операции с фрагментами записи можно осуществлять в этой панели?
- Какие условия следует соблюдать, чтобы вводить комментарий во время записи с помощью клавиши «Ввод»?

- Как удалить комментарий?
- Можно ли проставить автокомментарии, ориентируясь на минимальное значение сигнала?
- Каким образом и где можно переименовать комментарий?
- К какой категории из списка функций «Таблицы значений» относятся «Максимум», «Минимум» и разность между максимальным и минимальным значениями?
- Опишите пошагово, каким образом определить разность между максимальным и минимальным значением на участке кривой, используя «Таблицу значений».
- Опишите, каким образом можно получить изображения записанных кривых а) всего файла; б) только интересующего фрагмента кривых; в) одного блока записи?

Таблица 1. Значения колебаний сигнала в различных плоскостях

№ колебания	Максимум	Минимум	Амплитуда
Горизонталь			
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
Вертикаль			
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			



**НЕРВНО- МЫШЕЧНАЯ ФИ-
ЗИОЛОГИЯ**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.

«ОДИНОЧНОЕ МЫШЕЧНОЕ КРА - НИЕ, СУММАЦИЯ СОКРАЩЕНИЙ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ»

Процесс изменения длины и/или напряжения мышцы называют мышечным сокращением. По характеру изменений длины или напряжения, сокращения скелетных мышц подразделяются на изотонические, при которых меняется только длина, изометрические, когда меняется только напряжение и смешанные (ауксотонические), когда меняются оба параметра. Изометрические сокращения возможны при фиксации обоих концов мышцы, изотонические – при поднятии груза, однако ауксотонические сокращения встречаются чаще. Под напряжением мышцы подразумевается число акто-миозиновых взаимодействий – поперечных мостиков, соединяющих головки миозина с актиновой нитью, оно пропорционально количеству

связанных молекул миозина с актином. О напряжении судят по силе мышечного сокращения.

Сокращения также подразделяют на *одиночные* и *суммированные*.

Одиночное мышечное сокращение возникает в ответ на пороговый или сверхпороговый стимул, оно состоит из латентного периода, периодов укорочения и расслабления (рис. 15). Суммация мышечных сокращений может быть вызвана двумя причинами: первой является увеличение одновременно сокращающихся мышечных волокон, что наблюдается при прямом раздражении мышцы или целого нерва, иннервирующего эту мышцу, если увеличивают амплитуду стимула. На этом основании, целая мышца подчиняется «закону силы» и не подчиняется закону «все или ничего». В организме такой вид суммации происходит при увеличении числа *двигательных единиц*— совокупности мотонейрона и

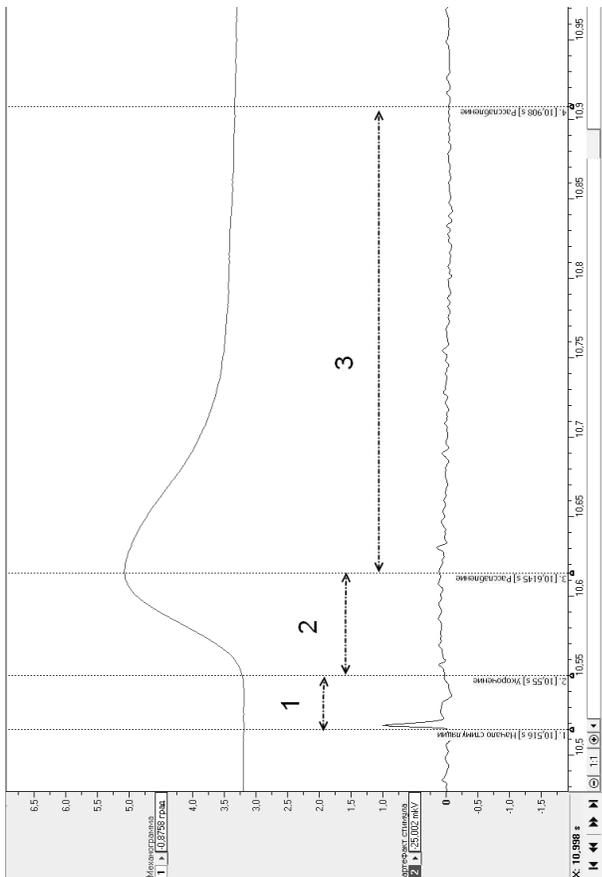


Рис. 15. Разметка периодов мышечного сокращения. 1, 2, 3 – латентный период, укорочение и рас-
слабление соответственно.

иннервируемых им мышечных волокон. При активации группы мотонейронов соответственно возрастает число мышечных клеток, участвующих в сокращении, данный феномен носит название *вовлечения*.

Второй причиной суммации является повторная стимуляция мышцы: если новый стимул наносится в фазу расслабления, наблюдается явление неполной суммации, если же повторный стимул наносят в фазу укорочения, то возникает полная суммация (см. рис. 17). Таким образом, мышца сокращается сильнее за счет одних и тех же клеток, которые не успевают расслабиться полностью. *Длительное и стойкое сокращение мышцы при раздражении серией стимулов называют тетанусом. Если наблюдается частичное расслабление (суммация неполная), то такой тетанус называют зубчатым, а если расслабления не происходит (суммация полная)*

то этот тетанус называют гладким. Тетанические сокращения позволяют поддерживать мышечный тонус, позу, выполнять изометрические упражнения. Крайние проявления тетануса возникают в ряде патологических состояний, сопровождающихся судорожным синдромом.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать одиночные мышечные сокращения, идентифицировать и описать его периоды.
- Зарегистрировать суммацию, связанную с увеличением числа мышечных волокон.
- Зарегистрировать зубчатый и гладкий тетанус, оценить их свойства.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».

- Датчик ИЭ (изгиб и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Электростимулятор «Галатея «ЭМНС 4-400-01» или подобный ему, с возможностью плавного увеличения амплитуды и частоты непосредственно во время электростимуляции.
- Комплекто одноразовых или многоразовых электродов (5 шт.).
- Электродный гель.
- Медицинский пластырь.
- Дощечка 200x500 мм.
- Широкая 40-50 мм резинка длиной 40 см, сшитая в кольцо.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ИЭ.
2. Для регистрации артефакта раздражения

(токов, связанных с работой электростимулятора) на середину предплечья, над лучевой и локтевой костями, наклеивают два одноразовых электрода, контакты соединяют с положительной и отрицательной клеммами датчика ИЭ (полярность не имеет значения), электрод заземления наклеивают над шиловидным отростком локтевой кости (см. рис.16).

3. На наружную поверхность исследуемого предплечья по средней линии, отступив на 10 см от лучезапястного сустава, наклеивают одноразовый электрод и присоединяют его к положительной клемме *стимулятора*. Отрицательную клемму от стимулятора соединяют с одноразовым электродом, снимают с него защитную пленку и обильно увлажняют электродным гелем. Данный электрод подвижный (рис. 16), его располагают на наружной поверхности предплечья примерно посередине удерживают во время работы в проекции ветвей срединного нерва,

иннервирующих средний палец.

4. На тыльную поверхность среднего пальца правой кисти, по всей длине, двумя полосками лейкопластыря закрепляют датчик изгиба так, чтобы его часть без маркировки прилегала к коже. Провод от датчика также закрепляют к тылу кисти пластырем.

5. На дощечку с одного края надевают кольцо из резинки, дощечку укладывают на поверхность стола,

под резинку помещают пальцы правой кисти с датчиком (см. рис. 16). Во время исследования испытуемый сидит за столом, правая рука согнута в локте, кисть и предплечье внутренней поверхностью лежат на дощечке. Помощник должен иметь доступ к предплечью испытуемого для удержания отрицательного электрода и к панели управления электростимулятором.

6. Подготавливают электростимулятор к работе. Подсоединяют к нему блок питания и

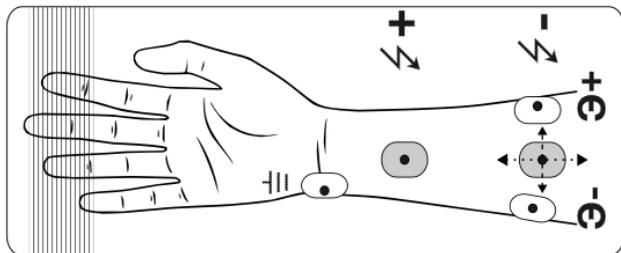


Рис. 16. Схема установки электродов на предплечье и положение правой кисти и предплечья. Электроды для регистрации артефакта раздражения показаны белым цветом, серым – электроды от электростимулятора. Электрод посередине предплечья не приклеивают, пока не выберут положение, обеспечивающее сокращение среднего пальца. Пальцы с датчиком изгиба (находится на тыле кисти и не показан) расположены под резинкой, надетой на дощечку.

включают в сеть. Включают прибор клавишей на стороне, где находится штекер адаптера питания. Рукоятку «Уровень» на главной панели выставляют в положение «0», а 4 больших регулятора в положение 10. Шкалу частоты устанавливают в нулевое положение⁵. Кнопками на панели устанавливают режим *нейростимуляции, монополярный и синхронный*. Контроль выбранного режима осуществляют по подсветке индикаторов на панели.

7. Подсоединяют провод с электродами для стимуляции к одному из 4 гнезд, а его клеммы к положительному и отрицательному электроду на правой руке, согласно схеме на рис 16. Стимуляция начинается после выбора продолжительности воздействия, поэтому данную кнопку пока не нажимают.

8. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска

⁵ иначе электростимулятор не будет работать

программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Мышечные сокращения», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Вверху отображается канал датчика изгиба, внизу – запись артефакта раздражения от стимулятора.

9. Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц. Работа состоит из двух частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

10. Нажимают на кнопку «Старт», с помощью регулятора на корпусе датчика ИЭ выводят значение датчика изгиба на изоэлектрическую линию, после чего регулятор не трогают.

11. Просят испытуемого согнуть и разогнуть палец с датчиком, на экране при сгибании возникнет всплеск, направленный кверху. При необходимости корректируют положение датчика.

12. Кнопкой на панели стимулятора

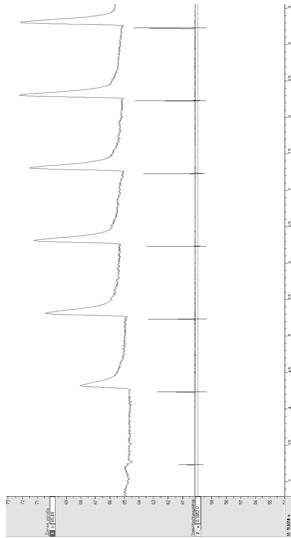
устанавливают время подачи стимула на *бесконечность*, стимулятор тут же начнет работу. В такт установленной частоте (минимальная составляет 1 гц) будут вспыхивать индикаторы.

13. Помощник устанавливает раздражающий *отрицательный* электрод от стимулятора на предплечье, как на рис. 16, и начинает плавно вращать регулятор уровня амплитуды по часовой стрелке. Появляются отметки от стимулятора, а испытуемый начинает ощущать удары током. Меняют положение раздражающего электрода до тех пор, пока не получат хорошо воспроизводимые сокращения среднего пальца, видные на верхнем канале, после чего электрод можно закрепить к коже полосками пластыря. Инструктируют испытуемого, чтобы держал руку расслабленной, тогда график будет занимать стабильное положение. По выполнении данных условий выкручивают регулятор уровня на «0», нажимают на кнопку «Стоп» и приступают к

следующему этапу – записи одиночных сокращений и изучению феномена вовлечения. Нажимают на кнопку «Старт». Плавно увеличивают амплитуду стимула и регистрируют ответы, доводя рукоятку уровня до 6-7 отметок шкалы стимулятора. Записав около 10 сокращений, останавливают запись и вновь возвращают рукоятку уровня в нулевое положение. Кривая должна соответствовать рис. 17а.

14. Приступают к записи тетануса. Нажимают на кнопку «Старт» и вновь плавно увеличивают амплитуду стимула. После появления первых сокращений, слегка увеличивают амплитуду и более не трогают этот регулятор, а приступают к плавному увеличению частоты, вращая регулятор частоты по часовой стрелке. Наблюдают за появлением суммации и возникновением тетануса (рис. 17б). Доведя частоту до максимальной, резко скручивают регулятор назад и записывают

A



Б

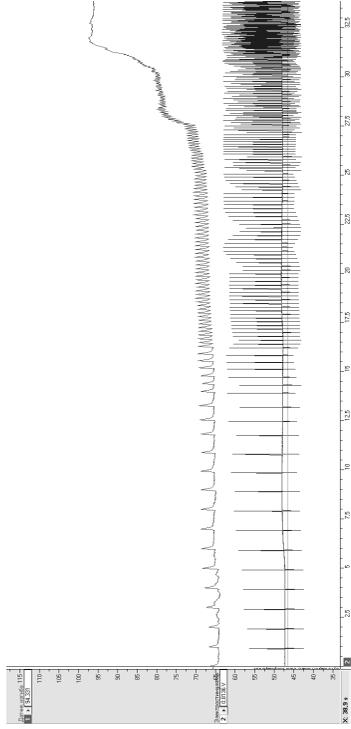


Рис. 17. А- Регистрация одиночных мышечных сокращений и «закона силы». Б- Регистрация суммации мышечных сокращений и различных видов тетануса. Вверху на обоих фрагментах механическая активность, нижний график- отметка артефакта раздражения.

несколько одиночных сокращений, а затем останавливают запись. Переименовывают блоки записи, например: «отладка», «закон силы» «тетанус», затем сохраняют файл и приступают к анализу данных.

15. Во втором блоке масштабируют график 1:1, выбирают сокращения средней и максимальной амплитуды и с помощью инструмента «Лупа». Комментариями размечают фазы сокращения (см. рис. 15). *Выделяют два комментария*, относящихся к одному сокращению. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», в столбце «Категория» выбирают пункт «Comments interval», в столбце «Функция» помечают параметр «Mean», В меню «Функция» выбирают пункт «Вычислить» или нажимают изображение шестеренки. Повторяют вычисления для другого события. Повторяют разметку и вычисление продолжительности периодов еще для 5-6 со-

кращений. Высчитывают среднее арифметическое, данные вносят в таблицу 2.

16. Измеряют амплитуду сокращений и амплитуду стимула минимального и максимального сокращения. Выделяют участок, захватывающий стимул и одно сокращение. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», в столбце «Категория» выбирают пункт «Statistic», в столбце «Функция» помечают параметр «Max-Min» для каналов «Датчик изгиба» и «Электростимулятор», в меню «Функция» выбирают пункт «Вычислить все» или нажимают изображение шестеренки. Полученные данные вносят в таблицу 2.

17. Анализируют последний фрагмент записи, масштабируют кривую 10:1. На механограмме отмечают начало суммации сокращений и определяют частоту стимула, при которой возник зубчатый тетанус. Для этого выделяют участок, где происходит увеличение амплитуды, в меню

«Комментарии» расставляют автокомментарии по максимумам отметок на канале «Электростимулятор», выбирая уровень, на 30% ниже максимальных значений. По расставлению комментариев в *выделенном участке* измеряют продолжительность интервала между стимулами (меню «Анализ – Таблица значений» в списке «Категория» элемент «Comments interval», в списке «Функция» помечают параметр «Mean», В меню «Функция» выбирают пункт «Вычислить» или нажимают соответствующую кнопку. Получив продолжительность одного цикла, определяют частоту в Гц, разделив одну секунду на рассчитанный интервал, результат вносят в таблицу 3.

18. Измеряют амплитуду одиночных сокращений и зубчатого тетануса. Выделяют соответственный участок кривой, в меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», в столбце «Категория» выбирают пункт «Statistic», в столбце

«Функция» помечают параметр «Mean» для канала «Датчик изгиба», в меню «Функция» выбирают пункт «Вычислить» или нажимают изображение шестеренки, данные вносят в таблицу 3.

19. Повторяют описанные в пп. 17-18 действия для участка кривой, где начинается регистрироваться гладкий тетанус, результат вносят в таблицу 3.

20. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

21. Формулируют выводы. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Какие процессы в мышце происходят в латентный период?
- В чем особенность латентного периода в данной работе, учитывая область нанесения раздражения?
- Зависит ли продолжительность периодов одиночного мышечного сокращения от силы стимула?

- Чем отличаются суммация сокращений при увеличении силы стимула от суммации при повторных раздражениях и неизменной амплитуде?
- Какой способ суммации по данным, полученным в этой работе, представляется наиболее эффективным для выполнения тренировок мышц и почему?
- Какой вид тетануса отличает наибольшая амплитуда и почему?
- Как, по данным, полученным в этой работе, можно объяснить опасность прикасаться к проводникам с переменным током?

Таблица 2 Длительность периодов и амплитуда мышечного сокращения.

№ измерения	Латентный период (мс)	Период укорочения	Период расслабления	Амплитуда
Средние значения				

Таблица 3 Сравнительная характеристика одиночного сокращения, зубчатого и гладкого тетануса

Одиночное сокращение	Гладкий тетанус	Зубчатый тетанус	Критерий
			Частота возникновения (Гц)
			Амплитуда

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. «ДИНАМОМЕТРИЯ И ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ»

Динамометрия представляет собой метод измерения силы мышечных сокращений. Поскольку определение усилий, развиваемых отдельной мышцей у человека, является сложно-выполнимой задачей, на практике исследуют силу отдельных групп мышц (например сгибателей предплечья). Для этого используют электронные, либо механические динамометры. В качестве критериев оценки мышечной силы используют показания динамометров при произвольных максимальных сокращениях. Динамометрия нашла широкое применение в антропометрических исследованиях, спортивной медицине и неврологии.

Электромиография (ЭМГ) – метод исследования электрических потенциалов мышц и концевых пластинок мионевральных синапсов. Электромиография часто используется для диагностики заболеваний спинного мозга, нервов,

мышц и нарушений нервномышечной передачи. Функциональные структуры, обеспечивающие произвольные движения, состоит из *двигательных единиц, в них входят один мотонейрон и иннервируемая им группа мышечных волокон*. Во время движений одновременно активируется несколько сотен двигательных единиц, поэтому при увеличении силы сокращения мышцы наблюдается усиление сигнала ЭМГ – феномен *вовлечения*.

В клинике для регистрации ЭМГ применяют два способа отведения биопотенциалов – *игольчатыми и накожными* электродами.

Процедура регистрации ЭМГ накожными электродами проста, неинвазивна и может использоваться для суммарной оценки состояния мионеврального аппарата. Для диагностических целей в клинике чаще используют игольчатые электроды, с их помощью удается зарегистрировать потенциалы патологических явлений: фибрилляций и фасцикуляций.

Задачи исследования:

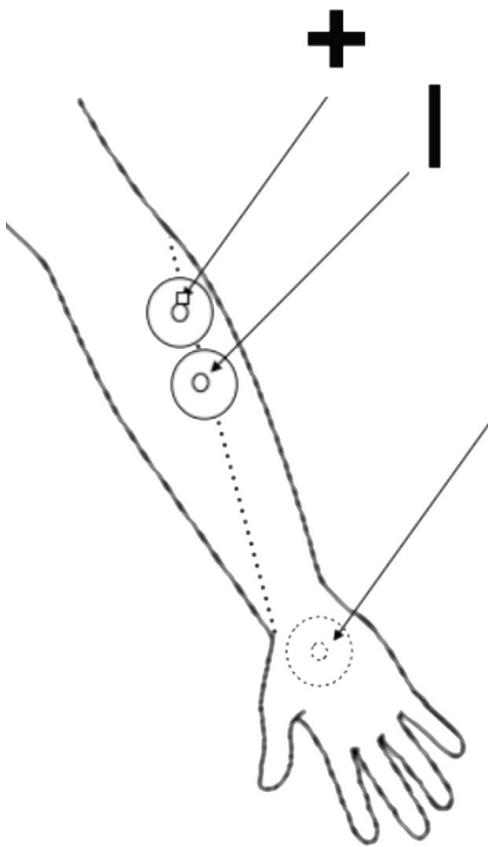
-
- Исследовать феномен вовлечения в скелетной мышце.
- Сравнить силу мышц предплечья правой и левой рук

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДЭ (давление и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Комплект одноразовых или многоразовых электродов (6 шт.).
- Электродный гель.
- Медицинский пластырь.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДЭ.
2. На предплечья испытуемого с обеих сторон наклеивают одноразовые электроды, как на рис. 18: пара электродов устанавливается в верхней трети предплечья над брюшком поверхностного сгибателя пальцев, ориентируясь на линию, соединяющую локтевой и шиловидный отростки, электрод заземления фиксируют на тыльной поверхности в области запястья. Места установки электродов следует предварительно обезжирить спиртосодержащей жидкостью. Для лучшего контакта, перед наклеиванием электрода, на его подушечку наносят несколько капель электродного геля. После наклеивания присоединяют провода согласно схеме на рис.18.
3. Испытуемый захватывает регистратор ладонью обследуемой конечности, как на рис. 4, вариант 7: в руку берется та половина, где находится



Земля

Рис. 18. Схема расположения электродов на предплечье

компрессионная камера (часть с колпачком). Откручивают колпачок и выжидают в течение 3-5 мин, прогревая ладонью корпус прибора.

4. Испытуемый усаживается на стул, рука с регистратором согнута в локтевом суставе, тыльная поверхность кисти свободно лежит на бедре. *Такое положение обеспечивает максимальное расслабление мышц предплечья.*

5. Помощник запускает программу «Power-Graph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Динамометрия и ЭМГ», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Вверху отображается канал для динамометрии, внизу – запись ЭМГ.

6. Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц. Работа состоит из двух частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

7. Нажимают на кнопку «Старт», закручивают колпачок компрессионной камеры регистратора. Если давление продолжает расти, вновь откручивают колпачок и продолжают прогревать компрессионную камеру еще 2-3 минуты, снова закручивают колпачок, добиваясь, пока кривая давления не стабилизируется на одном уровне,
8. Наблюдают и за кривой ЭМГ, здесь также не должно быть высокоамплитудных колебаний, что свидетельствует о повышении мышечного тонуса. Тонус необходимо уменьшить, максимально расслабив руку.
9. После удачной записи фоновой активности (см. рис. 19) испытуемого просят слегка сжать корпус регистратора в течение 2-3 секунд и ненадолго расслабить руку, а затем повторить цикл с умеренным, а потом и максимально возможным усилием. Помощник нажимает на кнопку «Стоп».
10. Сохраняют файл и приступают к анализу данных (меню «Файл – Сохранить»).

Выделяют участок кривой, соответствующий минимальному усилию. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», появится вкладка из трех столбцов. В столбце «Категория» выбирают пункт «Statistics», в столбце «Функция» помечают параметр «Max-Min», в пункте «Источник данных» выделяют канал «Динамометр». В меню «Функция» выбирают пункт «Вычислить» или нажимают изображение шестеренки. Данные разности между максимальным и минимальным значениями амплитуды отобразятся в поле сохранения результатов. Повторяют измерения амплитуды для трех сокращений, данные из таблицы значений переносят в таблицу 14.

11. Переходят к каналу ЭМГ, повторяют аналогичные вычисления, кроме этого, также вычисляют параметр «Absolute sum» из категории «Sum», полученные результаты заносят в таблицу 4.

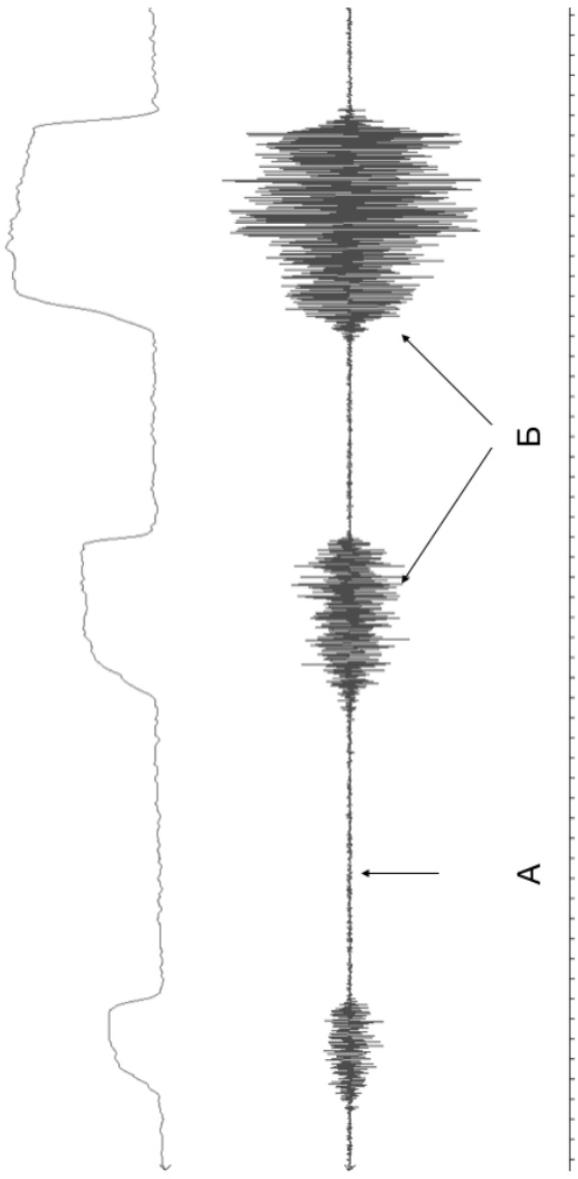


Рис. 19. Динамометрия (вверху) и ЭМГ (внизу). А- фоновая электрическая активность; Б- различная степень сокращения мышц

12. Переключают провода усилителя на противоположную конечность и повторяют исследование, начиная с п 9. Заполняют таблицу 5.

13. Сохраняют кривые, распечатывают их и клеивают в протокол.

14. Формулируют выводы. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Электрическую активность и силу каких мышц оценивали в данной работе?
- Что лежит в основе изменения длины мышцы при ее сокращении и расслаблении?
- Как размер двигательной единицы отличается у различных мышц (например, мимические мышцы и крупные мышцы бедра)? Каков смысл этого отличия?
- Как проявляется и каков механизм феномена вовлечения?
- От каких факторов зависит максимальная сила мышцы?

Таблица № 4. Расчет показателей сокращений для мышц предплечья правой верхней конечности.

	Прирост давления (мм рт ст)	Амплитуда (мВ)	ЭМГ	Суммарное амплитуды (мВ)	значение
В покое					
Сжатие № 1					
Сжатие №2					
Сжатие №3					

Таблица № 5. Расчет показателей сокращений для мышц предплечья левой верхней конечности.

	Прирост давления (мм рт ст)	Амплитуда ЭМГ (мВ)	Суммарное значение амплитуды (мВ)
В покое			
Сжатие № 1			
Сжатие №2			
Сжатие №3			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. «ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЗА- ДЕРЖКИ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ИЗОМЕТРИ- ЧЕСКИХ СОКРАЩЕНИЯХ СГИБАТЕЛЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ»

Электромеханическая задержка представляет собой период времени от начала всплеска электрической активности мышц до развития сокращения мышцы. С точки зрения физиологии мышечного сокращения и биомеханики, электромеханическая задержка включает в себя: 1) временные затраты, связанные с распространением возбуждения от концевых пластинок в толщу мышцы; 2) механические процессы, направленные на преодоление пассивных эластических свойств миоцитов, а также сухожилий, с помощью которых мышцы прикрепляются к надкостнице. Величина задержки прямо пропорциональна начальной величине мышцы, так как

увеличивается механическая составляющая и на преодоление эластических свойств мышце приходится затрачивать дополнительное время. Наличие высокого мышечного тонуса, напротив, уменьшает электромеханическую задержку.

В клинике электромеханическую задержку изучают в условиях раздражения периферических нервов, поэтому к перечисленным временным затратам присоединяется проведение возбуждения по нерву и через синапс.

Изучение электромеханической задержки позволяет выявлять заболевания периферических нервов, синаптического аппарата, различную патологию двигательных систем в динамике. В спортивной медицине данный метод позволяет в динамике оценивать степень тренированности и готовности к соревнованиям. С целью оценки электромеханической задержки одновременно регистрируют ЭМГ и показания динамометра.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать и сравнить механическую и электрическую активность мышц предплечья в покое и на фоне произвольных сокращений.
- Измерить время электромеханической задержки в состоянии покоя и после физических упражнений.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДЭ (давление и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Комплект одноразовых или многоразовых

электродов (3 шт.).

- Электродный гель.
- Исследование проводят по методике, используемой в работе «Динамометрия и электромиография».

Ход работы:

Повторяет пп. 1-8 работы «Динамометрия и электромиография»,
«
».

9. Испытуемый должен максимально расслабить мышцы, чтобы ЭМГ соответствовала рис. 20, затем испытуемого просят с умеренным усилием сжать корпус регистратора в течение 2–3 с. Не останавливая запись, просят ненадолго расслабить руку, а затем повторить сжатие 3-4 раза. Помощник нажимает на кнопку «Стоп».

10.

-

10

раз, затем вновь расслабить руку. Через 20-30 секунд после упражнений повторяют запись, как описано в п. 9.

Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу данных. Выделяют участок кривой, соответствующий электромеханической задержке, которая соответствует началу повышенной активности ЭМГ и началу сокращения, как это показано на рис. 20. Для удобства визуализации используют масштаб шкалы времени 5:1 и ниже.

11. В меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в меню «Категории» выбирают «Selection» – «Selection duration». Нажимают F5 или на изображение шестеренки в меню. В поле результатов появится значение задержки.

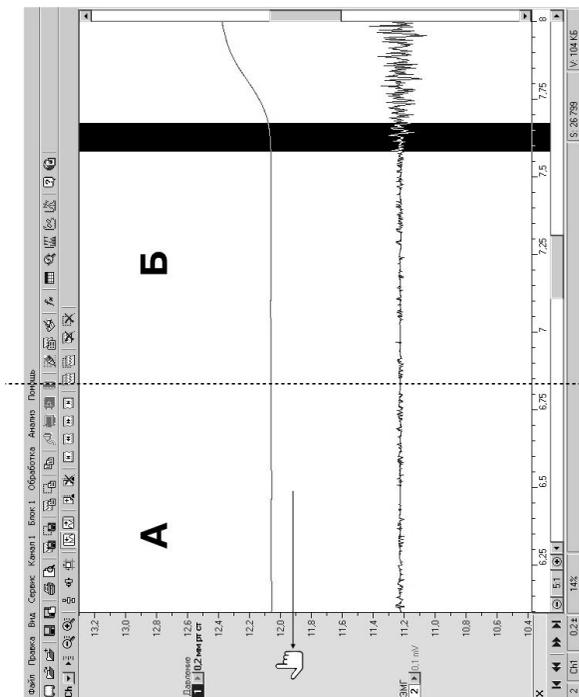


Рис.20. Интерфейс программы для записи электромеханической задержки. Для удобства визуализации используются масштаб шкалы времени 5:1 и ниже. А– покой, Б– произвольное сокращение предплечья. Стрелкой показано смещение шкалы показаний динамометра

12. Закрывают меню «Таблицы значений», перемещаются к следующему участку кривой и повторяют указанные действия. Результаты заносят в Таблицу 6.

13. Формулируют выводы. В выводах должны быть отражены ответы на следующие вопросы:

- Какие процессы происходят в волокне скелетной мышцы в период электромеханической задержки?
- Какие факторы могут влиять на продолжительность электромеханической задержки?
- Чем можно объяснить разницу во времени электромеханической задержки при сокращении мышцы до и после активной работы?

Таблица № 6. Расчет продолжительности электромеханической задержки при произвольном изометрическом сокращении мышц предплечья.

	Величина задержки (мс)	
Сжатие №1		На фоне относительного покоя
Сжатие №2		
Сжатие №3		
Усредненное значение		
Сжатие №1		После физической нагрузки
Сжатие №2		
Сжатие №3		
Усредненное значение		



**ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬ-
НОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. «ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ КОЛЕННОГО РЕФЛЕКСА»

Временем рефлекса называют промежуток времени от момента нанесения раздражения до ответной реакции.

Время рефлекса ($t_{\text{реф.}}$) складывается из: периода активации рецептора ($t_{\text{рец.}}$), времени проведения возбуждения по афферентному пути ($t_{\text{афф.}}$), центрального времени ($t_{\text{ц.}}$), времени проведения возбуждения по эфферентному пути ($t_{\text{эфф.}}$), периода ответа эффектора, например мышцы ($t_{\text{м.}}$):

$$t_{\text{реф}} = t_{\text{рец.}} + t_{\text{афф.}} + t_{\text{эфф.}} + t_{\text{ц.}} + t_{\text{м.}}$$

Наиболее значительная часть временных затрат приходится на центральное время рефлекса-проведения возбуждения в нервных центрах. Чем большее число нейронов принимает участие в рефлекторной дуге, тем продолжительнее центральное время рефлекса. Для сухожильного рефлекса, в дуге которого два нейрона, а в цен-

тральном звене один синапс, время рефлекса составляет 19–23 мс, для полисинаптического мигательного рефлекса 50–200 мс. Помимо количества синапсов, время рефлекса зависит от состояния центральной нервной системы. Например, при использовании приема Ендрассика, вызывающего дополнительное возбуждение в спинном мозге, время сухожильных рефлексов уменьшается, а рефлексы становятся более выраженными вследствие явления синаптического облегчения.

Коленный рефлекс относится к соматическим рефлексам спинного мозга, его вызывают ударом по сухожилию четырехглавой мышцы бедра под коленом, что приводит к резкому растяжению мышцы, которая отвечает кратким сокращением (происходит разгибание в коленном суставе). Рефлекторная дуга данного рефлекса представлена: 1) рецептором – мышечным веретеном, расположенном в четырехглавой мышце; 2) чувст-

вительным звеном – отростками клеток спинального ганглия; 3) двигательным звеном – альфамотонейронами спинного мозга с аксонами и четырехглавой мышцей (рис.21). Так как рефлекторная дуга коленного рефлекса начинается и заканчивается в одной и той же мышце, его также называют собственным или *миотатическим*, а вследствие того, что рефлекс вызывается ударом по сухожилию, *сухожильным*. Сухожильные рефлексы– коленный, ахиллов, с двуглавой и трехглавой мышц плеча входят в рутинное неврологическое обследование, предназначенное для тестирования двигательных систем, получило широкое распространение в клинике.

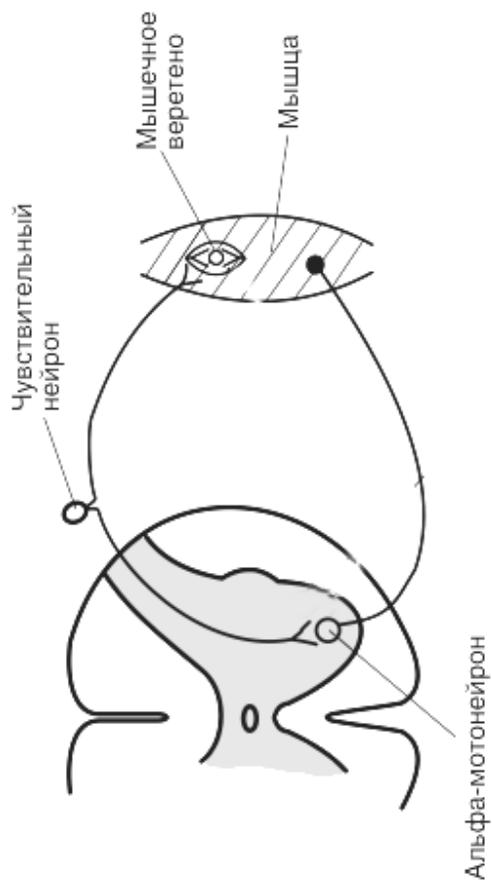


Рис. 21. Рефлекторная дуга сухожильного рефлекса (По Н.Н. Алипову, 2008, с изменениями)

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой вызывания сухожильных рефлексов.
- Измерить время коленного рефлекса.
- Изучить влияние силы удара по сухожилию, а также приема Ендрассика на время и выраженность рефлекса.
- Сравнить время произвольной двигательной реакции с временем коленного рефлекса.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДП (давление и пьезодатчик).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Неврологический молоточек.

- Комплект текстильных застежек и чехол для регистратора.
- Полоска лейкопластыря.

Проведение работы должно выполняться в тихой и спокойной обстановке.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДП.
2. Пьезодатчик закрепляют поверх одежды над коленной чашечкой с на ленте-липучке или полосках лейкопластыря таким образом, чтобы область сухожилия четырехглавой мышцы была свободной. Датчик регистрирует колебания, возникающие при ударе неврологическим молоточком в области коленного сустава.
3. Регистратор ориентируют разъемом вверх, вкладывают в чехол и закрепляют на внутренней

поверхности голени испытуемого, как показано на рис. 4, вариант 5 и рис.13.

4. Испытуемого усаживают на высокий стул или на поверхность стола, подошвы на должны касаться пола, ноги расслаблены и свободно свешиваются. Для лучшего расслабления помощник должен слегка разогнуть ногу испытуемого в коленном суставе, чтобы отпустить добиться свободного покачивания конечности. Во время тестирования глаза испытуемого должны быть закрыты.

5. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Время рефлекса», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Вверху отображается канал для молоточка, а внизу реакция – запись движения конечности с помощью акселерометра.

6. Запись будет осуществляться с частотой 4 кГц. Работа состоит из четырех частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп». Нажав на кнопку «Старт» проводят тестовую регистрацию. Испытуемого просят разогнуть ногу в коленном суставе, кривая движения конечности должна отклониться вверх. Тестируют также отметку от удара молоточком. В итоге должна получиться картина, как на рис. 23.

7. Во время этого этапа также практикуются вызывать коленный рефлекс: удар молоточком должен приходиться на нижнюю треть сухожилия четырехглавой мышцы, несколько кнаружи от средней линии. Для удобства, помощник может пометить место удара полоской лейкопластыря. Отработав методику вызова коленного рефлекса, нажимают кнопку «Стоп» и приступают к следующему этапу.

8. Теперь определяют влияние силы удара молоточком на выраженность и время рефлекса. Нажимают кнопку «Старт» и с интервалом в 5-6 с наносят пять умеренных ударов молоточком, а затем пять сильных. О силе ударов помощник судит по отображению на экране. Нажимают кнопку «Стоп» и приступают к следующему этапу.

9. На следующем этапе определяют влияние приема Ендрассика на выраженность и время рефлекса. Испытуемый сцепляет пальцы двух рук в замок перед грудью, а затем пытается разорвать этот замок (рис. 22) (как варианты – сильно сжимает челюсти или сжимает своей рукой кисть помощника). На этом фоне помощник нажимает кнопку «Старт» и с интервалом в 5-6 с наносит серию из пяти умеренных ударов молоточком,



Рис. 22. Выполнение приема Ендрассика. В роли испытуемого сам автор-Ерно Ендрассик (1858-1921)

после чего нажимает кнопку «Стоп» и приступает к следующему этапу.

10. Нажимают кнопку «Старт» и осуществляют последний фрагмент записи – испытуемый произвольно пять раз выпрямляет конечность в такт ударам, которые наносят не по сухожилию, а по поверхности коленной чашечки. Нажимают кнопку «Стоп» и сохраняют полученный файл. (меню «Файл» – «Сохранить»).

11. Проводят пост-обработку кривых: вручную переименовывают и записанные блоки, подставив вместо значений времени названия этапов исследования (тестовая регистрация, коленный рефлекс без посторонних воздействий, на фоне приема Ендрассика, удары разной силы, произвольное разгибание).

12. Приступают к анализу полученных данных. Для этого последовательно, в каждом

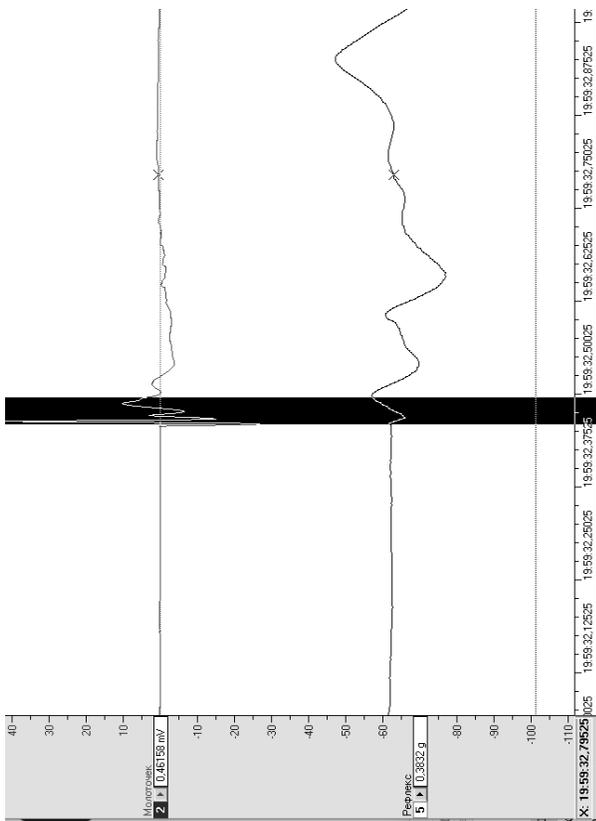


Рис 23. Измерение времени сухожильного рефлекса. Сверху вниз: отметка от удара молоточком, ответная реакция. Темная выделенная полоса - участок от начала использования стимула до начала реакции.

записанном блоке, начиная со второго, выделяют участок кривой от отметки удара молоточка до начала ответа (рис.23), открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Selection выбирают функцию Duration, нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится запись Selection duration со значением в секундах. Переходят к следующему блоку записи и повторяют вычисления. Данные по каждому измерению заносят в таблицу 7.

13. Во втором блоке записи, где наносили удары разной силы, дополнительно изучают зависимость между силой удара и величиной ответной реакции. Для этого отдельно измеряют разность между максимальным и минимальным значением удара и ответной реакции. Выделяют

участок с реакцией конечности⁶, открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistic выбирают функцию Max-Min, нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Обратите внимание, чтобы в графе «Источник данных» был выделен канал с названием «Реакция». Закрывают это окно, затем на канале «Молоточек» выделяют график удара и используя аналогичную функцию Max-Min определяют разность между максимальным и минимальным значением удара. Данные записывают в таблицу 8.

14. При подготовке выводов отвечают на следующие вопросы:

- Где расположены нервные центры коленного рефлекса?
- Что представляет собой коленный рефлекс по разным классификациям?

⁶ Обратите внимание, что в начале может отмечаться небольшое отклонение книзу, синхронное с ударом молоточка- это артефакт раздражения, его не включают в область выделения

- Как сила воздействия влияет на величину рефлекса и какой предполагается механизм?
- Как выполнение приема Ендрассика влияет на рефлекс и какое физиологическое обоснование данного приема?

15. Анализируют результаты и формулируют выводы.

16. Сохраняют кривые, распечатывают их и клеивают в протокол. В протокол вносят схему коленного рефлекса у человека.

Таблица 7. Исследование времени коленного рефлекса в различных условиях

№ воздействия	Коленный рефлекс без посторонних воздействий	На фоне приема Эндрасса	Произвольное разгибание
1			
2			
3			
4			
5			
Среднее значение			

Таблица 8. Исследование зависимости между силой удара и величиной ответной реакции

№ воздействия	Коленный рефлекс без посторонних воздействий	
	Сила удара	Величина ответной реакции
1		
2		
3		
4		
5		
Среднее значение		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. «ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЭКСТЕРОРЕЦЕПТИВНОГО РЕФЛЕКСА У ЧЕЛОВЕКА»

В предыдущей работе даны теоретические основы, позволяющие определить время рефлексов, а также характеристика проприорецептивных рефлексов спинного мозга. Экстерорецептивная чувствительность играет не меньшую роль в приспособительных реакциях организма на тактильные, температурные и болевые стимулы. В отличие от моносинаптических сухожильных рефлексов, экстерорецептивные рефлексы спинного мозга относят к полисинаптическим. Рефлекторная дуга данного рефлекса представлена: экстерорецептором, расположенном в коже; чувствительным нейроном, вставочным нейроном (одним или несколькими), альфа-мотонейроном спинного мозга и эффектором – поперечнополосатой мышцей (рис.24).

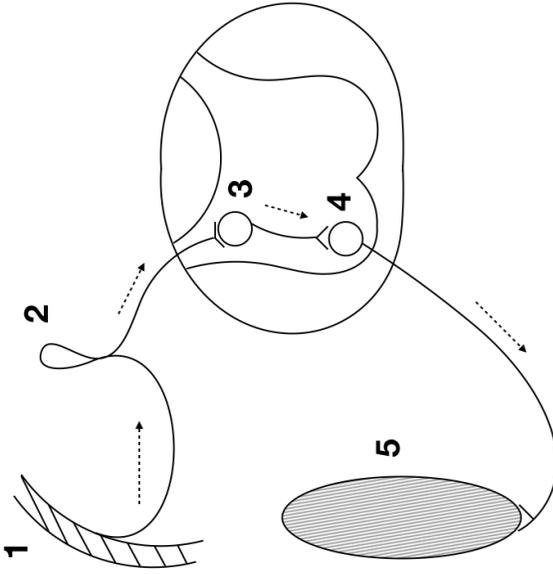


Рис. 24. Рефлекторная дуга экстерорецептивного рефлекса: 1 - кожный рецептор; 2- чувствительный нейрон; 3- вставочный нейрон; 4- моторный нейрон; 5- скелетная мышца. Стрелками показано направление проведения возбуждения.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой изучения экстерорецептивных рефлексов.
- Измерить время рефлекса, вызванного температурными и болевыми стимулами.
- Изучить влияние интенсивности температурного воздействия на время рефлекса.

Данная работа представляет собой модификацию опыта Тюрка, в оригинале выполнявшейся на спинальной лягушке. Естественно, что на испытуемом подобные условия нереализуемы, поскольку данный рефлекс модулируют нисходящие влияния коры больших полушарий, однако несмотря на это, общие закономерности, впервые обнаруженные в эксперименте L. Turck, можно проследить и в нашей версии опыта.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ТТ (термометр и термометр).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Чехол для регистратора и комплект текстильных застёжек.
- Плоская металлическая емкость для воды, шириной от 25 см, высотой от 30 см.
- Чайник с горячей водой.
- Бутылка с холодной водой (4-10 °С).
- Длинная ложка или палочка для перемешивания жидкости.
- Лейкопластырь.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
2. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ТТ.
3. Емкость для горячей воды устанавливают на стол. Снаружи, в верхней трети емкости, длинными крестообразными полосками лейкопластыря укрепляют термодатчик с маркировкой Т1, а провод другого датчика скручивают в кольцо и закрепляют на чехле.
4. Емкость заполняют водой. Следят за тем, чтобы уровень жидкости в емкости с горячей водой был выше закрепленного снаружи датчика.
Важно: Температура горячей воды должна быть не выше 65°C ! Бутылку с ледяной водой также укладывают на стол: она будет использоваться для охлаждения ладони.
5. Регистратор помещают в чехол разъемом вверх и закрепляют на предплечье поверх одеж-

ды, дополнительно фиксируя на противоположном надплечье длинной застежкой, (см. рис. 4.4 и 13).

6. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Время экстероцептивного рефлекс», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Вверху отображается температура горячей воды, внизу – запись движения конечности с помощью акселерометра – «Реакция» (рис. 25).

7. Запись будет осуществляться с частотой 1000 Гц. Работа состоит из нескольких частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

8. Нажав на кнопку «Старт» проводят тестовую регистрацию. Испытуемого просят прижать ладонь руки с прикрепленным регистратором к бутылке с холодной водой, подождать 20– 30с, затем произвольно отдернуть руку. Начало контакта и его прекращение должно быть зафиксировано на нижней кривой (рис. 25). Если записанные параметры соответствуют рисунку, регистрацию останавливают нажатием на кнопку «Стоп» и переходят к основному этапу регистрации.

9. Испытуемый кладет ладонь на стол на расстоянии 5-6 см от емкости с горячей водой, в это время помощник нажимает на кнопку «Старт», через несколько секунд испытуемый энергично прижимает ладонь к емкости с горячей водой и удерживает в таком положении, пока в состоянии терпеть. После наступления реакции помощник останавливает запись. Ориентируясь исключительно на собственные ощущения,

испытуемый отдергивает руку и быстро перемещает ее к бутылке с холодной водой и охлаждает кисть до устранения неприятных ощущений⁷. Следующий этап начинают через 30 с после отнятия кисти от бутылки с холодной водой.

10. Помощник вновь нажимает на кнопку «Старт» и помешивая, подливает в емкость с горячей водой кипятка, увеличив температуру на 2-3°С. Повторяют измерение времени рефлекса (см. предыдущий пункт), а затем останавливают запись нажатием на кнопку «Стоп».

11. Замеряя время рефлекса в 5-6 приемов, увеличивают температуры воды, доводя ее до 60-65 °С, не забывая после каждой реакции охладить кисть.

12. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу данных.

14. При анализе, в каждом записанном блоке, начиная со второго, выделяют участок кривой от

⁷рекомендуем отвлекать чтением нейтрального текста вслух

отметки акселерометра, соответствующей началу воздействия, до момента возникновения реакции. Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Selection выбирают функцию Duration на канале «Реакция», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится запись Selection duration со значением в секундах. На том же участке измеряют температуру горячей воды: в категории «Statistics» выбирают функцию «Mean» на канале «Горячая вода», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Данные по каждому измерению заносят в таблицу 9 и строят линейный график зависимости времени рефлекса от температуры воды, где по оси абсцисс отмечают температуру от 50 до 65°C, по оси ординат – время в секундах. Переходят к следующим блокам и повторяют вычисления.

13. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

14. Анализируют результаты и формулируют выводы. При формулировании выводов, желательно включить в них ответы на следующие вопросы:

- Какое значение носит данный рефлекс?
- По какой причине меняется время рефлекторной реакции при изменениях температуры воды?
- Как объяснить, что высоких температурах время рефлекса практически не меняется?

Таблица 9. Зависимость времени рефлекса от температуры воды

№ измерения	Температура воды (°C)	Время рефлекса (с)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.
«ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ РЕФЛЕКСА ОТ
ВЕЛИЧИНЫ РЕЦЕПТИВНОГО ПОЛЯ»

Возбуждение в ЦНС способно к суммации. Процесс суммации осуществляется с помощью синаптических контактов. Известно, что по локализации синапсы делятся на аксо-соматические, аксо-дендритические и аксо-аксональные. Химические синапсы выделяют медиатор, воздействующий на рецепторы пост-синаптической мембраны, в результате чего на ней открываются ионные каналы и происходит изменение заряда в виде деполяризации (ВПСП), либо гиперполяризации (ТПСП). ВПСП и ТПСП возникают на дендритах и соме нервной клетки, генерация ПД в происходит в области с наибольшей концентрацией потенциалзависимых ионных каналов– аксональном холмике. Для генерации ПД необходимо, чтобы заряд мембраны

преодолеет критический уровень деполяризации, что как правило, выше потенциала покоя на 10-15 мВ. Одиночный ВПСП всегда подпороговый, его амплитуда редко превышает 3 мВ, поэтому он не способен вызвать ПД, однако при сложении нескольких ВПСП, заряд мембраны может сдвинуться на 10-15 мВ и превысить критический уровень, что повлечет за собой развитие ПД и распространение его по аксону. Таким образом, сома и дендриты представляют собой афферентную часть нейрона, аксональный холмик-интегративную, а аксон – эфферентную. Суммация возбуждения в ЦНС осуществляется двумя способами: временным и пространственным. При *временной суммации*, ВПСП поступают на нейрон от одного и того же числа синапсов, ко-торые активируются чаще. Примером временной суммации будет работа: «Исследование времени экстерорецептивного рефлекса у человека», где показано, что время рефлекса уменьшается с

увеличением силы стимула. Количество нейронов, площадь рецептивного поля в данном исследовании не меняются, увеличение силы стимула приводит к суммации ВПСП, которые под воздействием возрастающего раздражителя становятся более частыми.

При пространственной суммации увеличивается число синапсов, одновременно производящих ВПСП на мембране нейронов, ответственных за реализацию рефлекса, заряд мембраны в области аксональных холмиков быстрее достигает критического уровня, способствуя скорому возникновению ПД. Получить явление пространственной суммации можно, увеличив площадь рецептивного поля рефлекса: вовлекается большее число рецепторов, а соответственно возрастает количество афферентных нейронов, в связи с чем увеличивается число выделяющих медиатор аксо-соматических и аксо-дендритических синапсов.

Задачи исследования:

- Измерить рефлекса, вызванного температурными и болевыми стимулами при разной величине рецептивного поля
- Изучить влияние площади рецептивного поля при температурном воздействии на время оборонительного рефлекса.

Оборудование и материалы:

Полностью идентичны используемым в работе «Исследование времени экстерорецептивного рефлекса у человека».

Ход работы:

Пп 1-9 идентичны работе «Исследование времени экстерорецептивного рефлекса у человека»,

:

«

».

10. Через 30-40 с по отнятии руки от бутылки с холодной водой, помощник нажимает на кнопку «Старт», испытуемый вновь прикасается к емкости с горячей водой не всей ладонью, а лишь кончиком одного пальца.

11. Повторяют измерение времени рефлекса по описанной в предыдущем пункте методике.

12. Повторяют исследование времени рефлекса 2-3 раза для ладони и кончика пальца, не забывая после каждой реакции охлаждать кисть и понемногу подливать кипяток в емкость с горячей водой для стабилизации температуры, которая, в отличие от предыдущей работы, *не должна изменяться и составлять около 50 °С*.

13. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить»). Переименовывают блоки записи, заменяя значение времени на «Кисть» и «Палец» в соответствии со схемой опыта, сохраняют файл вновь и приступают к анализу данных.

14. При анализе, в каждом записанном блоке, начиная со второго, выделяют участок кривой от отметки акселерометра, соответствующей началу воздействия до момента возникновения реакции. Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Selection выбирают Selection Duration функцию на канале «Реакция», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится запись Selection duration значением в секундах. Данные по каждому измерению заносят в таблицу 10. Переходят к следующим блокам и повторяют вычисления.

15. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

16. Анализируют результаты и формулируют выводы. При подготовке выводов следует учесть ответы на следующие вопросы:

- Какой предположительно вид суммации иллюстрирует данная работа?
- Какие рецепторы задействованы в реализации данного рефлекса?
- Как объяснить полученный результат, если известно, что на кончиках пальцев выше порог и больше рецепторов?

Таблица 10. Зависимость времени рефлекса от рецептивного поля

№ измерения	Время рефлекса (с)	
	Ладонь целиком	Кончики пальцев
1		
2		
3		
4		
Среднее время рефлекса		

IV

ФИЗИОЛОГИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. «ИЗУЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ»

Временем сенсомоторной реакции называют период от начала подачи сигнала до ответной реакции, выраженной в сокращении определенных групп мышц. В данном периоде различают три этапа, включающие:

- время прохождения нервных импульсов от рецептора до коры головного мозга;
- время, необходимое для переработки нервных импульсов в коре и организации ответной реакции в центральной нервной системе;
- время, необходимое для осуществления мышечного сокращения.

Время реакции зависит от модальности стимула, определяемой видом раздражителя, его интенсивностью, тренированностью, настроенностью на восприятие сигнала, возраста и пола, степени сложности (простая реакция или по выбору).

Оно также зависит от скорости проведения возбуждения в разных нервах, поэтому варьируется в широких пределах. Например, в слуховой и тактильной сенсорных системах она наименьшая и составляет 100-140 мс, для зрительной системы эта величина имеет значение 150-255 мс, для обонятельной – 200-300 мс, на а болевые раздражители около 400-1000 мс. Отметим, что большая часть времени реакции затрачивается на обработку стимула в коре, где осуществляется психологическая интерпретация раздражителя и подготовка к соответствующему ответу.

По степени сложности произвольные сенсомоторные реакции можно разделить на следующие разновидности: 1) простая, 2) реакция различения, 3) реакция выбора.

Простой реакцией в психофизиологии называют реакцию, которая осуществляется в условиях предъявления одного заранее известного сигнала и получения одного определенного ответа. На-

пример, в ответ на звуковой, световой, тактильный и т. д. сигналы испытуемый должен как можно быстрее осуществить определенное действие – нажать на кнопку и т.п.

Реакцией различения обозначают реакцию, которая производится в условиях, когда человек должен реагировать только на один из двух или нескольких сигналов одной и той же модальности, т.е. стимула такой же природы. Например: зеленый свет светофора – «идите» (есть реакция), красный свет – «стойте» (нет реакции).

Реакция выбора имеет место также при предъявлении двух или нескольких сигналов, но при условии, что нужно отвечать на каждый из них определенным действием (например, нажать на кнопку несколько раз). Время реакции различения и реакции выбора, по сравнению с временем простой реакции, увеличивается на 10-20%, но может варьировать и в более широких границах, поскольку требует включения механизмов сен-

сорного различения и выбора программы ответных действий.

Время реакции – один из важнейших факторов профессионального отбора; имеющее решающее значение при определении психофизиологических возможностей человека выполнять ответственные виды деятельности, например авиадиспетчера, пилота, водителя и т.д.

Задачи исследования:

- Измерить время слуховых моторных реакций разной степени сложности у нескольких испытуемых
- Сравнить полученные результаты у одного испытуемого
- Сопоставить время реакций одного типа сложности у разных испытуемых
- Изучить влияние научения на время реакции.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик КМ (кнопка и микрофон).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB- портом.
- Аудиоколонки.
- Полоска лейкопластыря или канцелярская резинка.

Обстановка в аудитории для проведения этой работы, как и для других психофизиологических исследований, должна быть тихой и спокойной.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Проверяют работоспособность аудиосистемы, используя средства Windows. Из папки «Образцы файлов» с предложенного установочного носителя на рабочий стол копируют файл «Фонограмма к изучению времени сенсомоторных реакций».
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик КМ.
3. Микрофон надежно закрепляют на передней поверхности решетки аудиоколонки с помощью лейкопластыря или канцелярской резинки.
4. Положение регистратора должно соответствовать

усаживают за стол, предплечья без напряжения расположены на столешнице, большие пальцы ведущей руки (у правой – правой, у левой – левой) лежат на кнопке: испытуемый должен быть готов к нажатию в ответ на подаваемый аудио-

сигнал. Во время тестирования испытуемого просят закрыть глаза.

5. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «ADC-Double», затем АЦП 1 – «BioRecorder», АЦП 2 – «PlayFile», после чего нажимает кнопку «BioRecorder + PlayFile». Возникнет диалоговое окно выбора файла для проигрывания, где следует выбрать файл «Фонограмма к изучению времени сенсомоторных реакций», в котором хранятся аудиосигналы для проведения работы.

6. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Время реакции», в результате чего возникнет поле для трехканальной записи. Вверху отображается канал для регистрации реакций, посередине –

запись аудиосигнала, внизу – запись фонограммы аудиосигналов⁸.

7. В меню «Сервис» выбирают пункт «Звуковой выход», в возникшем окне выбирают переключатель «Канал» и «Фонограмма». В этом случае из колонок, подключенных к компьютеру, в автоматическом режиме будут подаваться звуки, записанные в файле «Фонограмма к изучению времени сенсомоторных реакций».

8. Запись будет осуществляться с частотой 10 кГц. Работа состоит из 5 последовательных частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт». Завершение каждого этапа осуществляется автоматически.

9. Первый фрагмент записи – пробный. Помощник нажимает на кнопку «Старт», из динамиков начинают раздаваться три вводных контрольных сигнала, а затем основной сигнал, в от-

⁸ Отображение фонограммы необходимо для контроля работы аудиосистемы и вывода звука. При анализе будет использоваться сигнал с микрофона.

вет на который испытуемый должен потренироваться как можно быстрее нажимать кнопку. Данный фрагмент, как и все последующие завершается через 30 с серией из 3 контрольных сигналов, на который испытуемый не должен реагировать. Во время данного этапа помощник убеждается, что уровень громкости аудиосистемы достаточен для испытуемого и для графической регистрации фонограммы. При необходимости настраивают громкость с помощью регулятора на колонках или средствами Windows. Следует добиваться картины, как на рис. 26.

10. После небольшого отдыха помощник нажимает на кнопку «Старт»– начинается серия исследования времени простой сенсомоторной реакции. Через равные промежутки времени будет подано более 10 одинаковых стимулов, испытуемому необходимо нажать и отпустить кнопку сразу после начала аудиосигнала. Проигрывание завершится самостоятельно. Делают

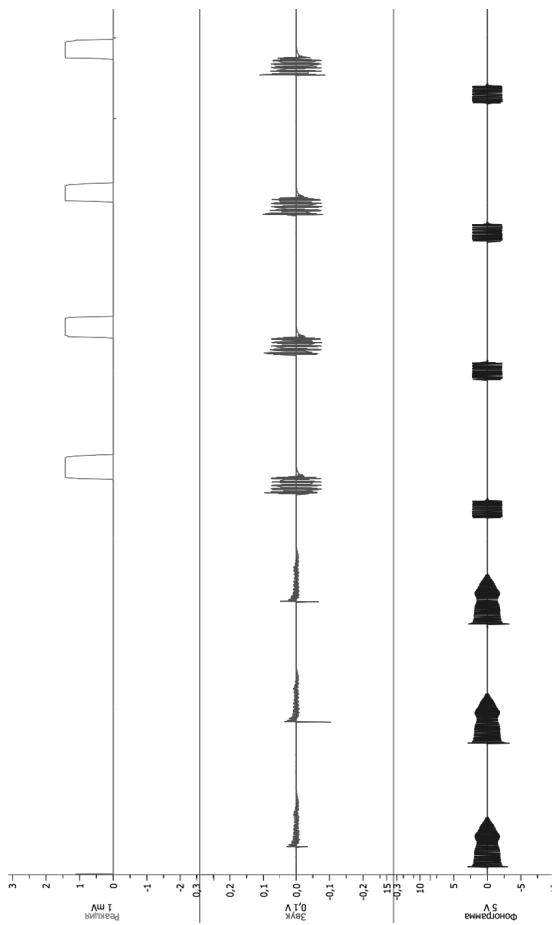


Рис. 26. Внешний вид кривых при измерении времени реакции. Сверху вниз: нажатие на кнопку, записанный аудиосигнал и фонограмма. Видно, что фонограмма несколько опережает сигнал с микрофона— это нормальное явление, связанное с задержкой по Bluetooth.

небольшой перерыв и приступают к следующему этапу.

11. В следующей серии тот же звуковой сигнал будет подаваться с различными промежутками. Помощник нажимает на кнопку «Старт», испытуемый должен нажимать на кнопку после звукового сигнала. Завершение осуществится автоматически.

12. Очередной этап, к которому приступают также после паузы, представляет собой реакцию различения. Испытуемый должен нажимать на кнопку только на предъявление основного сигнала, игнорируя иные звуки. Повторяют описанные в предыдущем пункте действия.

13. Последний этап работы представляет собой реакцию выбора, в ответ на основной сигнал необходимо нажать и отпустить кнопку 1 раз, на другой звук – 2 раза. Серия начинается нажатием на кнопку «Старт» и завершается автоматически.

14. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить»). Переименовывают также и записанные блоки, подставив вместо значений времени названия этапов исследования (настройка регистрации, простая реакция, простая реакция с разными промежутками подачи сигнала, реакция различения, реакция выбора).

15. Вновь сохраняют файл и приступают к анализу полученных данных. Масштабируют кривые по горизонтали (соотношение 5:1 или меньше). Затем, последовательно в каждом фрагменте, начиная со второго, выделяют участок кривой от начала звукового сигнала до нажатия на кнопку (рис.27), открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Selection выбирают функцию Duration, нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится

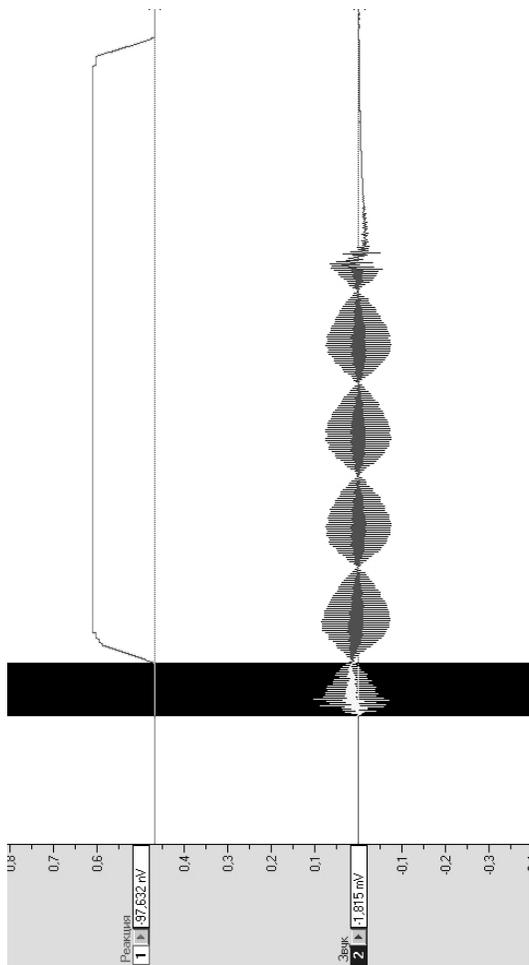


Рис 27. Пример измерения времени реакции. Выделен фрагмент от начала подачи звукового сигнала до момента нажатия на кнопку

запись Selection duration со значением в секундах. Переходят следующему участку кривой и повторяют вычисления. Для каждого вида реакции обычно производят три измерения, вычисляя среднее арифметическое, значение которого заносят в таблицу 11.

16. По каждому блоку записи подсчитывают процент ошибок (преждевременные нажатия, нажатие в ответ на звук иной частоты и т.п.). При поиске ошибок ориентируются на внешний вид основного сигнала на канале «Звук».

17. По заполнении таблицы 11, испытуемый меняется местами с помощником и делают работу заново.

18. Сохраняют кривые, распечатывают их и клеивают в протокол.

При написании выводов отвечают на ряд вопросов:

- Взаимодействие каких систем иллюстрирует данная работа?

- Каким образом и на каком этапе работы исследовали влияние научения на скорость реакции?
- В какой серии и по какой причине получены результаты с минимальным и максимальным временем реакции?
- Сравните время реакции и процент ошибок на всех этапах работы, объясните полученные результаты.

19. Формулируют выводы.

Таблица.11. Средние значения времени реакции (с) и % ошибок

Простая реакция (тестовая серия)	Простая реакция		Реакция различения		Реакция выбора			
	длительность	% ошибок	длительность	% ошибок	длительность	% ошибок	длительность	% ошибок

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9.«ЗАПИСЬ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭЛЕКТРООКУЛОГРАФИИ»

Постоянная смена положения глаз обеспечивает ясное видение объектов и правильную ориентацию головы и тела в пространстве: взгляд «ощупывает» окружающую обстановку. Фиксирование изображения интересующего объекта на сетчатке в зоне наиболее чёткого видения называется рефлексом фиксации. Различают несколько видов движений глаз: *содружественные* (осуществляемые обоими глазами) – саккады, следящие, нистагм, тремор, а также *вергентные* (при схождении зрительных осей – конвергентные движения, при расхождении – дивергентные). Изолированные движения одного глаза независимо от другого у здорового человека невозможны. Движения глаз могут быть как произвольными, так и непроизвольными. За не-

произвольные движения глаз ответственна кора затылочной доли больших полушарий мозга, а за произвольные – лобных. Движения глаз и фиксация взора осуществляются 6 парами мышц: верхними, средними и нижними прямыми, верхними и нижними косыми косыми и латеральными. Контроль за сокращением указанных мышц осуществляют ядра III, IV и VI пар черепных нервов. Для исследования движений глаз используют следующие методы: видеофиксацию, айтрекинг (фиксацию отблеска роговицы при помощи специальных видеокамер) и электроокулографию (ЭОГ). ЭОГ основана на внеклеточном измерении разности потенциалов, которая существует между роговицей и сетчаткой. Таким образом, в формирование разности потенциалов, помимо деятельности глазодвигательных мышц, существенный вклад вносит сетчатка. ЭОГ – неинвазивный метод, регистрация осуществляется

с помощью накожных электродов, закрепленных на лице испытуемого (рис. 28).

Задачи исследования:

- Сравнить движения глаз при фиксации на неподвижном и движущемся объектах.
- Измерить длительность саккад при фиксации взгляда на объекте

Оборудование и материалы

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ЭЭ (электроды и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- 5 одноразовых электродов.
- Электродный гель.

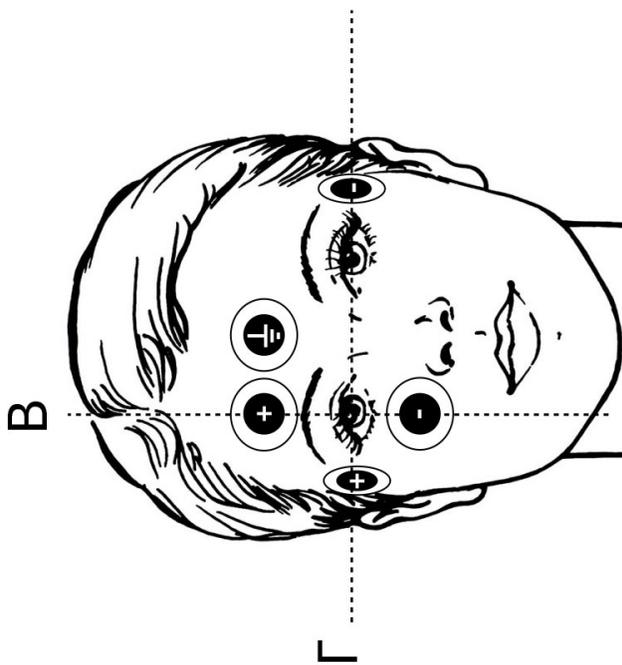


Рис. 28. Размещение электродов для регистрации ЭОГ. Г– горизонтальное отведение, В– вертикальное отведение

- Разгрузочная система для фиксации регистратора на теле испытуемого.
- Комплект текстильных застежек.
- Кресло или стул с высокой спинкой, желательно с подголовником.
- Лист бумаги А4 с напечатанным текстом, размер шрифта 28.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ЭЭ.
2. Испытуемого усаживают в кресло. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему как показано на рис. 4, вариант 1, закрепляют регистратор на разгрузочных лямках.
3. На лицо испытуемого наклеивают электроды, согласно схеме, приведенной на рис. 28.

Для наилучшего прилегания электродов их следует разместить на коже, как минимум, за 5 минут до начала записи, дополнительно добавив на подушечки несколько капель геля.

4. Подсоединяют провода в соответствии со схемой: первый положительный электрод размещают над глазницей правого глаза посередине, второй положительный – на границе подвисочной, лобной и глазничной областей справа; первый отрицательный электрод накладывают под глазницей по средней линии, второй отрицательный – напротив второго положительного на границе подвисочной, лобной и глазничной областей слева. Электрод для заземления закрепляют в лобной области над переносицей (рис. 28). Контактные провода рекомендуется заложить за ушные раковины, чтобы предотвратить натяжение и отрыв электродов.

5. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выби-

рает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «ЭОГ», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи.

6. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Вверху отображаются движения глаз по горизонтали, внизу – по вертикали. Работа состоит из двух частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается кнопкой «Стоп».

7. Приступают к записи, во время которой испытуемый должен не мигая сфокусировать взгляд на предмете, который ему показывают, а затем глазами отслеживать его положение. Расстояние от глаза испытуемого до объекта 25 см. Помощник удерживает предмет прямо перед лицом испытуемого в течение 10 с, затем перемещает объект по горизонтали на 70 градусов влево и обратно в течение 3 секунд.

8. Перед движением глаз помощник помощника вводит в поле комментариев слово «Влево» и нажимая клавишу «Ввод» ставит комментарий. Затем помощник, смещает объект вправо, что сопровождается соответствующей меткой. Существенные изменения должны быть видны на верхнем графике («ЭОГ Горизонталь»).

9. Аналогичным образом регистрируют вертикальные движения на канале «ЭОГ Вертикаль», смещение взора отмечают комментариями «Вверх» и «Вниз». При переводе взгляда вверх должно быть положительное отклонение, а вниз отрицательное.

10. Испытуемого просят несколько раз мигнуть, затем останавливают запись кнопкой «Стоп». Полученная кривая должна соответствовать кривой на рисунке 29.

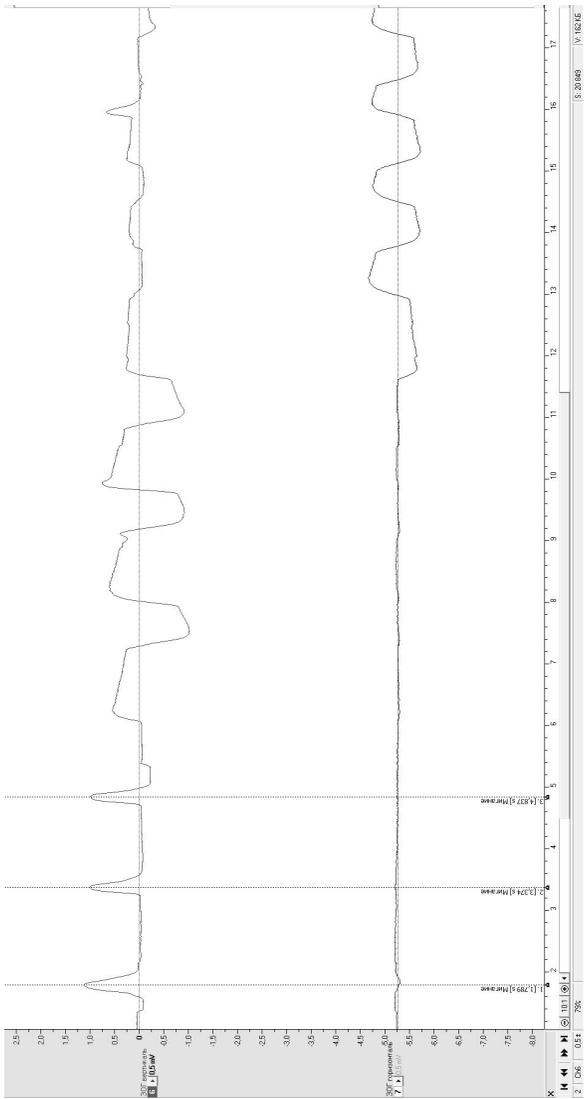


Рис.29. Запись движений глаз. Три высокоамплитудных пик на канале «ЭОГ вертикаль»– мигание.

11. Нажатием кнопки «Старт» начинают следующий этап. Испытуемого просят прочитать напечатанный на листе бумаге текст. По прочтении завершают данный этап нажатием на кнопку «Стоп».

12. В главном меню выбирают «Файл» – «Сохранить».

13. Полученные фрагменты записей переименовывают, заменяя значение времени на «произвольные движения» и «чтение».

14. Приступают к анализу полученных данных. Интерпретируя различные феномены на полученных кривых, учитывают, что большие зубцы представлены следящими движениями глаз, а также миганиями. Небольшие зубцы – это саккады (фиксации). Используя инструмент «масштаб» увеличивают участок первого фрагмента записи, где испытуемый фиксировал взгляд на объекте первые 10 с. Находят саккады. Измеряют продолжительность саккад сначала в

первом блоке, а затем перемещаются к фрагменту «Чтение». Для измерения продолжительности саккады, выделяют ее, в меню «Анализ» выбирают «Таблицу значений». В разделе «Категория» выбирают пункт «Selection», в разделе «Функция» – пункт «Duration». Нажав F5 или изображение шестеренки, получают отображение рассчитанного параметра в свободном поле. Прodelывает аналогичные измерения с 2–3 другими саккадами, вычисляя их продолжительность, а затем рассчитывают среднее арифметическое. Результаты заносят в таблицу 12, отдельно для произвольных движений глаз и для чтения. Затем определяют амплитуду саккад. В категории «Statistics» выбирают Maxmin. Нажав F5 или изображение шестеренки, получают отображение рассчитанного параметра в свободном поле.

15. Прodelывает аналогичные измерения других саккад, вычисляя их амплитуду на обоих ка-

налах (по вертикали и горизонтали, нужно выставить галочки на каналах «ЭОГ горизонталь» и «ЭОГ вертикаль»), а затем рассчитывают среднее арифметическое. Результаты заносят в таблицу 12, по отдельности для произвольных движений глаз и для чтения.

16. Измеряют амплитуду и продолжительность следящих движений глаз для первого фрагмента по аналогичной методике, внося результаты в таблицу 12.

17. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

18. Анализируют результаты и формулируют выводы. В выводах отражают ответы на следующие вопросы:

- Какие явления на ЭОГ сопровождаются максимальной амплитудой?
- Как по ЭОГ можно распознать движение глаз в определенную сторону?
- Чем отличаются саккады при чтении и во время произвольных движений глаз?

Таблица 12. Параметры различных движений глаз

Вид движений глаз	Амплитуда	Продолжительность
Саккада при фиксации на неподвижном объекте		
Саккада при чтении		
Следящее движение глаза по вертикали		
Следящее движение глаза по горизонтали		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10. «СЛУХОВЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ»

Вызванными потенциалами мозга (ВП) называют электрические явления в ЦНС в ответ на подачу внешних стимулов (зрительных, слуховых, тактильных и др.), а также реакции на процессы в ЦНС, связанные с опознанием, ожиданием, принятием решений или запуском двигательного ответа.

Области применения ВП многообразны и включают: оценку расстройств зрительного пути; объективное тестирование функций слуха; оценку состояния сенсомоторной сферы; локализацию нарушений коры или ствола мозга; оценку состояния когнитивных функций; нарушений периферических нервов; нарушений движений глаз и процессов в сетчатке; определение целостности проводящих путей; оценку комы и диагностику смерти мозга.

ВП регистрируются с помощью электродов, расположенных на поверхности кожи головы, как при регистрации ЭЭГ. Основной вклад в генерацию ВП вносят ВПСР и ТПСР дендритных волокон коры или подкорковых ядер. Меньшая роль в образовании ВП принадлежит потенциалам действия.

ЭЭГ для ВП является шумом, значительно превосходящим ВП по амплитуде. Так, средняя амплитуда ЭЭГ составляет 50 мкВ, а зрительных и слуховых ВП до 10 мкВ, соматосенсорных ВП при стимуляции нервов – около 2 мкВ, амплитуда стволовых ВП до 0,5 мкВ. Поэтому отношение сигнала ВП к спонтанной ЭЭГ для зрительных ВП составляет 1/5, для соматосенсорных 1/25, а для стволовых компонентов это соотношение может быть менее 1/100. Для того, чтобы увидеть ВП на фоне шумов, необходимо, чтобы сигнал ВП превышал амплитуду волн ЭЭГ, по крайней мере, в два раза. Для выделения

ВП на фоне шума используются приемы, аналогичные применяемым в физике для обнаружения слабых сигналов: *повторяющаяся стимуляция, последовательное и пространственное усреднение, фильтрация.*

Основным методом, используемым в настоящее время для выделения ВП, является *метод усреднения*, основанный на синхронном (когерентном) накоплении.

Дадим краткую характеристику слуховых вызванных потенциалов (СВП). При исследовании СВП, могут быть выделены ответы, относящиеся к разным уровням слуховой сенсорной системы. Согласно номенклатуре, СВП подразделяют на коротколатентные (КСВП), среднелатентные (ССВП) и длиннолатентные (ДСВП) (рис. 30). Под термином «латентность» подразумевается время задержки от подачи звукового стимула до наступления ответа.

Причиной *КСВП* является активация структур ствола мозга, вовлеченных в слуховую сенсорную систему. *КСВП* (рис. 30 I-VI) регистрируются в первые 10 мс и формируют шесть волн. Волна I – результат проведения возбуждения по улитковому нерву, волна II – активация улитковых ядер, волна III – активация комплекса ядер верхних олив, волна IV – проведение возбуждения по волокнам латеральной петли, волна V – соответствует активации нижних бугров четверохолмия, волна VI – активации медиального коленчатого тела таламуса.

ССВП и *ДСВП* имеют корковое происхождение. *ССВП*, как предполагается, представляют собой ранние корковые ответы (10-50 мс), за них ответственна первичная и вторичная слуховая кора. *ССВП* характеризуют три отрицательные (N_0 , N_a , N_b) и две положительные волны (P_0 и P_a). Изучению *ССВП* существует объективное препятствие в виде акустического рефлекса. Данный

рефлекс возникает при подаче звуковых стимулов.

ДСВП образуются спустя 50 мс от момента подачи звука. *ДСВП* также называют медленными вертексными потенциалами, поскольку максимальная амплитуда этих потенциалов обнаруживается в вертексной области. Это поздние корковые ответы, связанные с активацией ассоциативной коры теменных и лобных долей. Различают две положительные (P_1 и P_2) и две отрицательные волны (N_1 и N_2). У *ДСВП* хорошо визуализируется, так называемая, V-волна, представляющая собой негативно-позитивный комплекс с латентностью волны N от 70 до 90 мс и P от 150 до 200 мс.

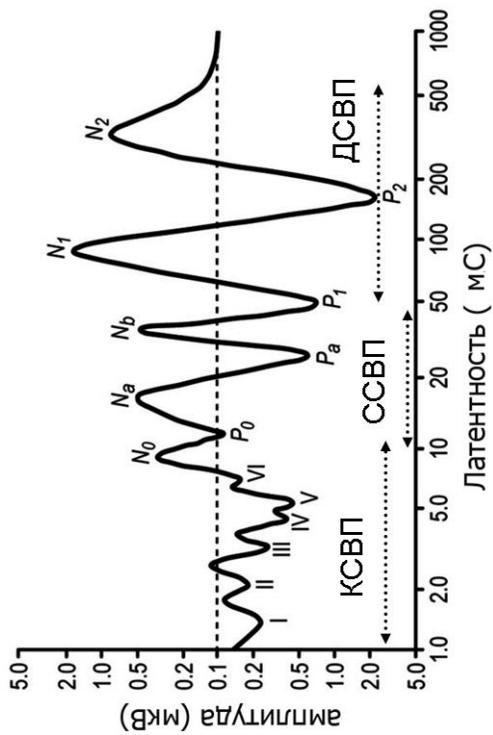


Рис.30. Слуховые ВП: А- КСВП, Б- ССВП, В- ДСВП. Шкала амплитуды представлена в логарифмическом виде. Положительный электрод расположен на темени (Сz).

Для исследования ДСВП используют щелчки или тоновые посылки длительностью не более 50 мс. Стимулы подаются через наушники или динамик не чаще одного раза в секунду с разными промежутками, для исключения привыкания (рефлекса на время).

Выявить эти ответы помогает метод усреднения. Обычно усредняют от 60 до 100 ответов, промежутков времени для анализа составляет 500 мс. ДСВП чувствительны к уровню внимания и бодрствования, состоянию мышечному тону и движениям глаз.

ДСВП используют для объективной аудиометрии, что особенно важно для больных, находящихся в состоянии измененного сознания и младенцев, а также в судебно-медицинских целях.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать электрическую активность мозга на фоне звуковой стимуляции.
- Произвести усреднение полученных ответов.
- Отобрать пригодные для усреднения блоки записи для выявления ДСВП.
- Распознать компоненты ДСВП.
- Сравнить ответы на фоне звуковой стимуляции и в тишине.

Оборудование и материалы:

- Система беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл» с программным обеспечением «PowerGraph».
- Компьютер с ОС Windows XP и ,

оснащенный USB-портами.

- Датчик ЭМ (электроды и микрофон).
- Одноразовые электроды (3 шт.).
- Электродный гель.
- Эластичный бинт, или шлем для ЭЭГ).
- Аудиоколонки.
- Спиртовые салфетки для обработки кожи.
- Тампоны из ваты, канцелярские резинки, махровое полотенце.

Ход работы:

1. Испытуемого просят сесть на за стол. В местах установки электродов хорошо обезжиривают кожу головы спиртовыми салфетками до появления увлажнения волос. Производят установку трех электро

«10-20» в положении C_z , A_1 и над переносицей (подробное описание приведено в работе №14 «Регистрация электрической активности головного мозга» на стр. 242-245 рис. 36).

2. С клеящей поверхности одноразовых электродов необходимо снять защитные пленки, приклеить к коже электроды A_1 и заземления, густо покрыть гелем контактную и адгезивную поверхность электрода C_z (чтобы последняя не прилипла к волосам). Присоединить электроды к клеммам разъема ЭМ: отрицательную клемму разъема присоединяют к электроду C_z , положительную – к A_1 , клемму с изображением заземления – к электроду над переносицей. Электрод C_z закрепляют эластичным бинтом, которым аккуратно обматывают голову, чтобы не вызвать смещения и не закрывать слуховых проходов. Два тура бинта вокруг головы обеспечивают надежную фиксацию.

Во время исследования испытуемый должен оставаться неподвижным и постараться не мигать. Рот лучше держать полуоткрытым, чтобы сокращение жевательных мышц не влияло на запись. Испытуемый не должен видеть получаемых на экране кривых. В помещении, где проводится исследование, необходимо соблюдать тишину.

3. Включают компьютер. Из папки «Образцы файлов» с предложенного установочного диска на рабочий стол копируют файл «Фонграмма к работе СВП.wav»

4. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.

5. Микрофон датчика ЭМ чувствительной поверхностью обращают к динамику аудиокорпуса и с помощью резинки закрепляют к корпусу, проверяют работоспособность колонок. Регулятор громкости выставляют на среднее положение. Колонку размещают не далее 0,5 м от уха

испытуемого, противоположное ухо закрывают ватным тампоном.

6. К корпусу регистратора подсоединяют разъем ЭМ.

7. Регистратор помещают на поверхности стола, за которым сидит испытуемый, соответственно положению, изображенному на рисунке 4, вариант 8.

8. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».

9. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают «Загрузить настройки» – «Датчик ЭМ», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи: вверху ЭЭГ, внизу – отметка подачи аудиостимулов.

10. В меню «Сервис» выбирают пункт «Звуковой выход». В появившемся окне меню выбирают пункт «Файл», указывая путь к файлу «Фонграмма к работе СВП.wav» и обязательно

помечают галкой поле «проигрывать циклически».

11. Помощник нажимает кнопку «Старт», и в течение 10-15 с проводит пробную регистрацию, во время которой осуществляют регулировку громкости колонок, чтобы подаваемые щелчки были слышны испытуемому. Кроме того, следят за тем, чтобы амплитуда звукового сигнала *была не ниже 10 мВ*– *данный уровень установлен в качестве порога, который запускает запись*. Как правило, оба условия удовлетворяются, если показатель регулятора громкости Windows составляет порядка 50-70% от максимума. Если необходимый уровень звукового сигнала низок, проверяют правильность размещения микрофона на колонке или увеличивают громкость. Поясним, что фонограмма, используемая для вызова СВП, содержит записи щелчков.

Щелчки, регистрируемые микрофоном,

являются сигналом для автоматического старта записи, которая самостоятельно останавливается через 1с, возобновляясь со следующим щелчком. Получив 10-15 секундную запись, нажимают на кнопку «Стоп».

12. Анализируют предварительную запись: важно, чтобы амплитуда предъявляемых стимулов на 10-15% превышала значение 10 мВ. Для измерения выделяют один из записанных щелчков на канале «Микрофон» и измеряют его амплитуду (Меню «Анализ»– «Таблица значений» – «Statistic» – «Max» – «Вычислить»). 10 мВ – то значение, которое является порогом для автоматического включения записи. Если это значение ниже указанного, повторяют запись, увеличив уровень громкости, добиваясь, пока аудиосигнал не превысит порогового значения. Отладив таким образом уровень громкости и приступают к основному этапу регистрации. *Уровень громкости в ходе работы более не изменяют.* Данный

файл является отладочным и не требует сохранения, поэтому его закрывают.

13. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Слуховые ВП», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи: вверху ЭЭГ, внизу – отметка подачи звуковых стимулов. Предстоит выполнить две части работы, в первой будет осуществлена запись ответов на аудиостимулы, во второй – контрольная запись без стимуляции слуховой сенсорной системы. Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц.

14. В меню «Файл» выбирают пункт «Создать». Начинают запись нажатием на кнопку «Старт». Испытуемого просят расслабиться. Во время этого этапа, на аудиоколонки будет подано более 100 щелчков, регистрация остановится автоматически.⁹

15. Последовательно просматривают запись,

⁹ Максимальное количество записанных блоков составит 110 шт.

удаляя блоки, содержащие артефакты. Признаками артефактов на ЭЭГ будут: резкие колебания более 100 мкВ– возмущения, которые могут быть связаны с глотанием, миганием и другими движениями. К блоку с артефактами подводят курсор и щелкают мышкой, при этом нужный фрагмент подсвечивается в поле со списком блоков. Артефактный блок удаляют, нажав комбинацию клавиш «Shift+Del» или используя правую кнопку мыши.

16. Очистив запись артефакт убеждаются в том, что число составляет не менее 90 шт. и приступают к усреднению¹⁰, для чего в меню «Обработка» выбирают «Усреднение данных». В возникшем окне выбирают кнопку «Выполнить». В конце записи появится новый блок под названием «Averaging» – это и есть результат суммирования всех записанных ,

¹⁰ Если количество пригодных блоков недостаточно, исследование переделяют

17. Сохраняют полученный файл, например, под названием «СВП-опыт».
18. Приступают к третьему этапу исследования. *Во время данного этапа в колонки также подаются стимулы, однако испытуемый слышать их не должен.* Колонку размещают на максимально возможном отдалении от испытуемого, накрывая полотенцем для звукоизоляции. Дополнительно для звукоизоляции оба наружных слуховых прохода испытуемого заполняют ватой.
19. В меню «Файл» выбирают пункт «Создать» и повторяют последовательность действий, указанных в пп 15-17. В итоге, получают усредненный ответ. Сохраняют полученный файл – «СВП контроль».
20. Анализируют данные, сравнивая полученные ответы. Для этого открывают первый файл, перемещаются к последнему блоку, выделяют мышкой канал ЭЭГ и с помощью элемента «Лу-

па» увеличивают вертикальные и горизонтальные размеры графика. Амплитуда усредненного сигнала составит несколько мкВ.

21. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений». В категории «Statistics» выбирают функцию «Max-min». Затем в подменю «Функция» выбирают пункт «Вычислить». В поле сохранения результатов появится значение разности амплитуд. Этот результат помещают в таблицу 13.

22. Сравнивают вид полученной кривой с образцом (рис. 30), расставляют комментарии в соответствии с номенклатурой длиннолатентных вызванных потенциалов (начиная с 50 мс).

23. Используя функцию предварительного просмотра (меню «Файл») распечатывают или сохраняют изображение полученных ответов с комментариями.

24. Открывают файл с контрольной записью и повторяют процедуры, указанные в пп 22-23. Ре-

зультат помещают в таблицу 13.

25. Сохраняют и распечатывают результаты усреднения и помещают их в протоколы, формулируют выводы.

26. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- В чем отличие СВП от ритмов ЭЭГ?
- Каким способом выявляют слабые электрические ответы, возникающие на аудиостимулы?
- Какие виды вызванных потенциалов получены в данной работе?
- Каково клиническое значение метода определения СВП?

Таблица 13. Амплитуда усредненной кривой в различных условиях

Условия	Амплитуда (мВ, параметр max-min)
Контрольное исследование (тишина)	
Исследование со звуковым стимулом	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11. «ЗРИТЕЛЬНЫЕ ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ»

Зрительные вызванные потенциалы – биоэлектрические явления, возникающие в ЦНС при активации зрительной сенсорной системы. В предыдущей работе был описан генез, принципы выявления и методические основы регистрации вызванных потенциалов различного генеза (см. работу «Слуховые вызванные потенциалы»). Здесь же рассмотрим особенности зрительных вызванных потенциалов (ЗВП). Метод ЗВП что позволяет оценить функциональное состояние зрительной системы на различном уровне проводящих путей. Это дает возможность получить объективную информацию о состоянии зрительного нерва, зрительного тракта и зрительной коры, объективно оценить остроту зрения и ее коррегируемость, диагностировать нарушения полей зрения, обнаружить наличие патологии зрения у новорожденных и у больных с нарушения-

ми сознания.

В клинической практике ЗВП вызывают двумя способами – с помощью *коротких вспышек* («вспышечный паттерн») или *меняющихся черно-белых клеток* («обращаемый шахматный паттерн»). Основным преимуществом применения ЗВП на вспышку является возможность обследования больных с низкой остротой зрения (меньше 0,1), а также больных с невозможностью рефракции или фиксации взора. Недостатками являются: слабая зависимость от остроты зрения, трудность идентификации и вариабельность формы компонентов, поэтому данный метод применяется редко. ЗВП на обращаемый шахматный паттерн значительно стабильнее, что делает данный вид исследования основным в клинике.

Номенклатура зубцов ЗВП.

Первый зубец, направленный вверх – N75. Он свидетельствует об активации первичной зри-

тельной коры (поле 17) волокнами зрительного пути, распространяющимися от центральных полей зрения.

Направленный вниз зубец *P100* характеризует распространение возбуждения на вторичную зрительную кору– поле 18. Имеет наибольшую амплитуду.

Следующий, направленный вверх зубец *N145*, возникает при дальнейшем распространении возбуждения на поля 18 и 19.

P200 – направлен вниз. Считается, что в его генезе принимают участие подкорковые ядра таламуса и ствола мозга. Пример ЗВП на вспышечный паттерн представлен на рис. 31.

На параметры ЗВП влияют: возраст, пол, размещение электродов, фиксация взгляда, яркость, контраст и другие. Нормальные значения приведены в таблице 14.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать электрическую активность мозга на вспышечный паттерн
- Отобрать пригодные для выявления ЗВП фрагменты записи
- Произвести усреднение полученных ответов
- Сравнить ответы на фоне зрительной стимуляции и без стимула.
- Распознать компоненты ЗВП на вспышечный паттерн.

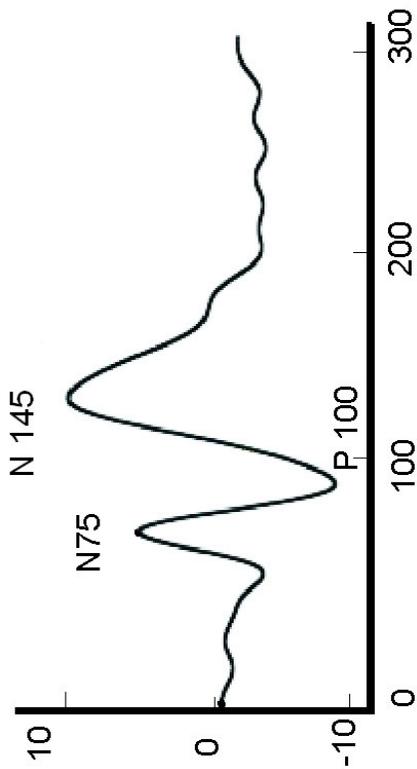


Рис.31. Зрительный ВП на вспышку. По оси абсцисс– время в мс, по оси ординат– амплитуда в мкВ. Буквами обозначены: N- отрицательные (негативные) зубцы, они направлены вверх; буквами P- положительные зубцы, направлены вниз). 75, 100,145 и 200- время задержки в миллисекундах.

Оборудование и материалы

- Система беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл» с программным обеспечением «PowerGraph».
- компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портами.
- Программа для предъявления вспышек на экране (стробоскоп).
- Датчик ФЭ (фотодатчик и электроды).
- Сантиметровая лента.
- Одноразовые электроды (3 шт.).
- Электродный гель.
- Эластичный бинт, либо шлем для ЭЭГ.
- Светонепроницаемая маска для сна или повязка из черного материала.
- Спиртовые салфетки для обработки кожи.

Ход работы:

Основные методические особенности:

Установка электродов. Отрицательный электрод размещают над затылочной областью в точке O_z по схеме «10-20», (подробное описание приведено в работе №14 «Регистрация электрической активности головного мозга» на стр. 242-245 рис. 36).

Положительный электрод устанавливается в позицию F_z . Заземляющий электрод помещают на сосцевидный отросток. Используемая частотная полоса 0,5-100 Гц, для фильтрации помех (дыхания, кожно-гальванической реакции, мышечных сокращений) может сужаться до 2-30 Гц.

10¹¹. Как и в предыдущей работе, сигнал необходимо усреднить, для чего записать около 100 ответов синхронно со вспышками. Анализу подлежат первые 500 мс полученных реакций.

1. Исследование проводят в затемненном поме-

¹¹ Проверку сопротивления можно провести обычным тестером.

щении.

2. Испытуемого просят сесть на стул, руки положить на колени и расслабиться, он должен сидеть с закрытыми глазами перед экраном. Во время исследования испытуемый должен оставаться неподвижным. Рот лучше держать полуоткрытым, чтобы сокращение жевательных мышц не влияло на запись.

3. Регистратор устанавливают на теле испытуемого с помощью чехла и лямок, соответственно рис. 4, вариант 8.

4. Производят установку трех электродов согласно международной системе «10-20» в положении O_z , A_1 и F_z . Электроды A_1 и F_z наклеиваются на кожу, а с клеящей поверхности электрода O_z необходимо снять защитную пленку, густо покрыть гелем

контактную и адгезивную поверхность (чтобы последняя не прилипла к волосам), а затем установить на волосистую часть головы. Клеммы проводов присоединяют в следующем порядке: отрицательную клемму к O_z , положительную к F_z , клемму с изображением заземления – к A_1 . Электрод O_z придерживают рукой и закрепляют эластичным бинтом, которым аккуратно, чтобы не вызвать смещения, обматывают голову. Два тура бинта вокруг головы обеспечивают надежную фиксацию.

5.

для сна и усаживают перед проекционным экраном, на котором будут предьявляться вспышки.

6. Фотоэлемент датчика ФЭ располагают посередине лба поверх бинта и маски, фиксируют завязками сзади. Провода к регистратору следует заложить за уши, чтобы они не испытывали натяжения.

7. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».
8. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «дачик ФЭ», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи: вверху – «Освещенность», внизу – «Электроды».
9. Помощник нажимает кнопку «Старт», начиная отладочную запись. Сворачивают окно PowerGraph и запускают программу подачи вспышек «Стробоскоп». Вспышки подаются с частотой 1 гц. Через 10-15с нажимают на любую кнопку мыши, программа предъявления вспышек закроется. Разворачивают окно PowerGraph и останавливают запись.
10. Анализируют предварительную запись: важно, чтобы амплитуда предъявляемых стимулов

на 10-15% превышала значение 25 лк. Для измерения освещенности выделяют один из «П» – образных сигналов на канале «Освещенность» и измеряют его амплитуду (меню «Анализ» – «Таблица значений» – «Statistic» – «Max» – «Вычислить»). 25 лк – это значение, по аналогии с предыдущей работой, которое является порогом для автоматического включения записи. Если это значение ниже указанного, испытуемого пересаживают ближе к экрану и повторяют запись до тех пор, пока освещенность во время вспышки не превысит порогового значения. Отладив таким образом уровень освещенности, *снимают повязку с глаз испытуемого*, просят его прикрыть ладонью фотодатчик, и приступают ко второму этапу.

11. Помощник, не сохраняя, закрывает отладочный файл и загружает настройку из меню «Файл», где выбирает: «Загрузить настройки» – «Зрительные ВП» и нажимает кнопку «Старт». Как и в пп. 9, сворачивают окно PowerGraph и запускают программу предъявления стимулов «Стробоскоп».

12. По команде, испытуемый отнимает ладонь от фотодатчика, старается расслабиться и закрывает глаза (интенсивность вспышек достаточна, чтобы проводить фотостимуляцию через сомкнутые веки). Программа подачи стимулов закроется, произведя 110 вспышек, одновременно с этим автоматически остановится и регистрация. Максимальное количество записанных блоков составит 110.

13. Последовательно просматривают запись, удаляя блоки, содержащие артефакты. На ЭЭГ это резкие колебания более 100 мкВ. Чтобы удалить артефактный блок, к нему подводят курсор и щелкают мышкой, при этом нужный фрагмент подсвечивается в поле со списком блоков. Блок удаляют, нажав комбинацию клавиш «Shift+Del» или используя правую кнопку мыши.

14. Очистив запись от блоков с артефактами убеждаются в том, что их число составляет не менее 90 шт. и приступают к усреднению.¹²

¹² Если количество блоков недостаточно, исследование переделывают

15. В меню «Обработка» выбирают «Усреднение данных». В возникшем окне выбирают кнопку «Выполнить». В конце записи появится новый блок под названием «Averaging».
16. Сохраняют полученный файл, назвав его, например: «Зрительные ВП – стимуляция».
17. Приступают к третьему этапу исследования. *Во время данного этапа фотодатчик регистрирует вспышки, однако испытуемый видеть их не должен.* На глаза испытуемого вновь надевают повязку, вновь просят прикрыть фотодатчик, а затем повторяют все действия, указанные в пп. 11-16, назвав файл, например «Зрительные ВП – контроль».
18. Анализируют полученные данные, сравнивая ответы во время фотостимуляции и в контроле. Для этого открывают первый файл, перемещаются к последнему блоку, выделяют мышкой канал ЭЭГ и с помощью элемента «Лупа» увеличивают вертикальные и горизонтальные

размеры графика ЭЭГ. Оценивают ЗВП, определяют зубцы, измеряют их латентность и амплитуду. Данные вносят в таблицу 15. Сравнивают полученные данные с нормальными показателями, приведенными в таблице 14.

19. Сохраняют и распечатывают результаты усреднения и помещают их в протоколы, формулируют выводы.

20. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Какие процессы отражают зубцы ЗВП?
- Каким способом выявляют слабые электрические ответы, возникающие на фотостимулы?
- В чем отличие ЗВП от СВП?
- Каково клиническое значение метода определения ЗВП?

Таблица 14. Параметры ЗВП (по Halliday, 1993)

Параметры	Латентность, мс	Амплитуда, мкВ
начало ответа	59,6±5,7	–
N75	75,0±2,6	1,38±0,75
P100	100,3±3,2	9,8±3,13
N145	150,6±6,6	8,4±4,22
P200	188,3±28,6	5,45±3,59

Таблица 15. Ральные параметры ЗВП

Параметры	Латентность, мс	Амплитуда, мкВ
начало ответа		
N75		
P100		
N145		
P200		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ»

Вестибулорецепция вносит существенный вклад во всех видах произвольных движений, включая глагодвигательные. Помимо этого, вестибулорецепция связана с нейронами центральной вегетативной сети, что формирует и вегетативные проявления, возникающие при раздражении вестибулорецепторов. Определяя вестибулярную устойчивость, выявляют соматические и вегетативные реакции, которые возникают в ответ на раздражение рецепторов вестибулярного аппарата. Соматическими проявлениями раздражения вестибулорецепторов являются: изменение тонуса мышц туловища и конечностей, неустойчивая походка, мимопопадание при пальценосовой пробе. Важным проявлением раздражения вестибулорецепторов является вращательный нистагм, который проявляется в ритмическом медленном движе-

нии обоих глаз в сторону, противоположную вращению, и быстром скачкообразном возвращении глаз в сторону вращения. За направление нистагма принимают его быстрый компонент. К вегетативным проявлениям относят: изменение ЧСС, потоотделение, развитие тошноты, слюноотечение, рвоту и головокружения. Подобные реакции можно вызвать у любого испытуемого, выраженность ответов зависит от интенсивности и продолжительности воздействия.

В 1907 г. Р. Барани предложил вращательную пробу – тест для дозированного воздействия на вестибулярный аппарат. В настоящее время это исследование применяется для исследования вестибулярной устойчивости наряду с калорической пробой.

Наиболее распространенными параметрами оценки вестибулярной устойчивости являются: изменения ЧСС, соматические выпрямительные реакции и время исчезновения нистагма глаз по-

сле вращения. В норме нистагм и изменения ЧСС должны длиться не более 20-50с.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать соматические и вегетативные проявления раздражения вестибулярного аппарата.
- Определить момент возникновения и продолжительность данных реакций.
- Оценить степень вестибулярной устойчивости испытуемого.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Кресло Барани или другое прочное кресло с высокой спинкой и подлокотниками, которое можно вращать.
- Датчик ЭЭ (электроды и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».

- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Комплект одноразовых электродов (5 шт.).
- Электродный гель.
- Разгрузочные ляжки, пояс, чехол для регистратора.
- Комплект текстильных застежек.
- Лейкопластырь и канцелярская прищепка.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ЭЭ.
2. На лицо и руки испытуемого наклеивают одноразовые электроды. Места установки электродов следует предварительно обезжирить спиртосодержащей жидкостью. Для лучшего электрического контакта, перед наклеиванием, на подушечку электрода наносят несколько ка-

пель электродного геля. Расположение электродов и подключаемых к ним проводов на руках должно соответствовать I стандартному отведению: на правую руку крепят отрицательный контакт, на левую – положительный (подробнее – см. рис. 47 работы «Электрокардиография, основные параметры ЭКГ»).

3. Для регистрации электроокулограммы в горизонтальном отведении (см. рис. 28) устанавливают 3 электрода: два на границе височной, лобной и глазничной областей справа и слева, в лобной области посередине устанавливают электрод заземления. Для профилактики отрыва электродов, провода следует разместить на голове, закрепляя пластырем за ушной раковиной или канцелярской прищепкой на воротнике сзади.

4. Регистратор крепят на разгрузочных лямках горизонтально спереди с помощью текстильных застежек (см. рис 4, вариант 2).

5. Испытуемого усаживают на кресло Барани, руки свободно лежат на подлокотниках кресла, испытуемый наклоняет голову кпереди, во время вращения глаза закрыты. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Вестибулярная устойчивость», в результате чего возникнет поле для четырехканальной записи. Последовательно сверху вниз отображаются: электрооку-лограмма, ЭКГ, индикатор вращения кресла (рис. 32).

6. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из трех частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

7. Нажимают на кнопку «Старт» и в течение 2 минут проводят тестовую регистрацию. Испытуемого просят закрыть и открыть глаза, отмечая

на электроокулограмме характерный остроконечный пик. Затем испытуемого просят несколько раз переместить взгляд вправо и влево, вверх и вниз. Должны получиться кривые, подобные изображенным на рис. 32. Получив запись надлежащего качества, нажимают на кнопку «Стоп» и приступают к главному этапу работы.

8. Нажимают кнопку «Старт», испытуемого просят закрыть глаза и не открывать их до поступления команды помощника. В поле для комментариев помощник набирает «Вращение по часовой», оставляя курсор в данном поле. Спустя 10 с от начала записи ассистент начинает вращение кресла с испытуемым (по часовой стрелке, частота 0,5 Гц – один оборот за 2 с), одновременно с этим нажимают на клавишу «Ввод», проставляя комментарий. Вращение осуществляют в течение 40 с. Останавливают кресло, вновь с этим нажимают на клавишу

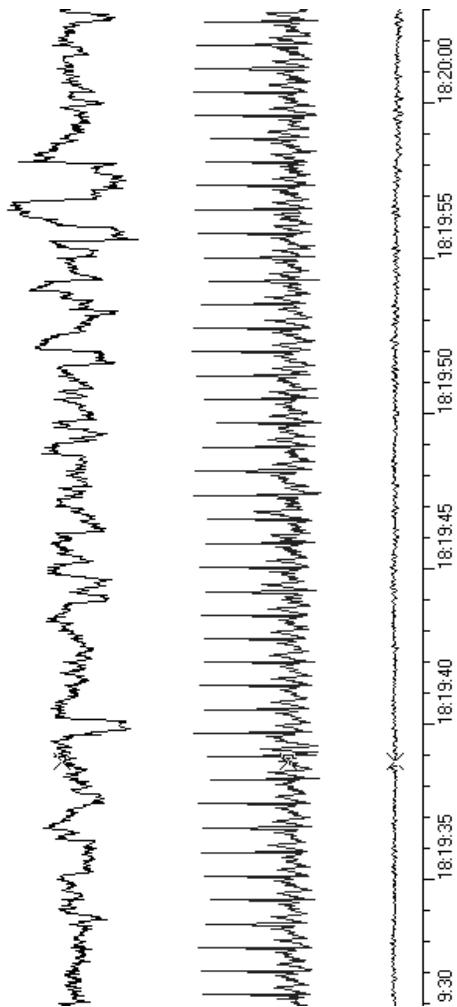


Рис.32. Одновременная регистрация (сверху вниз) ЭОГ, ЭКГ и индикатора вращения кресла (вращения нет).

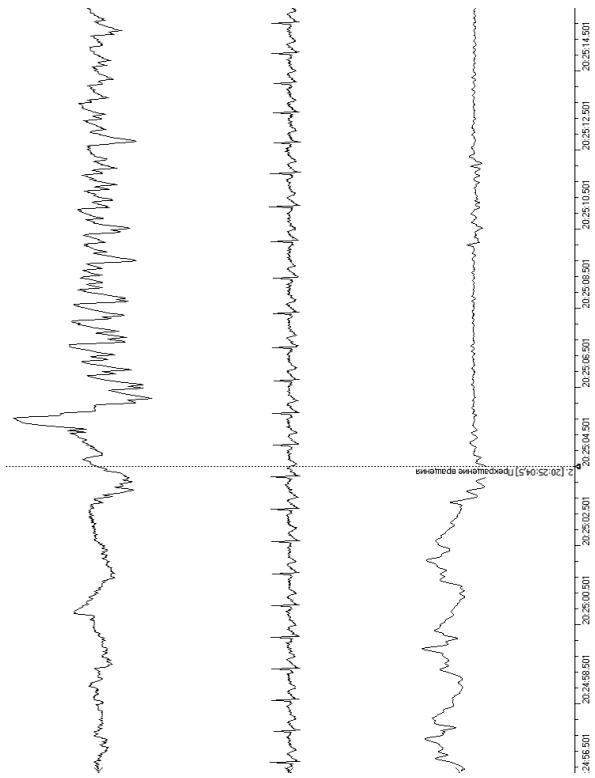


Рис.33. Пример нистагма на электроокулограмме. Сверху вниз: ЭОГ, ЭКГ, вращение кресла. После вертикальной линии комментарий на ЭОГ заметен нистагм и урежение ЧСС на ЭКГ.

«Ввод» и просят испытуемого открыть глаза, зафиксировав взгляд на неподвижном предмете. Помощник выжидает в течение 1 минуты, затем нажимает на кнопку «Стоп».

9. Через 2-3 минуты повторяют исследование, изменив направление вращения на противоположное. Переименовывают блоки записи: «Покой», «Вращение по часовой», «Вращение против часовой». Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу данных.

10. Определяют частоту сердечных сокращений. Для этого выделяют участок кривой *до вращения* – (10 с). Расставляют автокомментарии (меню «Комментарии» – «Автокомментарии» на канале ЭКГ) по максимальным зубцам, выставив значение, меньшее на 20-30%. Проверяют корректность расставленных меток, просматривают запись и лишние удаляют.

11. Повторяют вышеописанные действия для

участка во время вращения и после вращения, с тем отличием, что на этих участках выделяют только по 5с кривой, т.к. определяют среднюю продолжительность R-R интервала за 5 с (с 1 по 5, затем с 5 по 10 и т.д., см таблицу 16). При этом также следят, чтобы в выделении оказалось также четное число комментариев. Эти данные вносят в таблицу 16.

12. Зная усредненную продолжительность одного цикла, рассчитывают ЧСС для каждого участка по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60 / \text{усредненный R-R интервал (с)}.$$

Например, усредненный R-R интервал = 0,81 с, ЧСС=60/0,81=74 уд. в мин. Результаты вносят в таблицу 16 (0,81с/74 уд. в мин.).

13. Затем определяют время возникновения нистагма от начала вращения. С этой целью выделяют участок кривой от начала вращения до развития нистагма (рис. 33): в меню «Анализ» выбирают «Таблицу значений». В списке «Кате-

гория» выбирают пункт «Selection», в списке «Функция» – пункт «Duration» и нажимают F5 (или через меню «Функция» – «Вычислить»). Все полученные результаты заносят в таблицу.

14. Проводят анализ результатов при вращении против часовой стрелки, данные заносят в таблицу.

15. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

16. Анализируют результаты и формулируют выводы. Подготавливают выводы с учетом ответов на следующие вопросы:

- Какого типа нистагм вызывают вращательной пробой?
- Какой механизм возникновения нистагма?
- Какое влияние оказывает вращение на деятельность сердца? Объясните механизм этого воздействия.
- Какой адаптивный механизм иллюстрирует вращательная проба?

Б.

Продолжительность R-R интервала/ ЧСС (уд. в мин)		после вращения							Нистагм (с)	Условия	
1-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50		
											Вращение по часовой стрелке
											Вращение против часовой стрелки

V

**ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ
НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13. «ВЫРАБОТКА МИГАТЕЛЬНОГО УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА НА ЗВУК, УГАСАТЕЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ И РАСТОРМАЖИВАНИЕ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА»

К когнитивным (познавательным) функциям относят *научение, память, мышление и речь*. Условные рефлексы представляют собой разновидность *пассивного научения*, они являются хорошо исследованными феноменами высшей нервной деятельности животных и человека. Для создания условного рефлекса необходим ряд условий, *главными* из которых являются следующие:

- *условный* (индифферентный) раздражитель должен предшествовать или совпадать со временем с *безусловным*, при этом сила условного раздражителя должна соответствовать порогу восприятия или слегка превышать его;
- сочетание двух раздражителей должно

повторяться несколько раз;

- в процессе формирования условных рефлексов посторонние раздражители следует исключить;
- после выработки рефлекса, безусловный раздражитель из схемы опыта исключают, предъявляя лишь периодически в виде *подкрепления*.

Без подкрепления выработанный условный рефлекс подвергается торможению.

Торможение условных рефлексов подразделяется на *безусловное и условное*. Одним из наиболее распространенных видов условного торможения является угасательное: отсутствие подкрепления вызывает постепенное уменьшение рефлекторной реакции, вплоть до ее исчезновения, однако выработанный рефлекс не утрачивается, поскольку способен восстанавливаться (растормаживаться) при возобновлении подкрепления.

Задачи исследования:

- Выработать двигательный условный рефлекс у человека.
- Вызвать угасательное торможение данного рефлекса.
- Обеспечить восстановление выработанного рефлекса путем процесса растормаживания.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик Д (давление).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Аудиоколонки для вывода звуковых сигналов с регулятором громкости.
- Набор для выработки условного мигательного рефлекса (очки с прозрачными стеклами).

ми и встроенной в оправу гибкой трубкой для подачи струи воздуха на переднюю поверхность одного глаза).

- Груша от тонометра для подачи воздуха.
- Конусовидный штуцер для присоединения трубки от набора для выработки условного рефлекса.

Обстановка в аудитории для проведения этой работы, как и для других психофизиологических исследований, должна быть тихой и спокойной.

Ход работы:

1. Включают компьютер, к аудиовыходу подключают колонки для вывода звуков. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик Д.
2. Испытуемого усаживают на стул таким образом, чтобы он не мог видеть действий помощника и получаемых на экране кривых. По-

верх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему, как показано на рис. 4, вариант 2, закрепляют регистратор на разгрузочных лямках с двух сторон двумя кольцеобразными фиксаторами.

3. Откручивают верхний колпачок на корпусе регистратора, заменяя его на конусовидный штуцер. Штуцер соединяют с трубкой от тройника, к свободному концу подсоединяют грушу от тонометра. На клапане груши открывают вентиль и проверяют, поступает ли воздух в очки по системе трубок.

4. Для образования мигательного условного рефлекса у человека выбран безусловный *раздражитель*, представляющий собой струю воздуха, направленную на поверхность наружных оболочек глаза, вызывающую безусловный защитный рефлекс – мигание. Струя воздуха подается в очки по трубке, закрепленной в оправе. Другой конец трубки соединен с грушей то-

нометра, которую сдавливает помощник. В качестве *условного раздражителя*, не вызывающего мигания, используют звук, поступающий из аудиокколонок. К коже нижнего века глаза (противоположному тому, к которому подается воздух, рис. 34), примерно посередине, лейкопластырем закрепляют

,

,

.¹³

Испытуемого просят несколько раз мигнуть, убеждаясь, что крепеж надежен.

Провод датчика

, предотвращая натяжени

и отрыв

.

5. На испытуемого надевают очки с трубкой из набора для вызова условных рефлексов (рис. 34).

,

,

¹³ Мигательный рефлекс осуществляется синхронно, обоими глазами.

, помещают на противоположную сторону, чтобы струя воздуха не вызывала артефакта.



Рис.34. Расположение электродов и очков с трубкой для подачи воздуха при выработке условного мигательного рефлекса.

6. Помощник запускает «PowerGraph», в меню «Выбор АЦП» выбирает драйвер «ADC Double», затем – АЦП 1 – BioRecorder (выбрать «Auto»), АЦП 2 – PlayFile (выбрать «Auto»), после чего нажимают кнопку BioRecorder + PlayFile. Возникнет диалоговое окно выбора файла для проигрывания, где следует выбрать файл «Фонограмма к выработке условных рефлексов.pgs», в котором хранятся звуковые сигналы для проведения работы.

7. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Условный рефлекс», в результате чего возникнет поле для трехканальной записи. Вверху отображается канал, отображающий подачу воздуха, посередине – мигательные движения, внизу – фонограмма

аудиосигналов.

8. В меню «Сервис» выбирают пункт «Звуковой выход», в возникшем окошке указывают канал «Фонограмма», в этом случае звук будет проигрываться через колонки.

9. Запись будет осуществляться с частотой 10 кГц. Работа состоит из 4 частей. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и завершают нажатием на кнопку «Стоп».

10. Нажимают кнопку «Старт» и осуществляют пробную регистрацию. Из колонок начинает подаваться звуковой сигнал. Убеждаются в индифферентности сигнала – он не должен вызывать мигания. Также регулируют громкость – сигнал должен превышать порог слышимости. Испытуемого просят несколько раз мигнуть, зарегистрировав мигательные движения на средней кривой. В последнюю очередь проверяют работу системы для подачи воздуха, для чего несколько раз сжимают грушу, вызывая безусловный рефлекс. Запись должна соответствовать

рис. 35. Устраняют неполадки пробной записи, внимательно следуя пунктам 8-10. Получив запись, как на рис. 35, нажимают кнопку «Стоп».

11. Приступают к выработке условного мигательного рефлекса на звук: нажимают кнопку «Старт» и через 1 с после подачи звукового сигнала, нажатием груши подают струю воздуха. Сочетание обоих раздражителей повторяют 5-6 раз, затем нажимают кнопку «Стоп».

12. Вновь нажимают кнопку «Старт». На этот раз, автоматически подаваемый звуковой сигнал (условный раздражитель) подачей воздуха (безусловный раздражитель) *не сопровождают*, наблюдая за сформированным мигательным условным рефлексом, воспроизводя его в течение 10-15 раз, не подкрепляя рефлекс подачей

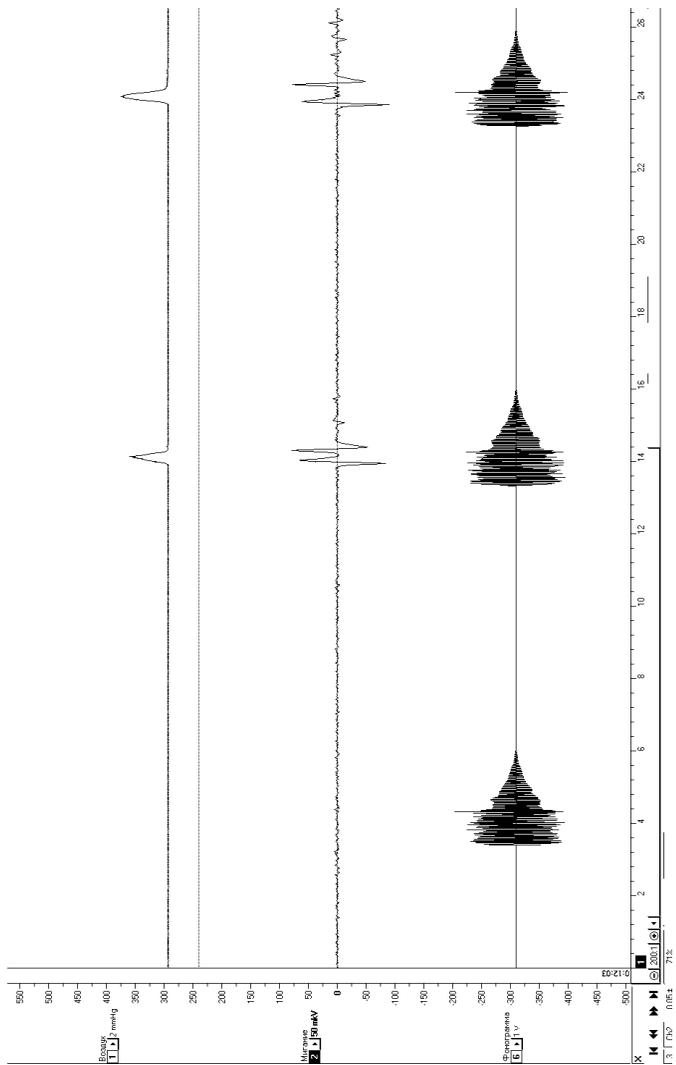


Рис.35. Выработка условного мигательного рефлекса. Сверху вниз: подача воздуха, реакция круговой мышцы глаза, фонограмма.

воздуха. Наблюдают, как постепенно уменьшается рефлекторная реакция, кнопку «Стоп» нажимают тогда, когда мигания в ответ на звук прекратятся и сформированный рефлекс благодаря условному угасательному торможению будет заторможен.

13. Вновь нажимают кнопку «Старт», на этот раз каждый звуковой сигнал вновь сопровождается подачей воздуха. Проводят 3-5 раздражений. Получив мигания, не останавливая запись, пропускают подачу воздуха в ответ на звук, наблюдая за растормаживанием выработанного рефлекса – рефлекс восстановится.

14. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить»). Записанные блоки, подставив вместо значений времени названия этапов исследования («тест», «выработка рефлекса», «торможение рефлекса», «растормаживание»).

15. Приступают к анализу полученных данных, начиная со второго. Определяют ампли-

туду реакции при сочетании раздражителей и при подаче только условного раздражителя, сравнивая реакции между собой. Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistics для источника данных «Мигание» выбирают функцию Max-Min. Нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится значение амплитуды сигнала. Полученные результаты заносят в таблицу 17. Проводят измерения для всех блоков записи.

16. Анализируют все фрагменты записи, отмечая, присутствует ли двигательная реакция в ответ на звук (отмечают ее значком «+» или «-») и заносят эти данные в таблицу 17.

17. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол. К протоколу также прикладывают схему условного мигательного рефлекса в ответ на подачу звукового стимула

18. Формулируют выводы. При формулировании выводов учитывают ответы на следующие вопросы:

- Приведите 2-3 классификации безусловного стимула, использованного в работе.
- Насколько быстро формируется условный рефлекс?
- Насколько быстро происходит угасание рефлекса?
- Изменяется ли амплитуда двигательной реакции при мигании?
- Можно ли отличить подкрепленную двигательную реакцию от неподкрепленной по амплитуде? Каким образом происходит растормаживание условных рефлексов?

Таблица 17. Характеристика двигательных реакций при выработке торможения и растормаживании мигательного условного рефлекса

Название фрагмента	порядковый № звукового сигнала в дан-ном фрагменте									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Выработка рефлекса (Торможение рефлекса, Рас- тормаживание).	Двигательная реакция (+/-)									
	Амплитуда реакции (мВ)									
	Подача воздуха (+/-)									

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14. «РЕГИСТРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА»

Электроэнцефалографией (ЭЭГ) называют метод регистрации общей электрической активности головного мозга, записанной с поверхности головы.

Основной вклад в формирование ЭЭГ вносят ВПСП и ТПСП аксосоматических и аксодендритических синапсов, благодаря их огромному числу, а ПД нейронов, напротив, принадлежит второстепенная роль. В коре головного мозга всегда присутствует электрическая активность, обусловленная как специфической деятельностью ее отделов (местная активность), либо навязанными ритмами (общая активность). Местная электрическая активность (вызванные потенциалы) отражает деятельность отдельных участков коры, например восприятие и анализ раздражи-

теля, формирование команды, направляемой к отдельным группам мышц.

В состоянии бодрствования активно функционируют все отделы коры, однако, что если какие-либо ее участки в данный момент не занимают присущей им деятельностью, то они не находятся в состоянии полного покоя: таким участкам навязывается определенный электрический ритм.

На ЭЭГ выделяют четыре основных ритма, различающихся по амплитуде и частоте.

1. Гамма-ритм (30-170 Гц).
2. Бета-ритм (13-30 Гц).
3. Альфа-ритм (8-13 Гц).
4. Тета-ритм (4-8 Гц).
5. Дельта-ритм (< 4 Гц).

В целом, чем ниже активность мозга, тем большее количество участков коры вовлечены в общий ритм (синхронизированы), поэтому амплитуда волн обратно пропорциональна частоте:

чем

крупнее волны, тем ниже частота.

Самый низкоамплитудный (до 15 мкВ) и высокочастотный – *γ-ритм* характерен для сверхвысокой концентрации внимания. Он также возникает при взаимодействии разных сенсорных сигналов.

β-ритм – ритм бодрствования: он регистрируется, например, в затылочной доле при разглядывании предметов, в теменной и лобной доле при решении задач и пр. Его амплитуда до 20 мкВ.

α-ритм характерен для расслабленного бодрствования (пребывания в расслабленном состоянии с закрытыми глазами вне активной умственной деятельности), амплитуда ритма до 100 мкВ;

θ-ритм характерен для сонливого состояния и засыпания, амплитуда до 150 мкВ

δ-ритм с амплитудой до 200 мкВ характерен для глубокого сна.

Спектральный анализ записей ЭЭГ способен выявить уровень общей активности коры, то есть степень активации мозга, а также локальные участки, где может находиться патологический очаг. ЭЭГ активно используется в психофизиологических исследованиях, в клинике интенсивной терапии, неврологии и сомнологии.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой установки электродов для регистрации ЭЭГ.
- Ознакомиться с методикой регистрации ЭЭГ.
- Зарегистрировать ЭЭГ бодрствующего испытуемого в покое у с открытыми и закрытыми глазами.
- Проанализировать полученную энцефалограмму.

Оборудование и материалы:

- Система беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл» с программным обеспечением «PowerGraph».
- компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Датчик ДЭ (давление и электроды).
- Разгрузочный пояс, лямки, комплект текстильных застежек.
- Одноразовые электроды (2 шт.).
- Электродный гель.
- Резиновый или эластичный бинт.
- Сантиметровая лента.
- Канцелярская прищепка.
- Спиртовые салфетки для обработки кожи.

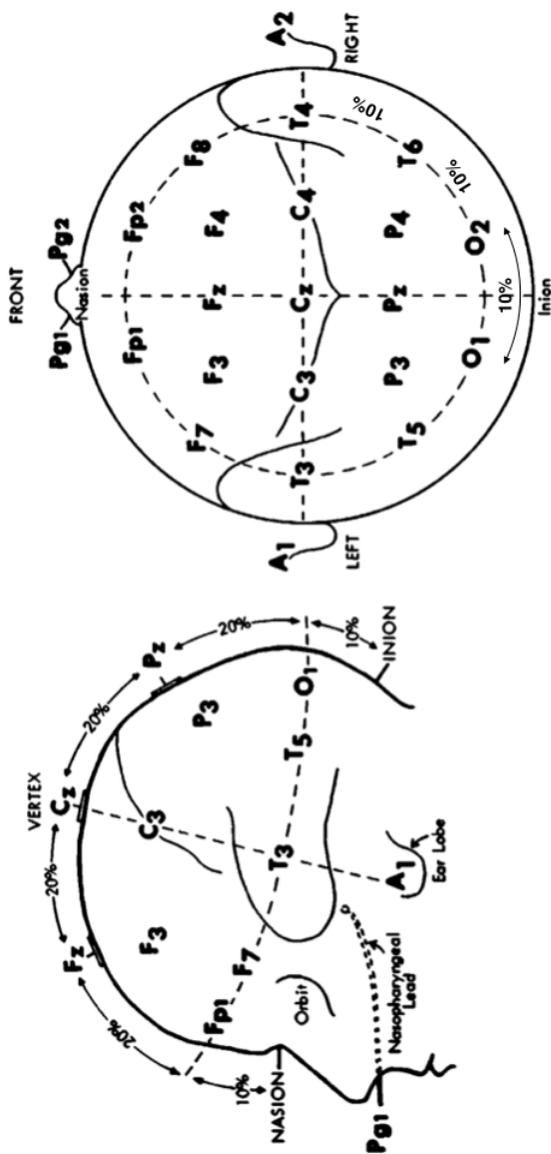
Ход работы:

1. Устанавливают электроды согласно международной системе «10-20». Система разра-

ботана международным обществом энцефалографистов в 1958 г, в ней определены исходные точки отсчета, учтена вариабельность размеров и формы черепа, что позволяет сопоставлять данные различных исследователей. Кратко, 10 и 20-это процент от расстояния между опорными точками Nasion (место пересечения носолобного шва с передней срединной линией) и Inion (затылочный бугор, хорошо прощупывается по средней линии) в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рис. 36).

В данной работе будет использовано биполярное отведение в точках O_1 и O_2 (от occipital – затылочные). Чтобы правильно установить электроды, необходимо:

- Измерить сантиметровой лентой в *sagittalной плоскости* расстояние между Nasion и Inion (в сантиметрах), оно составит 100%.
- Отступить вверх от Inion по средней линии на высоту, составляющую 10% от замеренной



Вид сверху

Вид слева

Рис.36. Места установки электродов по системе «10-20» (по Jasper 1958, с изменениями).

длины. (Например, между Nasion и Inion 35 см, 10% от этого расстояния равно 3,5 см).

- Раздвинуть волосы и маркером нанести точку на кожу. Аналогично, спереди отступить вверх от Nasion по средней линии на высоту, составляющую 10% от общей длины, промаркировать точку на коже лба.
- Замерить сантиметровой лентой окружность головы между промаркированными участками *по горизонтали*, вычислить 10%. От маркированной точки в затылочной области, вправо и влево по горизонтали отступить по 5% от измеренного расстояния.
- Раздвинуть волосы и протереть спиртом кожу данных областей, нанести маркером точки установки электродов O_1 и O_2 (рис. 36).
- С клеящей поверхности 2 одноразовых электродов снять защитные пленки. Густо покрыть гелем контактную и адгезивную поверхность (чтобы последняя не прилипла к волосам).

Снять защитную пленку с 3 электрода заземления и разместить его на сосцевидном отростке. Устанавливают электроды по центру маркированных участков, подсоединяя к ним клеммы проводов, полярность не имеет значения. Электроды закрепляют бинтом, которым аккуратно, чтобы не вызвать смещения, обматывают голову. Два тура бинта вокруг головы обеспечивают надежную фиксацию. Для наилучшего прилегания электродов, их следует разместить на коже, как минимум, за 5 минут до начала записи. Чтобы провода от усилителя не оттягивали электродов, желательно закрепить провода на воротнике одежды испытуемого прищепкой.

- Во время записи испытуемый должен оставаться неподвижным. В помещении, где проводится исследование, необходимо соблюдать тишину.

2. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту, к корпусу регистратора подсоединяют датчик ДЭ.
3. Регистратор закрепляют на груди на разгрузочной системе, в соответствии с рис. 4, вариант 6.
4. Испытуемый во время исследования сидит на стуле, расслабившись, кисти на бедрах. Такая поза уменьшает наводки от других скелетных мышц¹⁴.
5. Запускают программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирают драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «ЭЭГ», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи: сверху ЭЭГ, внизу – дыхание.

¹⁴ Жевательные, глазодвигательные и глотательные мышцы вносят наиболее существенный вклад в формирование артефактов во время исследования, поэтому испытуемого просят, по возможности, не мигать, не сглатывать и не сжимать челюсти (лучше, если рот будет слегка приоткрыт).

6. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из 4 частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

7. Помощник нажимает кнопку «Старт», в течение 10-15 с проводят пробную регистрацию, после чего нажимает кнопку «Стоп».

Испытуемый во время записи спокойно сидит с открытыми глазами. Должна получиться кривая, как на рис. 37.

8. Выделяют участок кривой протяженностью 2-3 с, затем в меню «Анализ» канала ЭЭГ выбирают пункт «Таблица значений». В категории «Statistics» выбирают функцию «Max-min». Затем в подменю «Функция» выбирают пункт «Вычислить».

В поле сохранения результатов появится

значение разности амплитуд, оно не должно превышать 0,07-0,09 мВ. Увеличение амплитуды может объясняться сильными колебаниями изолинии. Для устранения перечисленных артефактов проверяют надежность присоединенных контактов, степень увлажнения электродов гелем, плотность прилегания электродов к голове, которую регулируют резиновым бинтом. Если наводка продолжается, пробуют также изменить взаимное положение испытуемого и компьютера, но так, чтобы расстояние между ними не превышало 3 м. Если при повторной пробной записи артефакты удалось устранить, приступают к основному этапу регистрации.

9. Помощник нажимает кнопку «Старт», в течение примерно 30 с проводит регистрацию. Испытуемый находится в прежнем положении, глаза открыты, старается не мигать. В строке для комментариев помощник вводит текст «глаза закрыты». Через 10 с от начала записи, помощник

командует испытуемому закрыть глаза и нажимает клавишу «Ввод» на клавиатуре, в результате на кривой возникает метка с надписью.

10. Испытуемый остается с закрытыми глазами в течении 10 с, за это время помощник вводит в поле комментариев другой текст: «глаза открыты», подает испытуемому команду открыть глаза и нажимает клавишу «Ввод». Продолжают регистрацию еще 10-20 секунд.

11. Помощник вводит в поле комментария: «Гипервентиляция», нажимает «Ввод» и просит испытуемого быстро сделать 10 - 15 глубоких вдохов и выдохов (проба на гипервентиляцию).¹⁵ Завершают запись нажатием на кнопку «Стоп».

12. Сохраняют полученный файл (меню «Файл» – «Сохранить»).

¹⁵ Никогда не увеличивайте время гипервентиляции – это может привести к потере сознания.

13. Приступают к анализу данных. Необходимо определить частоту и амплитуду волн ЭЭГ при открытых и закрытых глазах, а также во время гипервентиляции. С помощью элемента «Лупа» увеличивают вертикальные и горизонтальные размеры графика ЭЭГ (по горизонтали, как минимум, 5:1). Выделяют фрагмент записи на участке, где глаза открыты. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений». В категории «Statistics» выбирают функцию «Max-min», а также в категории «Selection» функцию «Duration» после чего в подменю «Функция» выбирают пункт «Вычислить». Последовательно проводят по 3 измерения амплитуды и частоты для всех фрагментов, затем вычисляют среднее арифметическое. Результаты помещают в таблицу 18.

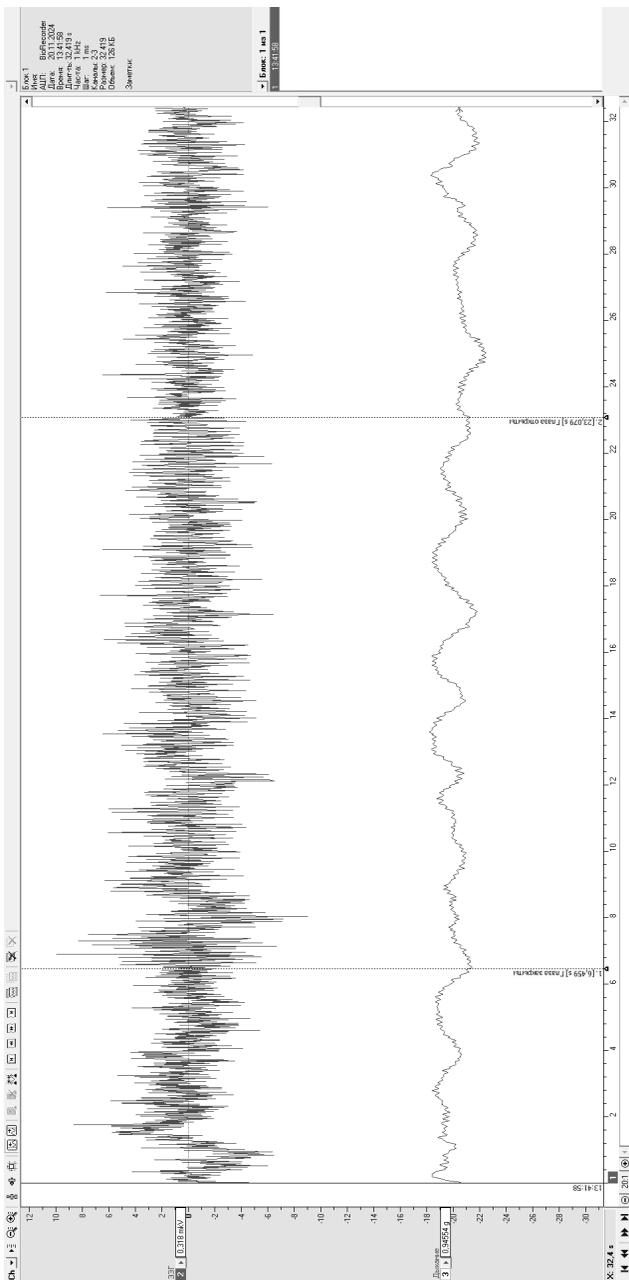


Рис. 37. Запись ЭЭГ после обработки. Видно уменьшение частоты волн и увеличение амплитуды после закрытия глаз

14. Сохраняют кривые, их распечатывают и вклеивают в протокол.

15. Сопоставляют полученные данные с основными ритмами ЭЭГ, верифицируют эти ритмы. Формулируют выводы, учитывая ответы на следующие вопросы:

- Каким ритмам ЭЭГ соответствуют у данного испытуемого состояния бодрствования с открытыми глазами, с закрытыми глазами, при гипервентиляции?
- Какое из отмеченных состояний является проявлением максимальной активации мозга, а какое – максимальному расслаблению?
- Как частотные фильтры влияют на записанный сигнал ЭЭГ?
- Какие сигналы способны исказить ЭЭГ?

Таблица 18. Амплитуда и частота ЭЭГ в различных условиях

При открытых глазах

№ измерения	Амплитуда (мВ, параметр max-min)	Длительность одного цикла (с, параметр Duration)	Частота (Гц, 1/ длительность)
Усредненное значение			

При закрытых глазах

№ измерения	Амплитуда (мВ, параметр max-min)	Длительность одного цикла (с, параметр Duration)	Частота (Гц, 1/ длительность)
Усредненное значение			

При вновь открытых глазах

№ измерения	Амплитуда (мВ, параметр max-min)	Длительность одного цикла (с, параметр Duration)	Частота (Гц, 1/ длительность)
Усредненное значение			

Во время Гипервентиляции

№ измерения	Амплитуда (мВ, параметр max-min)	Длительность одного цикла (с, параметр Duration)	Частота (Гц, 1/ длительность)
Усредненное значение			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15. «ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ДЕТЕКЦИЯ ЛЖИ».

Для инструментальной детекции лжи в криминалистике, судопроизводстве, психологии и др. сферах используют различное оборудование с общим названием полиграф (polygraph, πολύ – много и γράφω – писать). Результаты исследования предназначены для косвенной оценки достоверности сообщенной информации, эмоциональной значимости стимула (изображения, слов или любого другого) для испытуемого.

С помощью полиграфов проводят инструментальные психофизиологические исследования, в ходе которых синхронно регистрируют обязательные параметры (дыхание, ЧСС, электрическое сопротивление кожи) и ряд дополнительных показателей (ЭЭГ, двигательную активность и др.). Список обязательных параметров определяется международными стандартами, исключе-

ние из хотя бы одного делает процедуру проверки на полиграфе невалидной. Датчики, регистрирующие другие параметры, включаемые в комплектность разных типов и моделей полиграфов, несут вспомогательную функцию. Так, датчики тремора (двигательной активности) и микрофоны могут использоваться для фиксации артефактов: движения обследуемого и внешних шумовых помех соответственно. Микрофон также может использоваться для более точной фиксации моментов вопроса–ответа и для записи фонограммы допроса.

Результат одновременной записи всех перечисленных выше параметров называется полиграммой. Общая структура полиграммы состоит из *фона, реакции и артефактов*.

Фон – состояние физиологических процессов в организме человека, пребывающего в условиях покоя (у спокойно сидящего человека, которому не задают вопросов). Фон характеризуется отно-

сительной стабильностью протекающих процессов и представляет собой некоторую физиологическую норму, свойственную конкретному человеку.

Реакция – это заметное (в условиях осуществляемого наблюдения) изменение динамики регистрируемого физиологического процесса в ответ на стимул (вопрос, предмет или изображение предмета), предъявляемый в ходе психофизиологического исследования. В зависимости от индивидуальных особенностей, при развитии реакции можно наблюдать усиление, ослабление или стабилизацию динамики конкретной функции. У некоторых лиц реакции могут иметь комплексный характер: вслед за быстрыми изменениями физиологического процесса (собственно реакцией на стимул) происходит последующее продолжительное изменение его динамики, то есть так называемая реакция облегчения. *Физиологические реакции, регистрируемые в ходе исследова-*

ния, не обладают специфичностью, то есть по их информативным признакам нельзя точно установить природу вызвавшего их процесса (положительная или отрицательная эмоция, ложь, испуг, боль, какие-либо ассоциации и т. д.). Единственная объективная характеристика физиологической реакции – её устойчивость в ответ на предъявление ситуативно значимого стимула. *Артефакт* – заметное (по сравнению с фоном) изменение динамики контролируемого физиологического процесса, непосредственно не связанное с предъявляемыми в ходе исследования стимулами и обусловленное воздействием экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) дестабилизирующих факторов. К эндогенным факторам относятся умышленные или неумышленные движения обследуемого, кашель, внезапные болевые ощущения и т. п., к экзогенным – в основном, внешние шумовые помехи.

Задачи исследования

- Ознакомиться с методикой -
ной детекции лжи.
- Зарегистрировать кожно-гальваническую реакцию (КГР), изменения частоты дыхания, частоты сердечных сокращений, связанных с раздражением сенсорных систем, когнитивным воздействием и эмоциями.
- Проанализировать данные 3 каналов полиграммы, оценить ее эффективность и возможности.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистра-
ции биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик С (сопротивление).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.

- 2 одноразовых электрода.
- Электродный гель.
- Разгрузочная система и комплект текстильных застежек.
- Ручка, листок бумаги, конверт.
- 10 бумажных карточек с числами в заданном диапазоне.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик С.
2. Испытуемого усаживают на стул таким образом, чтобы он не мог видеть действий помощника и получаемых на экране кривых. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему как показано на рис. 4, вариант 1, регистратор закрепляют спереди на разгрузочных лямках. Перед наклеиванием электродов проверяют состояние кистей:

поверхность кожи пальцев должна быть теплой, в противном случае кисти рекомендуется разогреть потиранием друг о друга, либо поместить в теплую воду, а затем насухо вытереть.

3. На дистальные фаланги указательного и безымянного пальцев приклеивают одноразовые электроды, после чего к электродам прикрепляют клеммы датчиков. Для надежности электроды с датчиками закрепляют полосками лейкопластыря.

4. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Детекция лжи», в результате чего возникнет поле для трехканальной записи. Вверху отображается канал с кожным сопротивлением, посередине – запись дыхательных движений, внизу – пульс (обработанная СКГ).

5. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из четырех частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

6. Нажав на кнопку «Старт» проводят пробную регистрацию. Испытуемого просят закрыть глаза и расслабиться. Через 1-2 мин помощник незаметно прикасается к лицу испытуемого. На канале с кожно-гальванической реакцией (КГР), где с периодом 20-30 наблюдались небольшие волны¹⁶, должна возникнуть реакция в виде сильного всплеска. Проверяют тождественность кривых образцу на рис. 38, в случае успешной записи нажимают кнопку «Стоп» и приступают к следующему этапу.

Следующий этап исследует реакцию испытуемого на имена. Для этого помощник выписывает на листке бумаги имена (фамилии) одногруппни-

¹⁶ Эти волны связаны с тоническим воздействием симпатического отдела ВНС.

ков, присутствующих в аудитории. Испытуемому дают инструкцию, что на вопрос «Знаете ли вы этого человека?» испытуемый должен давать отрицательные ответы. В списке должны присутствовать 80% неизвестных испытуемому имен и 20% одногруппников. Первый вопрос в данном списке, должен быть контрольным и называть имя неизвестного испытуемого человека, это так называемый «жертвенный вопрос», реакция на него не анализируется. Нажимают кнопку «Старт» и осуществляют регистрацию, *в ходе которой испытуемый должен односложно отвечать на все вопросы «Нет».* Имена по порядку помощник заранее вводит в строку комментариев, а когда задает вопрос, то нажимает кнопку «Ввод», после чего на графике ставится метка. Вопросы задают с интервалом 30-40 секунд.

ориентируясь на кожно-гальваническую реакцию между фоновыми колебаниями. Для завершения этого этапа нажимают кнопку «Стоп».

7. Следующий этап работы заключается в «отгадывании» числа, задуманного испытуемым. Испытуемого просят загадать число в определенном интервале, например, от 1 до 10, а затем записать данное число на бумаге 10-15 раз, причем в половине случаев в виде цифр, например: «4», а в половине – в виде слова: «четыре». Испытуемый не показывает своих записей никому в аудитории, складывает листок с записями и помещает его в конверт. Информацию о задуманном числе испытуемый должен скрывать как «тайну», на каждый вопрос намеренно отвечая «нет». Помощник нажимает кнопку «Старт», становится сбоку, рядом с испытуемым, так, чтобы не было визуального контакта и предъявляет ему карточки, громко называя число. Продемонстрировав карточку в течение 5 секунд,

помощник откладывает ее в сторону, чтобы потом перемешать и предъявить снова. Каждую карточку следует продемонстрировать по 2 раза. Другой помощник ставит комментарии на кривой, вводя в поле комментария предъявленное число и нажимая «Ввод» на клавиатуре. Первый вопрос этой серии, как и в предыдущей, должен быть контрольным, например демонстрация буквенного символа («жертвенный вопрос»). Желательно придерживаться того же темпа предъявления вопросов, что и на предыдущем этапе. По завершении нажимают кнопку «Стоп», сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить»).

8. Переименовывают фрагменты записи: вместо времени создания, фрагментам присваивают имена: «пробная запись», «имена», «отгадывание числа». Вновь сохраняют файл и приступают к анализу полученных данных.

9. Параметрами анализа будут: ЧСС по данным сейсмокардиографии, глубина дыхания по

данным акселерометра, а также выраженность кожногальванических реакций. Полученные данные заносят в соответствующую часть таблицы 19.

10. Определяют частоту сердечных сокращений по СКГ по методике, указанной пп 17-21 работы «Сейсмокардиография и ЭКГ». Результат вносят в таблицу 19 в графу ЧСС. Расставив комментарии по максимальным зубцам обработанной СКГ на всей записи, рассчитывают интервалы между комментариями. Для этого выделяют участок, за 10-15 с предшествующий вопросу (фон), для канала «ЧСС» в меню «Анализ» – «Таблица значений» – «Категории» – «Comments interval»– «Функция» – «Mean» – «Вычислить». Затем повторяют вычисление, захватив в выделение участок аналогичной длительности, соответствующий заданному вопросу (реакция), результаты помещают в таблицу 19, пересчитав интервалы в ЧСС.

11. Глубину дыхания и амплитуду КГР определяют, выделив аналогично 10-15 с до вопроса (фон) и после вопроса (реакция). Для вычислений в «Таблице значений» используют категорию «Statistic» – «Max-Min», не забывая отметить галочками каналы «КГР» и «Дыхание». Для получения рассчитанных значений нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5 (или меню «Функция» – «Вычислить»), результаты вносят в таблицу 19.

12. Анализируя результаты, дают заключение *по каждому вопросу* серии, обращая внимание на изменение параметров, выделяя тем самым вопросы, значимые для испытуемого. По заполнении последней таблицы открывают содержимое конверта, где испытуемый записывал число и сопоставляют эти данные с результатами обследования.

13. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

14. Формулируют выводы. Подготавливая выводы, отвечают на следующие вопросы:

- Относятся ли результаты, полученные при полиграфии к объективным, или они носят субъективный характер?
- Зависят ли результаты от качества опросного листа или способа, которым задаются вопросы?
- Индивидуальна ли степень реакций, полученных в результате исследования, или они носят общий характер?
- Какой параметр у данного испытуемого изменялся в наибольшей степени?
- Является ли метод инструментальной детекции лжи абсолютным или возможны ошибки, зависящие от методики проведения опроса, качества опросника и других факторов?

Таблица 19. Оценка различных параметров при инструментальной детекции

ЛЖИ

А. Пробная серия

Текст вопроса	ЧСС (уд./мин)		Глубина дыхания (мг)		Амплитуда КГР (мВ)	
	Фон	Реакция	Фон	Реакция	Фон	Реакция
Вопрос №1						
Вопрос №2						

Б. Реакция на имена

Текст вопроса	ЧСС (уд./мин)		Глубина дыхания (мг)		Амплитуда КГР (мВ)	
	Фон	Реакция	Фон	Реакция	Фон	Реакция
Вопрос №1						
Вопрос №2						

В. Отгадывание числа

Текст вопроса	ЧСС (уд./мин)		Глубина дыхания (мг)		Амплитуда КГР (мВ)	
	Фон	Реакция	Фон	Реакция	Фон	Реакция
Вопрос №1						
Вопрос №2						

VI

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16. «РЕГИСТРАЦИЯ ПНЕВМОГРАММЫ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ»

Пневмографией называют метод регистрации дыхательных движений, а полученную кривую - пневмограммой. Запись производится с помощью датчиков, позволяющих регистрировать движения грудной клетки и изменение ее окружности (экскурсии) при вентиляции легких. Для регистрации пневмограммы применяют различные датчики (реостатные, тензометрические, емкостные, датчики давления), связанные с электронными усилительными и регистрирующими устройствами.

С помощью пневмографии можно определить характер дыхания – его частоту, глубину и рисунок (паттерн). Различают нормальное дыхание (*эупноэ*), редкое и глубокое (*брадипноэ*) и частое

поверхностное (*тахипноэ*). У взрослых число дыхательных движений составляет 12-18 в минуту, у детей этот показатель выше: у новорожденных – 40-60, в 5 лет – 24-26 в минуту. Параметры пневмограммы меняются вследствие различных причин: во время мышечной работы, при эмоциональном возбуждении и стрессе. Изменение ритма дыхания и его глубины наблюдаются также во время глотания, разговора, после задержки дыхания и т. п.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой пневмографии.
- Зарегистрировать пневмограмму в различных условиях.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».

- Датчик Д или Д (давление и пьезо-датчик,).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Манжета для измерения давления с грушей для накачивания воздуха, тройником и 2 патрубками¹⁷.
- Конический штуцер для подсоединения манжеты к патрубку.
- Разгрузочная система с текстильными застежками, чехол для регистратора.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
2. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДЭ или ДП, провода аккуратно скручи-

¹⁷ Если манжета снабжена 2 трубками, в тройнике нет необходимости

вают в кольцо, чтобы не мешали, закрепляя канцелярской резинкой.

3. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему, под разгрузочные лямки *спереди* помещают полностью развернутую манжету для измерения АД. Ее верхний край должен находиться на уровне 3 ребра. Снаружи манжету вместе с лялками закрепляют длинной текстильной застежкой, как на рис. 4, вариант 2. На регистраторе заменяют колпачок компрессионной камеры на конический штуцер, присоединяя регистратор к свободному патрубку от манжеты.

4. Регистратор ориентируют разъемом *вниз*, погружают вместе с проводами в чехол и закрепляют его двумя кольцеобразно охватывающими фиксаторами на разгрузочном ремне.

5. Испытуемый принимает удобное положение, сидя на стуле. Поза на протяжении исследования изменяться не должна.

6. Запускают программу «PowerGraph», в окне «Выбор АЦП» выбирают драйвер «BioRecorder».

7. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Пневмография», в результате чего возникнет поле для одноканальной записи. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из четырех частей. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и завершают нажатием на кнопку «Стоп».

8. Нажав на кнопку «Старт», производят настройку. В манжету с помощью груши накачивают воздух до появления волн, соответствующих ритму дыхания (обычно это происходит при давлении 8-10 мм рт. ст.). Закручивают воздушный клапан на груше.

9. Выжидают 3-4 минуты, пока график стабилизируется на одном уровне, как на рис. 39, что необходимо для нагревания воздуха в ман-

жете телом испытуемого. Запись останавливают, блок переименовывают в «тест».

10. После выравнивая кривой, испытуемого просят изменить характер дыхания. Нажимают на «Старт» и последовательно регистрируют четыре участка с различными вариантами легочной вентиляции:

1) спокойное дыхания – эупноэ (испытуемый дышит носом);

2) усиленное дыхания – гиперпноэ (испытуемый дышит носом и ртом);

3) ослабленное и редкое – брадипноэ (испытуемый дышит носом);

4) дыхание во время декламации (чтения). Изменение дыхания происходит по команде, которую дает инструктор. По окончании каждого этапа нажимают кнопку «Стоп». Продолжительность регистрации каждого участка составляют 10-15 с, после чего следует остановить запись и сделать паузу на такой же продолжительности, как

и запись. По окончании записи всех вариантов дыхания блоки переименовывают в «Эупноэ», «Тахипноэ» и т.п. по методике, рассмотренной в работе №1 (см. с. 47-64).

Для последнего фрагмента с декламацией следует взять 2-3 предложения прозы и фрагмент стихотворения. Последний фрагмент записывают без паузы, различия в тексте помечают комментариями («проза» «стихи»).

11. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и проводят анализ кривой.

12. Расставляют автокомментарии для максимальных значений, соответствующих вдоху, последовательно, для каждого блока записи кроме декламации, (меню «Комментарии» – «Автокомментарии» – Максимальное значение, в строке комментария вводят слово «вдох»). В качестве пороговой величины выбирают амплитуду на 10-15% ниже самого маленького пика для данно-

го участка. Вручную удаляют/добавляют пропущенные пики.

13. Расставляют автокомментарии, как в предыдущем пункте для *минимальных* значений, соответствующих выдоху (меню «Комментарии» – «Автокомментарии» – минимальное значение, в строке комментария вводят слово «выдох»). В качестве пороговой величины выбирают амплитуду на 10-15% ниже для данного участка.

14. Просматривают пневмограмму. Важно, чтобы *первым по счету в каждом блоке* « », – « ». Это важно для анализа. При необходимости ненужный комментарий удаляют.

15. Рассчитывают частоту дыханий. Для этого выделяют один фрагмент, в меню «Анализ» выбирают «Comments interval» – «Mean Odd– Odd» (это интервал между четными комментариями, помеченными как «Вдох»), «Функция» – «Вы-

числить». Полученные значения усредненного дыхательного цикла вносят в таблицу 20, туда же вносят частоту дыхания, рассчитанную по формуле: частота дыхания (1/мин) = 60/ усредненная продолжительность одного цикла (с).

16. Анализируют максимальную глубину дыхания для каждого фрагмента. Снова выделяют фрагменты записи. В меню «Анализ» выбирают «Statistics» – «Max-min», «Функция» – «Вычислить». Данные вносят в таблицу 20.

17. Распечатывают фрагменты кривой.

18. Формулируют выводы. В тексте выводов следует отразить ответы на следующие вопросы:

- Является ли пневмография методом измерения дыхательных объемов?
- Является ли пневмография методом измерения экскурсии грудной клетки?
- Меняется ли пневмограмма при разных вариантах дыхания? Если это так, то каковы изменения?

- В каких единицах измеряют показатели пневмограммы?
- Можно ли по пневмограмме определить частоту дыхания и его глубину?
- По каким признакам можно отличить пневмограмму при чтении прозы и стихов?

Таблица 20. Изменение частоты и глубины дыхания при различных режимах вентиляции легких

Вариант дыхания	Средняя продолжительность дыхательного цикла, сек	Частота дыхания (среднее значение), раз в мин	Глубина дыхания (среднее значение), мм рт. ст
Эупноэ			
Гиперпноэ			
Брадипноэ			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17. «ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЫ С ЗАДЕРЖКОЙ ДЫХАНИЯ»

Корковый контроль позволяет произвольно менять параметры легочной вентиляции: от полного прекращения (при осознанной задержке дыхания). После гипервентиляции время задержки дыхания на высоте вдоха достигает 1-2 минуты. Временной предел задержки обусловлен нарастающей гиперкапнией: центральные хеморецепторы активируют дыхательный центр, он, в свою очередь, инициирует выдох, а затем и вдох. Для оценки состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем используют функциональные пробы с задержкой дыхания Штанге и Генчи. С их помощью определяют максимальную продолжительность произвольной задержки дыхания после вдоха (проба Штанге) или после максимального выдоха (проба Генчи), а также, одновременно с этим, определяют частоту сер-

дечных сокращений. В норме после максимального выдоха задержка составляет 30-40 секунд, после задержки на вдохе – 55-60 секунд; при сердечной и легочной патологии задержка уменьшается, у тренированных лиц, напротив – увеличивается, достигая и двух и более минут. Измеряя ЧСС, определяют *показатель реакции сердечно-сосудистой системы*, который вычисляют по формуле:

Показатель реакции сердечно – сосудистой системы = ЧСС в течение первых 30 секунд после пробы / ЧСС за 30 с до задержки дыхания.

В норме он не должен превышать исходную частоту пульса более, чем на 20%, т.е. не быть выше 1,2.

Задачи исследования:

- Провести функциональные пробы с задержкой дыхания.
- Вычислить показатель реакции сердечно-сосудистой системы в различных условиях.
- Оценить влияние гипервентиляции на пробы с задержкой дыхания.

Оборудование и материалы:

- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДП (давление и пьезодатчик).
- Разгрузочная система с фиксаторами манжеты и регистратора на теле испытуемого.
- Носовой зажим.
- Зеркало 20x20 см и большего размера.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
2. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДП.
3. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему, как показано на рис. 4, вариант 1. Регистратор закрепляют в чехле на разгрузочных лямках спереди, двумя кольцеобразными фиксаторами.
4. В лучевой области средней фаланги безымянного пальца пальпацией находят пульсирующую артерию, куда устанавливают пьезодатчик. Датчик располагают чувствительной стороной к коже и закрепляют полоской лейкопластыря, обернув палец вместе с датчиком.
5. Испытуемый принимает удобное положение, сидя на стуле. Поза на протяжении всего исследования меняться не должна.

6. Запускают программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирают драйвер «BioRecorder».
7. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Пробы с задержкой дыхания», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи– вверху пульс, внизу движения грудной клетки, записанные акселерометром.
8. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из трех частей. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и завершают нажатием на кнопку «Стоп».
9. Первый фрагмент – тестовая запись. Нажимают на кнопку «Старт», испытуемого просят дышать спокойно, а затем задержать дыхание на 10-15 секунд, после чего продолжить дыхание. На экране должна отобразиться картина, подобная рис. 40. Желаемого результата добиваются, изменяя положение датчика пульса и регулируя

прижим к коже полоской лейкопластыря, а кривую записи дыхательных движений корректируют исправлением положения регистратора и фиксацией амуницией. После налаживания записи, нажимают кнопку «Стоп».

10. Вновь нажимают кнопку «Старт» и начинают проводить пробу Штанге. Испытуемого просят сделать 3-4 вдоха и выдоха, не торопясь, глубиной чуть больше обычного. Затем испытуемый должен сделать полный вдох и задержать дыхание, зажав отверстие носа рукой или при помощи специального зажима. Возможную утечку воздуха контролируют с помощью зеркала, который помощник удерживает перед лицом испытуемого. Испытуемый задерживает дыхание на максимально возможный для него срок, решение прекратить задержку принимает самостоятельно. Через минуту после возобновления дыхания помощник нажимает на кнопку «Стоп».

Испытуемый спокойно дышит в течение 3 минут, затем приступает к пробе Генчи.

11. Эта проба проводится по аналогичной схеме, за исключением того, что ее производят после максимального выдоха. Запись также останавливают через 1 минуту после возобновления дыхания.

12. Выдержав паузу 1,5-3 минуты, нажимают кнопку «Старт» повторяют обе пробы после гипервентиляции. Для этого просят испытуемого сделать по 5 максимальных вдохов и выдохов за 10 с, повторяют пробу Штанге, ждут 1 минуту после того, как дыхание восстановится нажимают кнопку «Стоп», а еще через 2 минуты возобновляют запись, проводят гипервентиляцию и повторяют пробу Генчи.

13. Нажимают кнопку «Стоп», сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу полученных данных.

14. Для определения времени задержки дыхания выделяют участок кривой канала «Дыхание» от момента глубокого вдоха в пробе Штанге (выдоха в пробе Генчи) до возобновления дыхания. Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Selection выбирают функцию Duration, нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится запись Selection duration со значением в секундах, а данные заносят в таблицу 21.

15. Измерение частоты пульса проводят по методике, указанной в работе «Артериальная сфигмография, пп. 13-16, вычисляя данные для канала «Пульс».

16. Определяют частоту сердечных сокращений. Рассчитав продолжительность одного цикла, вычисляют ЧСС по формуле:

**ЧСС = 60/усредненная продолжительность
одного цикла (с)**

17. Повторяют анализ для всех фрагментов после гипервентиляции, данные заносят в таблицу 21.

18. Сохраняют кривые, распечатывают их и клеивают в протокол.

19. Формулируют выводы.

В выводах должны найти отражения ответы на следующие вопросы:

- Как легочные объемы и емкости влияют на время задержки дыхания?
- Каковы причины и механизмы разного времени задержки дыхания в пробах
- Какой у испытуемого показатель реакции сердечно–сосудистой системы?
- Как влияет гипервентиляция на время дыхательной задержки?
- Каков механизм изменений параметров дыхательной задержки после гипервентиляции?

Таблица 21 Результаты проб с задержкой дыхания в различных условиях

Название пробы	Фоновые значения ЧСС(уд.мин)	ЧСС после задержки дыхания (уд. мин)	Продолжительность задержки дыхания (с)	Условия выполнения
Проба Штанге				На фоне нормальной вентиляции
Проба Генчи				
Проба Штанге				На фоне гипервентиляции
Проба Генчи				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 18. «ПУЛЬСОКСИМЕТРИЯ И ПНЕВМОГРАФИЯ В ПОКОЕ И ПРИ ВОЗВРАТНОМ ДЫХАНИИ»

Пульсоксиметрией называют неинвазивный метод мониторинга насыщения артериальной крови кислородом. В основе метода лежит фотометрия тканей, жидких сред и кровеносных сосудов, через которые пропускают свет. Проходя через указанные препятствия, свет от источника излучения поглощается избирательно, что и регистрируется с помощью фотоприемника. Известно, что соединения гемоглобина: оксигемоглобин (HbO_2), дезоксигемоглобин (HbH), карбогемоглобин (HbCO_2) имеют различия в спектрах поглощения света.

Современные пульсоксиметры – двухлучевые, в них часто используют источники света с красной (660 нм) и инфракрасной (940 нм) частями спектра. Данные значения выбраны неслучайно: при

длине волны излучения 660 нм HbO_2 поглощает почти в 10 раз меньше света, чем HbH и HbCO_2 , а в ИК диапазоне (940 нм), напротив, HbO_2 абсорбирует излучение лучше других соединений. Пульсоксиметрия является продолжением метода фотоплетизмографии – отражающей различия поглощения света при изменении кровенаполнения сосудов. Во время систолы диаметр и количество крови в артерии увеличивается, свет поглощается интенсивнее, а в диастолу – наоборот, поглощение уменьшается. Согласно заложенному в пульсоксиметры алгоритму, регистрируются значения поглощенного излучения, соответствующие максимальному кровенаполнению (на пиках фотоплетизмограммы), что увеличивает точность метода. Фактически, пульсоксиметрия – это фотоплетизмография, где с помощью двух источников излучения получают две кривые артериального пульса, которые нормируются и вычитаются друг из друга с коэффициентом, определяемым для каждой длины волны эмпириче-

ским путем. В итоге получается *один* график, дискретное значение на пике соответствует % содержанию оксигемоглобина в артериальной крови во время систолы, на следующем пике-следующее значение и т.д. Благодаря такому подходу, полученные данные по содержанию оксигемоглобина не зависят ни от толщины просвечиваемых тканей, ни от мощности источников излучения.

Графическое изображение пульсовой волны, которое выводится на экран вместе с графиком насыщения гемоглобина кислородом, представляет собой данные лишь от одного источника излучения, как правило ИК-диапазона, и не имеет отношения к динамике изменений содержания HbO_2 . В артериальной крови содержится порядка 99% HbO_2 , поскольку парциальное давление O_2 составляет более 95 мм рт.ст. Степень сродства молекулы гемоглобина к кислороду в таких условиях велика. В венозной крови, парциальное давление ниже – 40 мм рт. ст., сродство гемоглобина к O_2 снижается, поэтому степень насыще-

ния составляет 75% (рис. 41). Таким образом, в большом круге кровообращения утилизируется лишь $\frac{1}{4}$ запасов O_2 , что видно на пологой части кривой. Если же парциальное давление O_2 падает ниже 40 мм рт ст, гемоглобин начинает активнее высвобождать O_2 , что также хорошо видно на кривой.

Усиление метаболической активности, о чем можно судить по повышению содержания ионов водорода, увеличению температуры, увеличению pCO_2 и продукта анаэробного окисления глюкозы-2,3 дифосфоглицерата, сопровождается сдвигом кривой диссоциации вправо (эффект Бора). При этом степень сродства гемоглобина к кислороду снижается и гемоглобин легче отдает O_2 тканям, что является важным приспособительным механизмом.

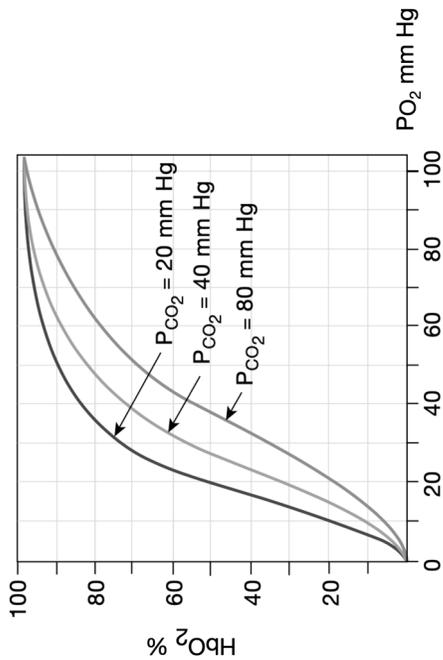


Рис. 41. Сатурационные кривые HbO_2 . Средняя кривая- нормальное состояние, сдвинутая вправо соответствует усилению метаболизма, влево- снижению метаболизма.

Снижение метаболической активности, напротив, сопровождается увеличением сродства гемоглобина к O_2 : гемоглобин крепче удерживает кислород, происходит сдвиг кривой влево (эффект Холдена). Определять сдвиг кривой удобно по точке p_{50} – когда 50% молекул представлено HbO_2 , а 50% – другими соединениями. Точка эта условна, поскольку в норме, даже в венозной крови преобладает HbO_2 . На рис. 41 видно, что при p_{50} у средней кривой соответствует 25 мм рт ст, у сдвинутой вправо почти при 40 мм рт ст, а у сдвинутой влево – при 20 мм рт ст. В норме чаще наблюдается сдвиг сатурационной кривой вправо, это связано с физиологическими причинами, такими как: физические нагрузки, подъем на высоту, дыхание газовой смесью с повышенным содержанием CO_2 , например при «возвратном дыхании». Возвратное дыхание по Read и Leigh-процедура, для которой необходим герметичный мешок, заполняемый газовой смесью из 7% CO_2 , 23% O_2 , и 70% N_2 . Дыхательные пути испытуемого изолируют от атмосферы и соеди-

няют с мешком, испытуемый дышит экспираторным воздухом до тех пор, пока это возможно, поскольку в емкости нарастает содержание CO_2 , а O_2 падает. Данная методика позволяет оценить устойчивость организма к гипоксии и гиперкапнии.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать беспроводным пульсоксиметром фотоплетизмограмму с пальца испытуемого совместно с регистрацией пневмограммы системой «Биожезл» в покое.
- Провести пульсоксиметрию совместно с пневмографией в покое и при дыхании в условиях гиперкапнии и гипоксии.
- Сравнить показатели пульсоксиметрии в покое и при возвратном дыхании.
- Проанализировать динамику изменений показателей пульсоксиметра в сопоставлении с сатурационной кривой оксигемоглобина.
- Сравнить показания пневмограммы в покое, при возвратном дыхании и в восстанови-

тельном периоде после дыхания в условиях гиперкапнии и гипоксии.

Оборудование и материалы:

- Беспроводной пульсоксиметр VM 1000C.
- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДЭ или ДП (давление и).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows 8 и выше, оснащенный модулем Bluetooth и USB-портом.
- Манжета для измерения давления с грушей для накачивания воздуха.
- Конический штуцер для подсоединения манжеты.
- Медицинский зажим.
- Разгрузочная система с текстильными застежками, чехол для Биожезла.
- Одноразовый загубник и носовой зажим для спирометрии.

- Герметичный мешок из пищевого пластика на 4-10 л.
- Канцелярские резинки или лейкопластырь.

Ход работы:

1. Испытуемого просят сесть на стул, руки положить на колени и расслабиться.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К регистратору подсоединяют датчик ДЭ или ДП, провода аккуратно скручивают в кольцо, чтобы не мешали, закрепляя резинкой.
3. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему, под разгрузочные лямки спереди помещают полностью развернутую манжету для измерения АД. Ее верхний край должен находиться на уровне 3 ребра. Снаружи манжету вместе с лялками закрепляют длинной текстильной застежкой, соответственно рис. 4, вариант 2. В манжету с помощью груши нагнетают небольшое количество

воздуха, чтобы слегка заполнить ее объем. По заполнении манжеты к трубке через накрученный конический штуцер присоединяют регистратор. Более подробно – см. работу «Пневмография в различных условиях».

4. На дистальную фалангу безымянного пальца левой руки прикрепляют пульсоксиметр, включают его, нажав на кнопку, расположенную на стороне дисплея. Прозвучит звуковой сигнал, на дисплее отобразятся значения пульса, % HbO₂, а также мигающий значок Bluetooth, приглашающий установить связь с компьютером¹⁸. Испытуемого предупреждают, что во время исследования двигать рукой с пульсоксиметром нельзя.

5. Включают компьютер и следят за тем, чтобы прекратилось мигание значка Bluetooth на дисплее пульсоксиметра, это означает установление связи с компьютером, обычно это занимает несколько секунд. Если значок продолжает

¹⁸ Если пульсоксиметр не включается - замените батареи. Для питания используются 2 батареи AAA.

мигать, то необходимо произвести новое сопряжение с компьютером, для чего в Windows нажимают кнопку «Пуск», выбирают пункт «Параметры» – «Устройства Bluetooth». Нажав на значок «Добавить устройство» – «Bluetooth» начинают поиск устройств. Должно появиться устройство «BerryMed», которое связывают с компьютером.

6. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «ADC-Double» для одновременной работы с двумя устройствами. В качестве АЦП 1 – выбирают «PulseOximeter VM («Auto»), АЦП 2 – «BioRecorder» («Auto»), после чего нажимает кнопку, на которой появилась надпись «PulseOximeter + BioRecorder».

7. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Пульсоксиметрия и пневмография», в результате чего возникнет поле для четырехканальной записи, снизу вверх: «Фотоплетизмограмма», «ЧСС», «% НbO₂», «Пневмограмма» (рис. 42).

8. Работа состоит из 2 этапов. Запись будет осуществляться с частотой 1000 Гц.

На первом этапе производят запись фотоплетизмограммы и пневмограммы в покое. После нажатия на кнопку «Старт» начинается запись, которую следует провести в течение 20-30с. Запись останавливают нажатием на кнопку «Стоп». Для контроля сатурации рекомендуем вывести на дисплей панель %HbO₂ (меню «Вид» – «Панели значений» – «%HbO₂»). Внешний вид записи должен соответствовать рис.42. Если вид кривых соответствует рисунку, переходят к следующему этапу.

9. Второй этап работы начинают с подготовки емкости для возвратного дыхания. Носовой зажим накладывают на нос испытуемому, который начинает дышать ртом. Помощник закрепляет резинкой одноразовый мундштук к полиэтиленовому мешку, периодически во время выдоха прикладывает мундштук к губам

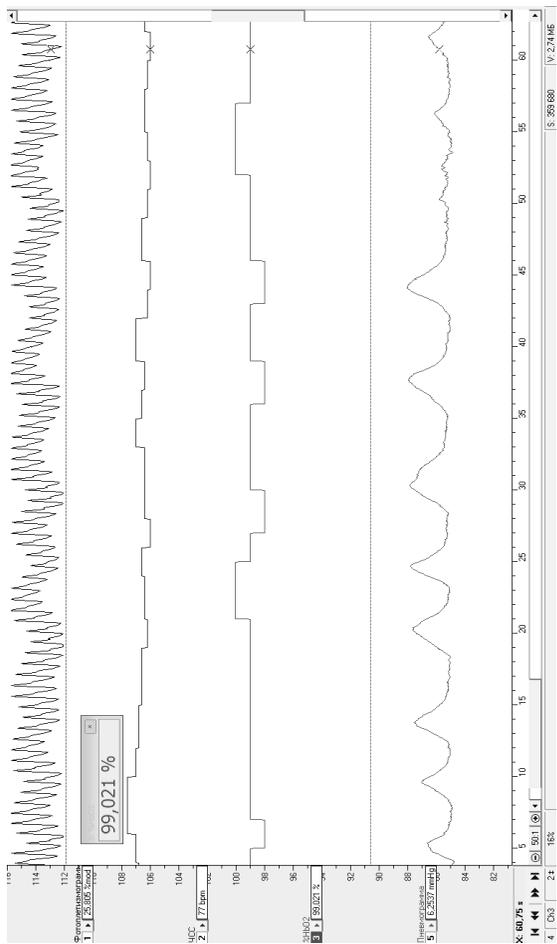


Рис. 42. Пример совместной записи, произведенной пульсоксиметром и системой «Биожел». Выведена панель значения %- процентное содержание HbO₂

испытуемого и так наполняет мешок. В наполненном экспираторным воздухом мешке, согласно теории, находится газовая смесь, в составе которой порядка 16% O₂ и 4,5% CO₂.

10. Нажимают на кнопку «Старт», испытуемый плотно охватывает губами мундштук и начинает вдыхать и выдыхать в мешок, этот момент отмечается комментарием «Возвратное дыхание». В процессе возвратного дыхания испытуемого инструктируют о том, что при появлении дискомфорта *ему необходимо самостоятельно* прекратить дыхание из мешка, вынуть мундштук и начать дыхание атмосферным воздухом. При возвратном дыхании в мешке накапливается CO₂ и снижается содержание O₂ (гиперкапническо-гипоксический стимул по Read и Leigh в нашей модификации), по изменениям объемов мешка и движениям грудной клетки наблюдают постепенное увеличение дыхательного объема и ЧД. Момент самостоятельного перевода испытуемого на дыхание из атмосферы фиксируется комментарием «Атмосферное дыха-

ние», однако, *во избежание осложнений, помощнику следует прекратить процедуру возвратного дыхания в случае падения сатурации до уровня 80%. Таким образом, во время процедуры необходимо тщательно следить за показателями насыщения гемоглобина.*

11. Наблюдают за динамикой показателей сатурации и ЧСС сразу после прекращения возвратного дыхания и входе восстановления параметров до прежнего уровня, на что может уходить до нескольких минут, после чего помощник завершает запись нажатием на кнопку «Стоп».

12. Сохраняют файл и приступают к анализу данных. Для этого необходимо уменьшить масштаб отображения шкалы X (времени) до 1:200–500, чтобы видеть несколько минут записи (рис.43).¹⁹

¹⁹ в меню «Файл» открывают «Предварительный просмотр». Распечатывают полученное изображение для помещения в протокол лабораторной работы.

13. Выделяют участок кривой от начала записи до метки «возвратное дыхание». В меню «Анализ» выбирают «Таблица значений» – «Statistics» и галочками отмечают следующие пункты: «Maximum», «Minimum», «Max-Min», «Median», «Mode», нажимают на изображение нескольких шестеренок или в меню «Функция» «Вычислить все». В качестве источника данных (отдельное окно справа), вычисления проводят вначале для канала «ЧСС», затем канала «% НвО₂», а затем «Пневмограмма».

Затем, не покидая меню «Анализ» в категории «Selection» выбирают «Duration» и нажимают изображение шестеренки. Таким образом происходит сбор необходимых данных для анализа. Закрывают окно «Таблицы значений», выделяют сегмент записи между метками «Возвратное дыхание» и «Атмосферное дыхание», после чего вновь прodelывают вышеуказанные действия. Последний сегмент – восстановительный, выделяют кривые от метки «Атмосферное дыхание» до конца записи.

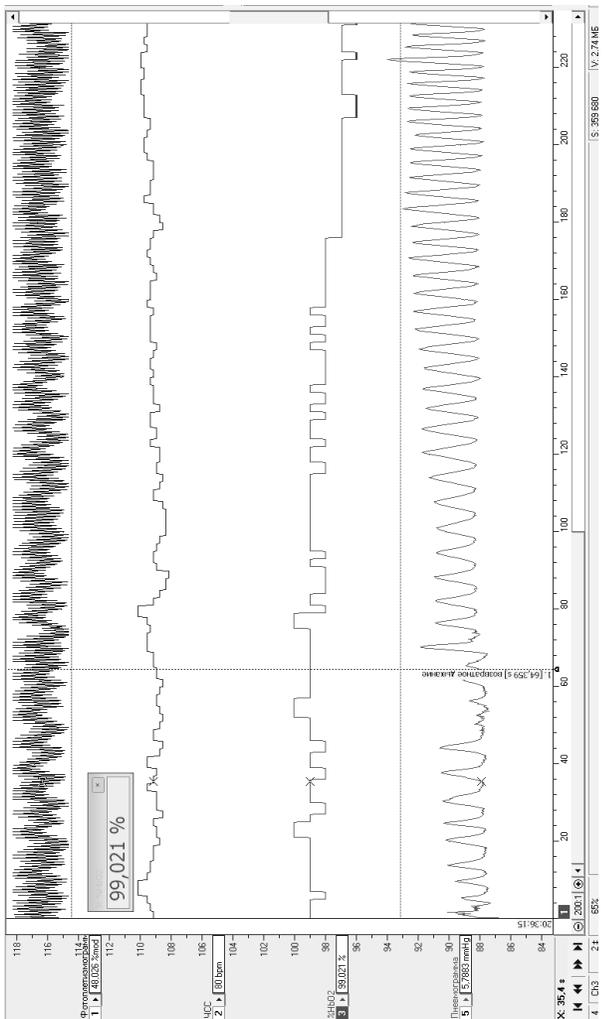


Рис.43. Масштабированные графики фотоплетизмограммы, ЧСС, % НвО2 и пневмограммы.

14. Исследуют динамику изменений насыщения гемоглобина кислородом. Для этого необходимо провести измерения насыщения гемоглобина кислородом через небольшие промежутки времени и сравнить показатели между собой. В меню «Комментарии» выбирают пункт «Автокомментарии», выбирают пункт «Таймер», выставляют время 5с и нажимают кнопку «Добавить». Закрывают окно, затем вновь обращаются к меню «Комментарии» – «Список комментариев». В подменю «Столбец X» выбирают «Время», в подменю «Канал» отмечают «%HbO₂», а выше – пункт «Приращение». Выведется список динамики изменений показателя сатурации через каждые 5 с. Значения приращений до комментария «Возвратное дыхание» относятся к началу исследования, между комментариями: «Возвратное дыхание» и «Атмосферное дыхание» – к возвратному дыханию, после комментария «Атмосферное дыхание» – к периоду восстановления.

Отрицательные значения означают падение насыщения, положительные – увеличение. Данные помещают в таблицу 22. Сумма приростов (убыли) должна соответствовать показателю «Максимум-Минимум» табл.22.

15. Анализируют минимальные значения %HbO₂ во время возвратного дыхания и при восстановлении, а также время наступления этих изменений (см. табл. 22 и 23). Дают физиологическое обоснование полученному феномену.

16. Изучают динамику вентиляции легких в различных условиях. Для этого, вначале следует удалить все комментарии, относящиеся к предшествующим действиям, за исключением «Возвратного дыхания» и «Атмосферного дыхания», а затем необходимо расставить их на пиках всех фрагментов записи на канале «Пневмограмма». Для удаления комментариев активируют меню «Комментарии» – «Список комментариев». Выделяют ненужные комментарии из списка, затем

их удаляют. Закрывают окно. Выделяют участок, предшествующий фрагменту «возвратное дыхание». Далее в меню «Комментарии» выбирают пункт «Автокомментарии» – пункт «Выделение», отмечают «Максимум», а в окошко «Уровень» необходимо ввести значение, на 30% ниже пика пневмограммы. Повторяют расстановку и в других частях файла. По расстановке всех комментариев внимательно просматривают всю кривую, изменив масштаб на 1:20. Автоматизация существенно облегчает процесс, однако иногда приходится удалять или добавлять некоторые комментарии вручную. Проверив корректность расставленных комментариев последовательно выделяют участки, соответствующие состояниям покоя, возвратного дыхания и восстановления. В меню «Анализ» – «Таблица» значений выбирают пункт «Comments interval» – «Mean» нажимают на изображение шестеренки. Проводят эти вычисления для всех фрагментов, данные

помещают в таблицу 24.²⁰ Дают физиологическое обоснование полученному феномену, учитывая роль гипоксии и гиперкапнии в регуляции дыхания.

17. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

18. Формулируют выводы. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Какие изменения пульса, насыщения крови кислородом и дыхания происходят при возвратном дыхании по сравнению с состоянием покоя?
- Существуют ли отличия в динамике изменений насыщения гемоглобина кислородом при возвратном дыхании и в восстановительном периоде и как их можно объяснить с точки зрения свойств сатурационной кривой?
- В какой момент при возвратном дыхании

²⁰ Значение частоты в списке комментариев приводится в Гц. Для перевода в частоту дыханий в минуту, необходимо умножить полученные значения на 60.

и в восстановительном периоде развиваются максимальные изменения сатурационной кривой и почему?

- Как связаны ли между собой вентиляция легких и насыщение гемоглобина кислородом и какой физиологический смысл данной связи?
- Какова частота вентиляции легких в покое, при возвратном дыхании, в восстановительном периоде и по какой причине?

Таблица 22. Параметры пульса, амплитуды пневмограммы и насыщения гемоглобина кислородом в различных условиях

Параметры и ед. измерения	Максимальное значение	Минимальное значение	Максимум-Минимум	Медиана	Мода	Продолжительность периода (с)
Покой						
ЧСС (уд/мин)						
%HbO ₂ (%)						
Пневмограмма (мм.рт.ст.)						
Возвратное дыхание						

Таблица 23. Динамика изменений насыщения гемоглобина при возвратном дыхании и в восстановительном периоде

№ комментария /период	Время от начала исследования (с)	Значение прироста (убывания) (%)
Возвратное дыхание		
...
Восстановительный период		
...

Таблица 24. Частота дыхания в покое, при возвратном дыхании и в восстановительном периоде.

ЧД (в мин)	Наименование периода
	Покой
	Возвратное дыхание
	Восстановительный период

VII

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19. «СЕЙСМО-КАРДИОГРАФИЯ И ЭКГ»

Сейсмокардиография (СКГ) – неинвазивный метод графической регистрации колебаний грудной стенки, вызванных работой сердца. Сейсмокардиограмма позволяет оценить частоту сердечных сокращений, получить представление о силе и координации процессов сердечного цикла, а также о соотношении фаз систолы и диастолы. Термин «сейсмокардиография» впервые предложен саратовским инженером-сейсмологом Б.С. Боженко в 1960 г., название методики запатентовано в 1988 г. D.M. Salerno и J.M. Zanetti. В качестве датчиков используются пьезоэлектрические микрофоны; индукционные катушки; акселерометры. Характер получаемых кривых зависит как от датчиков, так и от области грудной клетки, с которой ведется регистрация. В клинической практике широкого распространения ме-

тод пока не получил, в настоящее время разрабатывается единый стандарт регистрации. В перспективе, в связи с развитием систем автоматизированной обработки сигналов и созданием портативных устройств, возможно применение данной методики в медицинской практике.

В СКГ различают два участка: высоко и низкоамплитудный. Высокоамплитудные колебания связаны с систолой, низкоамплитудные – с диастолой (рис. 44).

Задачи исследования:

- Ознакомиться с основными принципами регистрации сейсмокардиограммы в различных условиях.
- Выявить отличия СКГ в покое и при физической нагрузке.
- Попытаться идентифицировать элементы сейсмокардиограммы в сопоставлении с

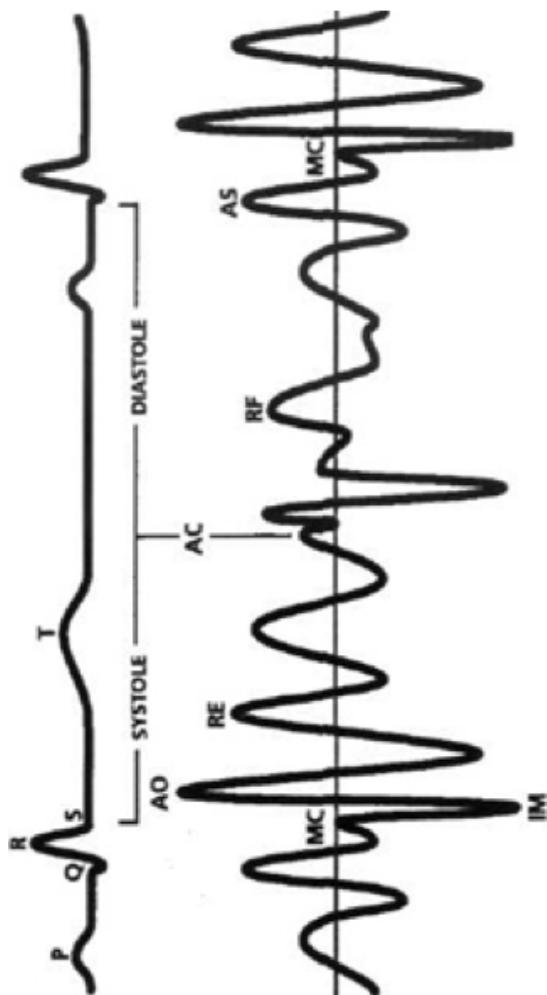


Рис. 44. Сейсмокардиограмма и ЭКГ. MC - закрытие митрального клапана; IM- фаза изволюметрического сокращения; AO - открытие аортального клапана; RE - фаза быстрого изгнания; AC - закрытие аортального клапана; VO - с открытием митрального клапана; RF - период быстрого наполнения; AS -систола предсердия (по Salegno, 1988).

ЭКГ в покое и при физической нагрузке.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ЭМ (электроды и микрофон).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Разгрузочная система с фиксаторами регистратора на грудной клетке испытуемого.
- Медицинская резинка.
- Комплект текстильных застежек.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
3. К корпусу регистратора подсоединяют дат-

чик ЭМ.

4. Выполняют накладывание электродов и подсоединение проводов для снятия ЭКГ, по схеме, описанной в работе «Электрокардиография». Желательно использовать II отведение, в котором представлены все зубцы (как на рис. 45) – это необходимо для идентификации элементов сфигмокардиограммы.

5. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему, регистратор закрепляют спереди, как на рис. 4, вариант 2.

6. Испытуемый принимает удобное положение лежа на спине.

7. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».

8. В меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Сейсмокардиография и ЭКГ», в результате чего возникнет поле для двухканальной

записи с частотой 2 кГц (вверху СКГ, внизу ЭКГ).

9. Испытуемого просят неглубоко вдохнуть и задержать дыхание на 10-15 с. В это время помощник нажимает кнопку «Старт», и в течение всего периода задержки дыхания проводит регистрацию, затем кнопкой «Стоп» запись останавливают. Запись должна соответствовать рис. 45.

10. Не снимая амуниции с грудной клетки, испытуемого просят встать с кушетки и сделать 20 энергичных приседаний с максимальной амплитудой, затем вновь лечь на кушетку.

11. Повторяют запись, как указано в предыдущем пункте.

12. Переименовывают полученные блоки: первый называют «Покой», второй – «После нагрузки». Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить»).

13. Приступают к анализу полученных данных. При анализе, с помощью инструментов «Лупа» по горизонтали и вертикали получают увели-

ченное изображение комплекса СКГ, выделяют высокоамплитудный (систолический) сегмент записи.

14. Идентифицируют зубцы сейсмокардиограммы, ориентируясь на ЭКГ (рис. 45). Для этого масштабируют записи ЭКГ и СКГ по шкалам X и Y, выбирая наиболее типичный комплекс.

15. Сохраняют изображение СКГ и ЭКГ для протокола («Файл» – «Предварительный просмотр» – «Файл» – «Сохранить»).

16. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», в категории «Statistic» выбирают функцию «Max-Min», после чего в столбце «Функция» выбирают пункт «Вычислить» или нажимают на изображение шестеренки. В поле сохранения результатов отобразится величина амплитуды СКГ. Повторяют измерения для других фрагментов кривой, как минимум 3 раза, вычисляют среднее вначале для первого фрагмента,

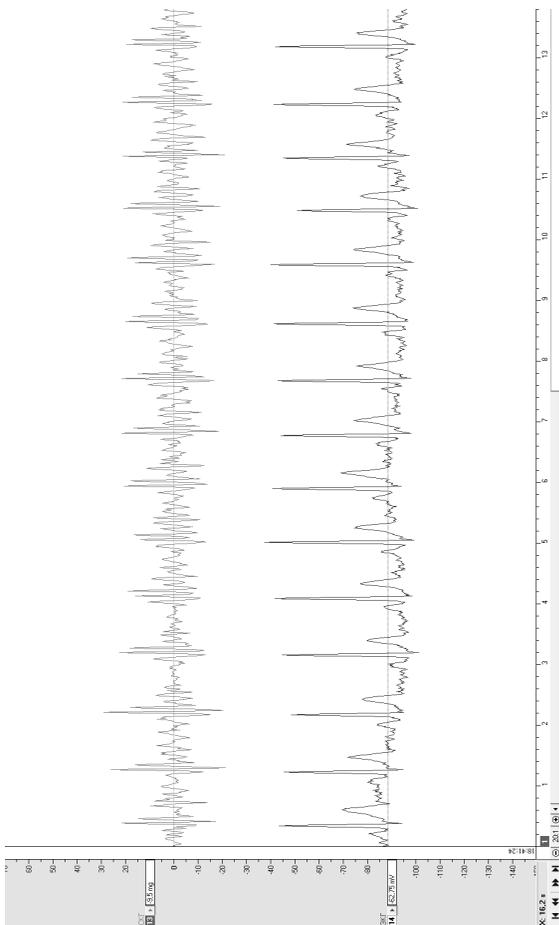


Рис.45. Параллельная регистрация СКГ и ЭКГ

затем для второго. Данные заносят в таблицу 25.

17. Определяют частоту сердечных сокращений по СКГ. Существенную помощь в определении максимального зубца может оказать отображение уровня сигнала. В меню канала «СКГ» выбрать настройки – вкладку «Вид» и поставить галку с полем «Уровень 1», ввести значение в единицах g и нажать «Применить». Отобразится пунктирная прямая, на которую можно будет ориентироваться при расстановке автокомментариев.

18. Выделяют участок кривой в 30– 40 с в состоянии покоя. Расставляют автокомментарии (меню «Комментарии» – «Автокомментарии» на канале СКГ) по максимальному зубцу, выставив значение, меньшее на 20-30%. Проверяют корректность расставленных меток, просматривают запись и удаляют лишние.

19. Повторяют расстановку комментариев по максимальному зубцу СКГ после физической на-

грузки.

20. Выделяют участок кривой с комментариями (30-40 с) в состоянии покоя. Обязательно следят, чтобы в выделение попало *четное* число комментариев. Переходят в меню «Анализ» – «Comments interval» – «Mean». Переходят в меню «Функция» – «Вычислить». Повторяют вышеописанные действия для другого участка после физической нагрузки. Вычисленные значения интервалов вносят в таблицу 25 и используют в последующем для расчетов ЧСС.

21. ЧСС рассчитывают по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60 / \text{продолжительность усредненного цикла (с)}$$

Например, усредненный цикл = 0,81 с,

$$\text{ЧСС} = 60 / 0,81 = 74 \text{ уд. в мин.}$$

22. Полученные кривые распечатывают и вклеивают в протокол.

23. Формулируют выводы. При формулировке выводов дают ответы на следующие вопросы:

- Насколько точно можно определить ЧСС по СКГ?
- Какие изменения СКГ отмечают на фоне физической нагрузки?
- Какой из используемых методов является наиболее информативным для характеристики физической нагрузки?

Таблица 25. Значения амплитуды СКГ и частоты сердечных сокращений в различных условиях.

Вид измерения	Покой	После физической нагрузки
Амплитуда СКГ (g)		
Среднее значение амплитуды (g)		
Среднее значение интервала СКГ (с)		
ЧСС		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20. «ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭКГ»

Электрокардиография (ЭКГ) представляет собой метод записи суммарной электрической активности сердца с помощью электродов, лежащих на поверхности тела.

На ЭКГ (рис. 46) выделяют зубцы, сегменты и интервалы. Оценивают продолжительность зубцов и интервалов, амплитуду зубцов, а также положение сегментов относительно изолинии.

Зубец ЭКГ – это отклонения кривой от изолинии вниз (отрицательные зубцы) или вверх (положительные зубцы). Выделяют шесть зубцов, обозначаемых последовательными латинскими буквами, начиная с Р.

Зубец Р отражает деполяризацию предсердий, его продолжительность должна быть меньше 0,12 с,

Зубцы *Q*, *R*, *S* отражают деполяризацию желудочков, они формируют комплекс QRS. Длительность QRS – комплекса составляет 0,08-0,10 секунды.

Зубец *T* отражает реполяризацию желудочков. Направление зубца *T* в норме совпадает с направлением основной составляющей деполяризации желудочков, в большинстве отведений это зубец *R*. Между зубцами *R* и *T* имеются прямо пропорциональные отношения: более высокому *R* соответствует более высокий *T*, и наоборот. Зубец *U* – непостоянный; происхождение его спорно (согласно разным гипотезам, он отражает реполяризацию волокон Пуркинье, либо замедленную реполяризацию некоторых клеток миокарда, или так называемые поздние постдеполяризации – колебания мембранного потенциала после окончания потенциала действия). *Сегмент ЭКГ* – участок изолинии между окончанием одного зубца и началом другого.

Интервалом ЭКГ называют любой временной промежуток на ЭКГ, включающий, как минимум, один зубец и один сегмент. Клинически важными являются интервалы PQ (PR) – 0,12-0,20 с, QT – 0,35-0,43 с и R-R – 1,00 0,66 с. Последовательность возбуждения в камерах сердца следующая: вначале возбуждение охватывает предсердия, в это время на ЭКГ регистрируется зубец P. Далее возбуждение медленно распространяется по атриовентрикулярному узлу. Электрическая активность при этом слишком слабая, чтобы ее можно было зарегистрировать с поверхности тела, и на ЭКГ в это время записывается изолиния – сегмент PQ. Затем возбуждение охватывает желудочки; в это время регистрируется комплекс QRS. В то время, как все клетки желудочков остаются деполяризованными, участков с разными потенциалами в желудочках нет; записывается

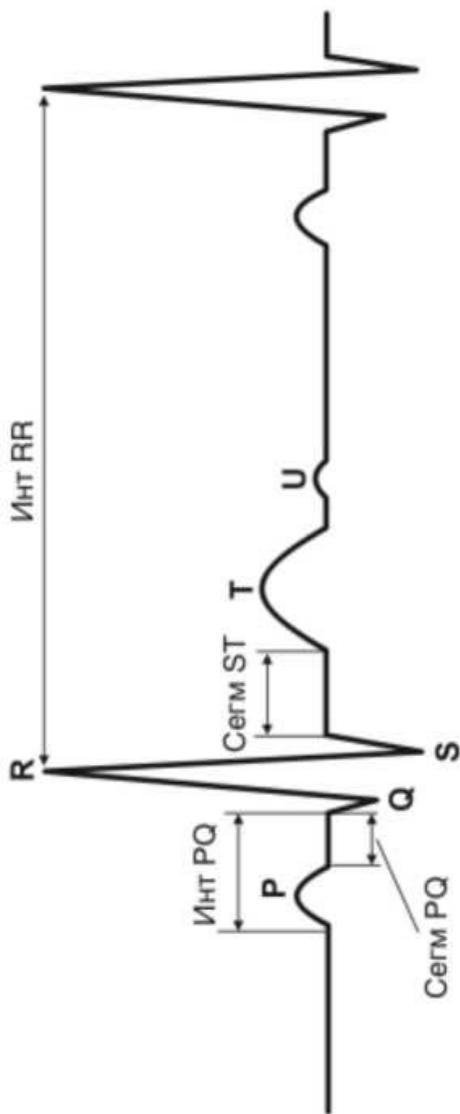


Рис.46. Элементы ЭКГ (по Н.Н. Алипову, 2013)

изолиния – сегмент ST. Наконец наступает реполяризация желудочков; пока желудочки полностью не реполяризовались, регистрируется зубец T.

Отведением ЭКГ называют совокупность, как минимум, двух электродов, с помощью которых регистрируется разность потенциалов, создаваемая электрическим полем сердца.

Осью отведения называют воображаемую прямую, соединяющую эти два электрода. Ось каждого отведения характеризуется полярностью и направлением, (рис. 47-48). Понятие «ось отведения» условно, оно введено для сопоставления данных, полученных разными исследователями.

Отображение электрических процессов на оси отведений формируют вектора. Суммарный вектор деполяризации желудочков называют *электрической осью сердца (ЭОС)*, ее положение отражают в градусах, принимая на 0° ось I отведения (рис.48).

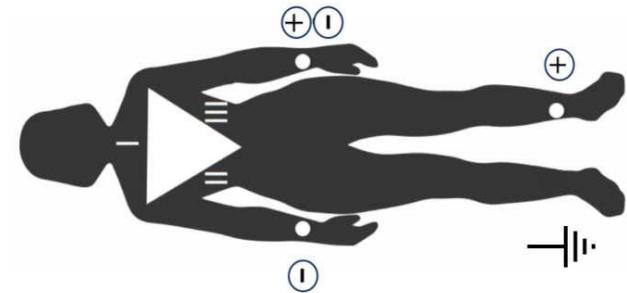


Рис. 47. Расположение электродов для снятия ЭКГ в стандартных отведениях.

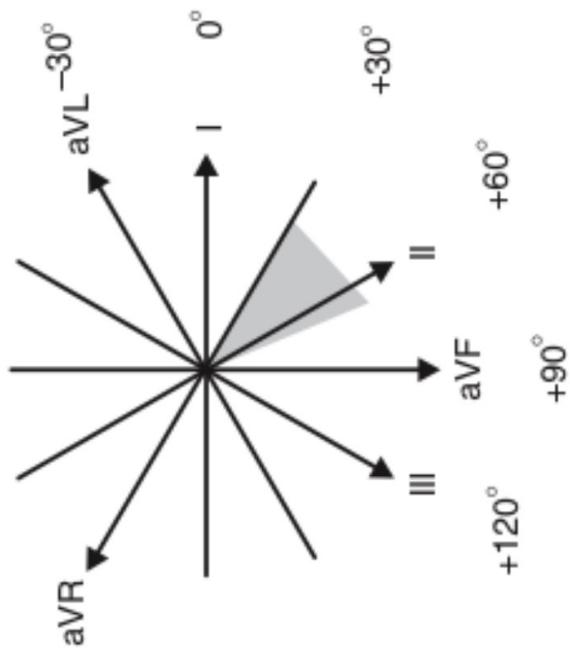


Рис. 48. Взаимное расположение осей отведений во фронтальной плоскости (по Н. Н. Алипову, 2008), нормальное положение ЭОС отмечено серым сектором.

Различают: нормальное положение – от $+30^\circ$ до $+70^\circ$ (отмечено серым сектором на рис.48); горизонтальное положение – от 0° до $+30^\circ$; вертикальное положение – от $+70^\circ$ до $+90^\circ$.

Самый простой способ измерения электрической оси, следующий: ее направление, примерно совпадает с осью того отведения, в котором амплитуда комплекса QRS максимальна. При этом под амплитудой комплекса QRS следует понимать абсолютную алгебраическую сумму всех его зубцов.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать ЭКГ в трех стандартных отведениях.
- Определить продолжительность основных интервалов ЭКГ и источник ритма.
- Подсчитать частоту сердечных сокращений.
- Определить положение электрической оси сердца.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ЭМ (электроды и микрофон).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Кушетка.
- Электродный гель.
- Одноразовые электроды (4 шт.).
- Чехол, комплект текстильных застежек.
- Транспортёр, угольник, карандаш.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ЭМ.
2. На конечности испытуемого наклеивают четыре одноразовых электрода (рис. 47): по одному на ладонной поверхности над лучезапястны-

ми суставами и по одному над левой и правой щиколотками.

3. Для регистрации ЭКГ в стандартных отведениях подсоединяют провода в соответствии со схемой:

4. I отведение – «-» на правой руке, «+» на левой руке; II отведение – «-» на правой руке «+» на левой ноге; III отведение – «-» на левой руке, «+» на левой ноге; на правую ногу прикрепляют электрод для заземления (рис. 47).

5. В ходе работы, переключение на нужное отведение будет осуществляться перестановкой проводов.

6. Длинной текстильной застежкой опоясывают живот, регистратор помещают в чехол и фиксируют к застежке, как на рис. 4, вариант 10.

7. Испытуемого укладывают на кушетку и просят расслабиться, это необходимо для того, чтобы электрическая активность мышц не искажала сигнал ЭКГ.

8. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».
9. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «ЭКГ», в результате чего возникнет поле для одноканальной записи.
10. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из 3 частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт».
11. К электроду на правой руке подсоединяют клемму с маркировкой «-», к левой – «+» (I отведение), на правую ногу накладывают заземляющий электрод. Нажимают кнопку «Старт», в течение 30 с проводят регистрацию.
12. Переставляют клеммы на II стандартное отведение, повторяют запись.
13. Переставляют клеммы на III стандартное отведение, повторяют запись.
14. Полученные фрагменты записей переимено-

вывают: для этого в поле блоков нажимают на кнопку с обозначением треугольника, в выпадающем меню выбирают «Переименовать», заменяя значение времени записи на порядковый номер отведения.

15. В главном меню выбирают «Файл» – «Сохранить» и приступают к анализу полученных данных.

16. Определяют источник ритма сердца. Оценивать следует начинать с II стандартного отведения. Косвенный признак возбуждения синоатриального узла – образование положительного зубца Р на ЭКГ перед каждым комплексом QRS во II стандартном отведении. Просматривают ЭКГ на экране компьютера, определяя соответствие зубца Р каждому QRS комплексу. Наличие подобного соответствия свидетельствует о синусовом ритме.

17. Измеряют амплитуды зубцов Q, R, и S отдельно для каждого отведения. Для этого выде-

ляют зубец, в меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», в категории «Statistics» выбирают функцию «Max-min», в меню «Функция» команду «Вычислить». В поле сохранения результатов вводят названия зубцов. Каждый зубец измеряют в одном отведении, как минимум, 3 раза, вычисляя среднее арифметическое. Аналогичным образом проводят измерения в I и III отведениях.

18. Вычисляют величину суммарного зубца в каждом отведении. С этой целью из положительного зубца вычитают величину отрицательных зубцов. Результаты заносят в таблицу 26.

Строят диаграмму электрической оси сердца. Изображают оси двух стандартных отведений (как, например, на рис. 49). Угол между осями стандартных отведений составляет 60° .

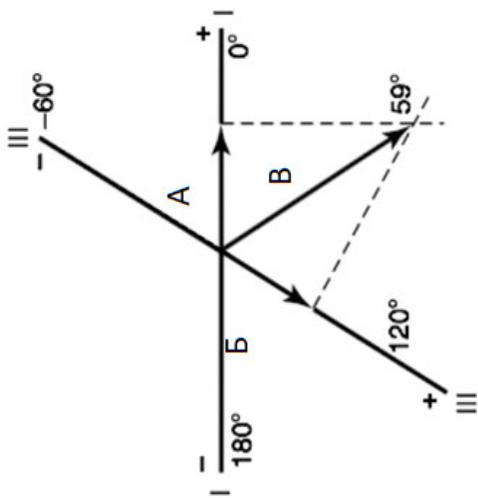


Рис. 49. Пример построения электрической оси сердца (по J. Naill, 2016, с изменениями). А – сумма зубцов желудочкового комплекса в I стандартном отведении, Б – сумма зубцов желудочкового комплекса в III стандартном отведении, В – результирующий вектор ЭОС.

На каждой оси, начиная с точки пересечения, откладывают значение суммарного зубца в этом отведении в сантиметрах ($1 \text{ см} = 0,1 \text{ мВ}$). Если суммарный зубец является положительным, то значение откладывают от точки пересечения осей по направлению оси этого отведения, если зубец отрицательный, то в противоположную сторону. От концов отложенных зубцов опускают перпендикуляр к оси данного отведения (на рисунке указан пунктиром). Точка пересечения перпендикуляров будет завершением вектора электрической оси сердца, а пересечение осей – ее началом. Измеряют угол, образованный электрической осью сердца и осью I стандартного отведения. Сравнивают полученный результат с нормой.

19. Измеряют интервалы PQ (PR при отсутствии Q – зубца в данном отведении). Выделяют указанный интервал от начала зубца P до начала Q. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица

значений», в категории «Selection» выбирают функцию «Selection Duration» – «Функция» – «Вычислить». Выделяют следующий участок и снова повторяют вычисления и так 3-4 раза, затем вычисляют среднее арифметическое. Результаты измерений заносят в таблицу 26.

20. Вычисляют интервалы QT по методике, предложенной в предыдущем пункте, результаты также вносят в таблицу.

21. Определяют величину R-R интервалов. Расставляют автокомментарии (меню «Комментарии» – «Автокомментарии» на канале ЭКГ) по зубцу R, выставив значение, меньшее на 20-30%. Проверяют корректность расставленных комментариев, просматривая запись. Лишние комментарии удаляют. Переходят в меню «Список комментариев», в меню «X столбец» выбирают «Интервал». Сохраняют комментарии: «Файл» – «Сохранить все». Определяют среднее значение интервала с помощью табличного редактора или

вручную.

22. Зная продолжительность одного R-R интервала (одного цикла), рассчитывают ЧСС по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60 / \text{усредненный R-R интервал (с)}.$$

Например, усредненный R-R интервал = 0,81 с;
ЧСС = $60 / 0,81 = 74$ уд/мин.

24. Сохраняют, распечатывают иллюстрации для вклеивания в протоколы.

25. Формулируют выводы. При формулировании выводов дают ответы на следующие вопросы:

- Как определяют источник ритма в сердца по ЭКГ?
- Что называют электрической систолой сердца?
- Какие зубцы ЭКГ отражают деполяризацию и реполяризацию желудочков?
- Каким образом по ЭКГ можно определить время атриовентрикулярной задержки?

- Как рассчитать частоту сердечных сокращений по ЭКГ?
- Какими способами можно определить ЭОС по ЭКГ?»

Таблица 26. Величина зубцов ЭКГ для разных отведений

№ от- веде- ния	P (мВ)	Q (мВ)	R (мВ)	S (мВ)	T (мВ)	Сумма положитель- ных и отрицатель- ных зубцов QRS - комплекса (мВ)
I						
II						
III						

Таблица 27. Продолжительность интервалов ЭКГ

Интервал	Подсчитанная продолжительность интервалов (с)				Среднее значение (с)
	1	2	3	4	
R-R					
PQ					
QT					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21. «ЭКГ и ФОНОКАРДИОГРАФИЯ»

Фонокардиографией (ФКГ) называют запись звуковых явлений, возникающих во время сердечного цикла.

Звуковые явления во время сердечного цикла называют тонами сердца. Источниками звуковых колебаний являются: 1) захлопывание створок клапанов; 2) сокращение миокардиоцитов; 3) вибрация стенок желудочков; 4) турбулентный ток крови. Отметим, что открытие клапанов в норме звуковыми явлениями не сопровождается. Каждый тон отличает преобладание того или иного компонента. В образовании I тона захлопывание атриовентрикулярных клапанов вносит основной вклад, тон начинается в фазу изоволюмического сокращения и продолжается до середины фазы изгнания. II тон образован, в основном захлопыванием полулунных клапанов; он

возникает после протодиастолы и длится весь период изоволюмического расслабления. III тон возникает во время фазы быстрого наполнения желудочка. Считается, что III тон вызван внезапным замедлением кровотока при достижении желудочком предела растяжения и вибрацией его стенок. IV тон соответствует систоле предсердий, он связан с турбулентным током крови и сокращением миокарда предсердий. Данный тон непостоянен и регистрируется редко. Метод фонокардиографии способен записать все четыре тона, а при аускультации сердца в норме выслушиваются лишь I и II тоны. Последовательность отдельных фаз сердечного цикла представлена на рис. 50.

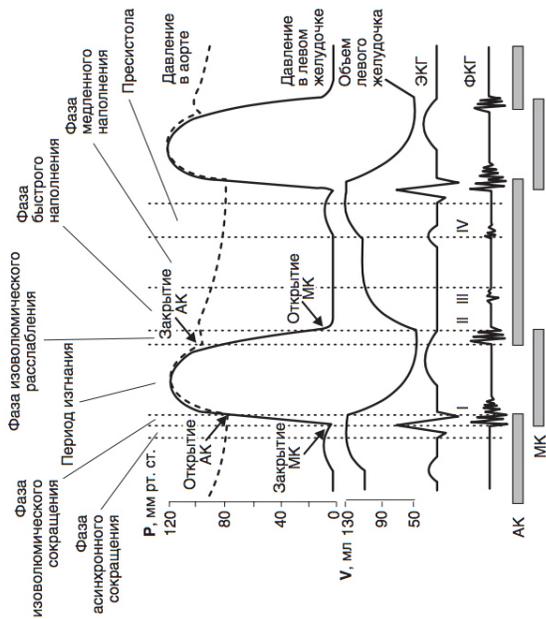


Рис. 50. Сердечный цикл. Внизу приведены схемы, отражающие состояние аортального и митрального клапанов; серые прямоугольники соответствуют закрытому состоянию. АК – аортальный клапан; МК – митральный клапан; ФКГ – фонокардиограмма; P – давление; V – объем желудочка. (по Н.Н. Алипову, 2013)

Задачи исследования:

- Зарегистрировать ФКГ.
- Отдифференцировать, как минимум, I и II тоны сердца на ФКГ.
- Определить влияние точек выслушивания на характер сигнала ФКГ.
- Подсчитать частоту сердечных сокращений по ФКГ.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ЭМ (электроды и микрофон).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Медицинская кушетка.
- Электродный гель.
- Одноразовые электроды (3 шт.).
- Чехол и комплект текстильных застежек.
- Лейкопластырь.
- Небольшая подушка или полотенце.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту, к корпусу регистратора подсоединяют датчик ЭМ.
2. Испытуемого укладывают на кушетку. Регистратор помещают в чехол и прикрепляют к длинной опоясывающей текстильной застежке, как на рис.4, вариант 9. Испытуемого просят расслабиться. Это необходимо для того, чтобы электрическая активность мышц не искажала сигнала ЭКГ. Рубашку на груди расстегивают, открывая доступ к точкам выслушивания, отмечают их на коже маркером, согласно рис 51: На конечности испытуемого наклеивают одноразовые электроды (см. рис. 47, работа №20): на ладонной поверхности над лучезапястным суставом левой руки и по одному над левой и правой щиколотками.
К электродам подключают клеммы по схеме II стандартного отведения «-» на правой руке, «+»

на левой ноге; на правую ногу прикрепляют электрод для заземления. Помощник запускает программу «PowerGraph», в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».

3. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «ЭКГ и ФКГ», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи: вверху ЭКГ, внизу ФКГ.

4. Запись будет осуществляться с частотой 4 кГц.

Работа состоит из 5 частей.

Хорошо прижав, крестообразными полосками лейкопластыря приклеивают микрофон к первой точке выслушивания (рис. 51). Для изоляции от

внешних шумов сверху микрофона можно поместить небольшую подушку или полотенце.

Нажимают кнопку «Старт», в течение 30 с проводят регистрацию первого фрагмента.

Внешний вид кривой должен соответствовать рис. 52. Нажимают кнопку «Стоп».

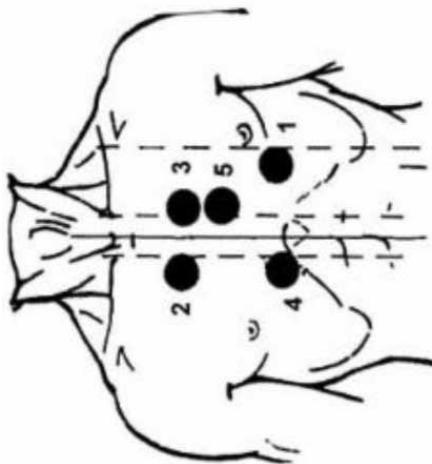


Рис. 51. Точки выслушивания сердца: 1 - верхушка, митральный клапан; 2 - аорта, II межреберье у грудины справа; 3 - легочная артерия, II межреберье у грудины слева; 4 - трехстворчатый клапан, основание мечевидного отростка на грудиने или у ее правого края на уровне V-VI межреберья; 5 - точка Боткина-Эрба, где выслушиваются аортальный и митральный клапаны (по В.Г. Кукесу, 2006).

5. Повторяют действия, указанные в предыдущем пункте для точек 2-5, последовательно переставляя микрофон.
6. Завершают регистрацию нажатием кнопки «Стоп», сохраняют полученный файл (меню «Файл» – «Сохранить»), переименовывают названия различных фрагментов записи, вводя вместо времени записи порядковый номер точки выслушивания (1-5), вновь сохраняют файл и приступают к анализу полученных данных.
7. В дифференцировке тонов сердца существенную помощь играет ЭКГ. Выделяют участок на канале ЭКГ между двумя зубцами R. На ФКГ I тон должен следовать сразу после зубца R. II тон визуализируется на фоне окончания зубца T, либо сразу после него. IV тон совпадает с зубцом P.
8. Измеряют амплитуды зубцов каждого тона. Для этого, в каждом блоке записи выделяют фрагмент ФКГ, соответствующий каждому

тону. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений». В категории «Statistics» для канала ФКГ выбирают функцию «Max-min», после чего в подменю «Функция» выбирают пункт «Вычислить». В поле сохранения результатов вводят наименование тонов сердца (их обозначают римскими цифрами). Аналогичным образом проводят измерения в оставшихся блоках, соответствующих другим точкам выслушивания. Результаты заносят в таблицу 28.

Определяют частоту сердечных сокращений по ФКГ по алгоритму работы «Сейсмокардиография и ЭКГ», п.18. Выделяют участок кривой в 30–40 с и расставляют автокомментарии (меню «Комментарии» – «Автокомментарии» на канале ФКГ) по максимальному зубцу. Проверяют корректность расставленных меток, просматривают запись и удаляют лишние. Снова выделяют участок кривой с комментариями (30-40 с). Переходят в меню «Анализ» – «Comments interval»

– «Mean». Переходят в меню «Функция» – «Вычислить». Зная продолжительность одного интервала, рассчитывают ЧСС, по алгоритму работы «Сейсмокардиография и ЭКГ».

9. Сохраняют кривые и вклеивают их в протокол, формулируют выводы. При формулировке выводов учитывают ответы на следующие вопросы:

- Зависит ли картина ФКГ от положения микрофона?
- Какой тон отличается наибольшей, а какой наименьшей амплитудой?
- Можно ли рассчитать ЧСС по ФКГ?
- Какие процессы во время сердечного цикла отражают ФКГ и ЭКГ?

Таблица 28. Амплитуда тонов сердца (мкВ)

Точка регистрации	I тон	II тон	III тон	IV тон
1				
2				
3				
4				
5				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22. «СОПРЯЖЕННЫЕ РЕФЛЕКСЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ»

Быстрые механизмы нервной регуляции кровообращения реализуются благодаря не только интэрорецепторам сосудов, но проприо- и экстерорецепторам различной локализации. Рефлексы, вызванные стимуляцией внесосудистых образований, влияющие на гемодинамику и деятельность сердца носят название сопряженных. Наличие этих рефлексов обеспечивает максимальное приспособление кровообращения к изменениям внешней среды, однако точно объяснить назначение каждого из них не всегда возможно. Большинство сопряженных рефлексов сопровождается изменением тонуса блуждающего нерва и реакциями в виде брадикардии, в отдельных случаях вплоть до остановки сердца.

Глазосердечный рефлекс (рефлекс Ашнера-

Даньини) – уменьшение ЧСС на несколько ударов при надавливании на глазные яблоки. Рефлекс реализован за счет нервных связей на уровне ствола мозга, афферентное звено рефлекса обеспечивается ветвями тройничного нерва (главным образом n. ophthalmicus), центральное – кардиоингибиторной областью сосудодвигательного центра. Эффекторные волокна от ядра блуждающего нерва идут к сердцу, тормозя пейсмекерную активность синоатриального узла. Рефлекс хорошо выражен у новорождённых и грудных детей, что следует учитывать во время хирургических вмешательств, в частности при коррекции косоглазия.

Рефлекс ныряльщика частично подобен глазо-сердечному рефлексу по механизму действия. Он проявляется брадикардией и сужением просвета сосудов во всех органах за исключением головного мозга и сердца при погружении в воду. Такая реакция позволяет перераспределить

кровоток и экономно расходовать кислород, тем самым увеличивая время пребывания под водой. Рецептивным полем рефлекса ныряльщика являются кожные покровы лица и шеи, а адекватным стимулом – погружение указанных областей в холодную воду.

Рефлекс Гольца возникает при механическом раздражении брюшины, вызванным как прямым воздействием (например, выполнением лапаротомии или лапароскопии), так и опосредованным (через переднюю брюшную стенку при ударах, травмах и т.п.). *Этот рефлекс способен вызвать остановку сердца, поэтому проводить его демонстрацию опасно.*

Дыхательная аритмия – периодическое изменение сердечного ритма в связи с дыханием. Характеризуется начальным увеличением ЧСС на вдохе и вторичным уменьшением на выдохе, что особенно выражено при задержке дыхания. Причина этого явления, несмотря на продолжитель-

ные исследования, начатые более 150 лет назад, до конца неизвестна. К факторам, формирующим дыхательную аритмию, относят: собственные сердечные рефлексы – изменение кровенаполнения устьев полых вен и камер сердца в различные фазы дыхания (*рефлекс Бейнбриджа*), сердечно–сосудистые рефлексы (*артериальный барорефлекс*), а также изменение тонического влияния блуждающего нерва на сердце вследствие раздражения механорецепторов легких (*рефлекс Геринга – Брейера*). Дыхательная аритмия – хороший пример интеграции сопряженных, сосудистых и сердечно–сосудистых рефлексов.

Задачи исследования:

- Вызвать: глазосердечный рефлекс и рефлекс ныряльщика на фоне непрерывной регистрации ЭКГ и пневмограммы.
- Зарегистрировать дыхательную аритмию.
- Определить характер и степень изменений

ЧСС при указанных воздействиях.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДЭ (давление и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Полотенце.
- Емкость с ледяной водой.
- Электродный гель.
- Одноразовые электроды (3 шт.).
- Разгрузочный пояс, лямки и комплект текстильных застежек.

Ход работы:

1. Знакомятся с методикой проведения электрокардиографии и пневмографии из одноименных работ.

2. Включают компьютер.
3. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
4. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДЭ.
5. На грудную клетку испытуемого наклеивают одноразовые электроды, как показано рис. 50 (положительный электрод по среднеключичной линии слева в 4 межреберье, напротив него - электрод заземления; отрицательный электрод во 2 межреберье, рядом с грудиной справа).
6. Поверх одежды, на грудную клетку испытуемого надевают разгрузочную систему. Под разгрузочные лямки спереди помещают полностью развернутую манжету для измерения АД. Ее верхний край должен находиться на уровне 3 ребра. Снаружи манжету вместе с лялками крепят длинным ремнем на липучке (см. рис. 4, вариант 1). Регистратор помещают в чехол и закрепляют двумя кольцевыми фиксаторами на

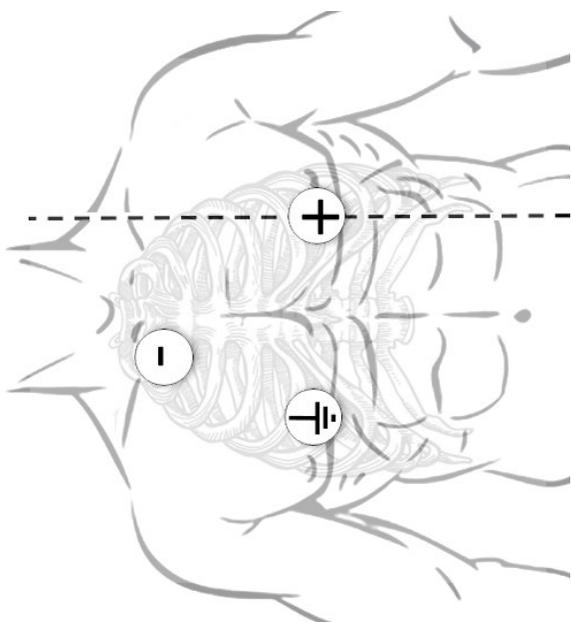


Рис.53. Места установки электродов на грудной клетке

груди.

7. Испытуемый сидит на стуле, принимает удобное положение. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Изменение ритма сердца при проведении функциональных проб», в результате чего появится поле для двухканальной записи.

8. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из 3 частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием кнопки «Стоп».

9. Проводят тестовую регистрацию. В манжете с помощью груши накачивают воздух до появления волн, соответствующих ритму дыхания (ориентировочно это 2-5 мм рт.ст.). Закручивают воздушный клапан на груше. Для надежности, чтобы воздух не выходил из манжеты, на патрубков, идущий к груше, можно наложить за-

жим. Более подробно методика описана в работе «Пневмография».

10. Испытуемый закрывает глаза. Помощник накладывает полотенце область глазниц, помещает ладони на лице испытуемого, так что кончики больших пальцев размещаются на уровне наружных слуховых проходов, а II-IV пальцы прикрывают области глазниц. Другой помощник нажимает кнопку «Старт», происходит запись фоновой ЭКГ. В поле комментариев вводят: «Надавливание на глазные яблоки». Первый помощник двумя руками несильно надавливает на глазные яблоки испытуемого и удерживает руки в таком положении на протяжении 7-10 с, одновременно с началом воздействия подавая голосом команду «Метка!». *Внимание! Во избежание травмы глаз у испытуемого надавливание следует производить сомкнутыми кончиками нескольких пальцев!* Находящийся за компьютером нажимает клавишу «Ввод» на клавиатуре и ком-

ментарий с меткой отображается на записи. Прекращение воздействия, о котором информирует первый помощник, также отмечается с помощью комментария повторным нажатием клавиши «Ввод». Запись после воздействия продолжают не менее 30 с, затем нажимают кнопку «Стоп».

11. Возобновляют регистрацию через 1-2 мин и записывают фоновые показатели в течение 30 с, в это время подготавливает емкость с ледяной водой, ставит ее на стол перед испытуемым, а помощник в поле комментариев вводит: «Погружение лица» и помещает полотенце на груди испытуемого сверху и спереди, чтобы не замочить одежду. Испытуемого просят закрыть глаза, задержать дыхание и опустить лицо в емкость с водой на 10-15 с, после чего первый помощник помогает испытуемому принять исходное положение. Расстановка комментариев проводится по той же схеме, что указано в предшествующем

пункте. Запись после воздействия продолжают не менее 30 с, нажимают кнопку «Стоп», лицо испытуемого обсушивают полотенцем.

12. На следующем этапе работы наблюдают за феноменом дыхательной аритмии. Включают запись, в строке комментариев помощник вводит запись «Спокойное дыхание» и ставит метку. Не прерывая записи, в строку комментария вводят: «Глубокое дыхание». Испытуемого просят сделать 5 глубоких вдохов, начало отмечают, нажимая кнопку «Ввод». Выдох не форсируют, частота дыхания определяется самим испытуемым. Останавливают запись и сохраняют файл.

13. Полученные блоки записей переименовывают, заменяя значение времени записи на название пробы («рефлекс Ашнера», «рефлекс ныряльщика» и т.п.).

14. Определяют частоту сердечных сокращений для каждого фрагмента по алгоритмам, указанным в работе «Электрокардиография, основ-

ные параметры ЭКГ». Результаты заносят в таблицу 28.

15. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

16. Формулируют выводы. При формулировке выводов дают ответы на следующие вопросы:

- Влияют ли раздражения экстерорецепторов на сердечный ритм?
- Какие изменения ритма сердца возникают при надавливании на глазные яблоки?
- Какие изменения сердечного ритма возникают при погружении лица в холодную воду и каков физиологический смысл данной реакции?
- Как меняется сердечный ритм при спокойном дыхании?
- Как меняется сердечный ритм при глубоком дыхании?
- Зависят ли изменения сердечного ритма от фаз дыхания?

Таблица 29. Сводные значения ЧСС и продолжительности R-R интервалов в различных условиях.

Феномен	Фоновые значения		Значения во время пробы	
	Длительность R-R интервала	ЧСС	Длительность R-R интервала	ЧСС
Рефлекс Ашнера				
Рефлекс ныряльщика				
Глубокое дыхание (вдох)				
Глубокое дыхание (выдох)				
Спокойное дыхание (вдох)				
Спокойное дыхание (выдох)				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №23. «АРТЕРИАЛЬНАЯ СФИГМОГРАФИЯ»

Запись колебаний артериальной стенки в такт сокращениям сердца, называют сфигмограммой.

Механизм возникновения этих колебаний определяется периодическими изменениями артериального давления в различные фазы сердечного цикла. Внешний вид сфигмограммы указан на рис. 54.

Пульсовые колебания формируют пульс. При пальпации поверхностных артерий определяют следующие свойства пульса: *частоту, ритм, высоту, скорость и напряжение. Частота* (нормальный, редкий или частый пульс). Частота пульса в норме в покое у взрослых – 60-80 уд/мин, у детей 5-7 лет 80-90. У спортсменов пульс замедлен. Ускорение пульса наблюдается при эмоциональном возбуждении и физической работе; при максимальной нагрузке у молодых людей частота сокращений сердца может возрастать до 250 уд/мин.

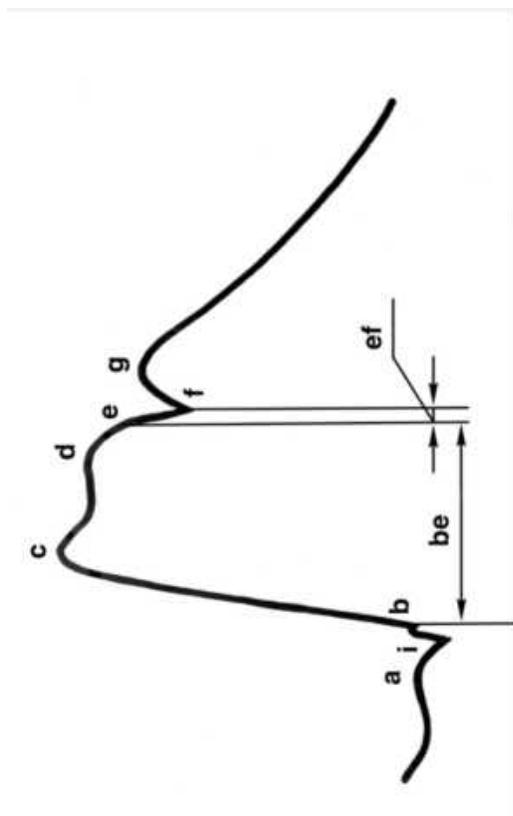


Рис. 54. Сфигмограмма сонной артерии в норме: а – предсердная волна; b – с – анакрота; d – поздняя систолическая волна; e–f–g – инцизура; g – диастолическая волна, i – преданакаротический зубец; be – период изгнания; ef – протодиастолический интервал.

Ритм (ритмичный или аритмичный пульс). Ритм может меняться при дыхании. На вдохе частота возрастает, а на выдохе уменьшается, это явление носит название «дыхательной аритмии», она становится более выраженной при глубоком дыхании. Дыхательная аритмия чаще встречается у молодых людей и у лиц с лабильной вегетативной нервной системой.

Высота (высокий или низкий пульс). Амплитуда пульса зависит от величины ударного объема и объемной скорости кровотока в диастоле. На амплитуду влияет также эластичность амортизирующих сосудов: при одинаковом ударном объеме амплитуда пульса тем меньше, чем больше эластичность этих сосудов, и наоборот. С возрастом эластичность сосудов снижается.

Скорость (скорый или медленный пульс). Характеризует крутизну нарастания пульсовой волны, которая зависит от скорости изменения

давления в артерии. При одинаковой частоте сокращений сердца быстрые изменения давления сопровождаются высоким пульсом, а менее быстрые – низким.

Напряжение (твердый или мягкий пульс). Напряжение пульса зависит главным образом от среднего артериального давления, так как эту характеристику пульса определяют по величине усилия, которое необходимо приложить для того, чтобы пульс в дистальном (расположенном ниже точки пережатия) участке сосуда исчез, это усилие изменяется при колебаниях среднего артериального давления. По напряжению пульса можно приближенно судить о систолическом давлении.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с основными принципами регистрации сфигмографии в покое и после физической нагрузки.

- Сравнить сфигмограммы, полученные на различных артериальных сосудах.
- Определить частоту сердечных сокращений по сфигмограмме.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ПП (пьезодатчик и пьезодатчик).
- Лейкопластырь.
- Разгрузочный пояс и комплект текстильных застежек.
- Чехол для регистратора.
- Небольшая подушечка или свернутое полотенце под локоть.
- Канцелярские зажимы.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту, к корпусу регистратора подсоединяют датчик ПП.
3. На испытуемого надевают амуницию, регистратор помещают в чехол разъемом вверх, чтобы вывести провода (см. рис. 4, вариант 3). Чехол надежно закрепляют с помощью ленты-липучки на поясе испытуемого (см. рис. 8 и 10).
4. Испытуемого усаживают на стул, левым боком к столу, так, чтобы локоть левой руки находился на краю стола, а предплечье свободно свисало. Под локоть помещают подушечку или свернутое полотенце. Испытуемого просят расслабиться.
5. На подушечку последней фаланги безымянного пальца левой руки полоской лейкопластыря закрепляют датчик с маркировкой П1, чувстви-

тельной поверхностью к коже.

6. Нащупывают пульсацию плечевой артерии на уровне локтевого сустава. Артерия располагается медиальнее головки двуглавой мышцы плеча. Ход артерии можно обозначить на коже маркером. В точке пульсации, двумя полосками лейкопластыря накрест закрепляют датчик с маркировкой ПП. Провода от датчиков закрепляют на одежде канцелярскими зажимами, следя за тем, чтобы при движениях не было натяжений.

7. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Сфигмография», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц.

Нажимают кнопку «Старт», и проводят тестовую регистрацию. Внешний вид кривой должен соот-

ветствовать рис. 55. Отсутствие характерных колебаний, как правило, является свидетельством неправильной установки датчиков или слабого прижима к коже. Корректируют установку, пока запись не будет соответствовать рис. 55. Лейкопластырь должен обеспечивать надежное прилегание датчиков к местам пульсации артерий и удерживать датчики при движениях, поэтому его не экономят. Добившись положительного результата, нажимают кнопку «Стоп» и приступают к основному этапу регистрации: повторяют запись в течение 30 с, нажимают кнопку «Стоп».

8. Испытуемого просят встать и сделать 20 глубоких приседаний, после чего вновь усаживают на стул.

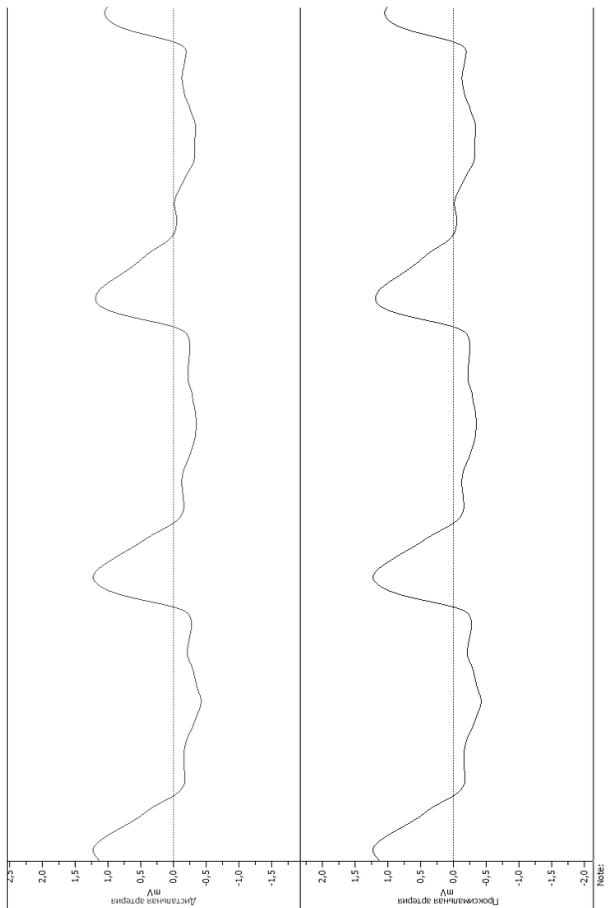


Рис. 55. Одновременная запись сфигмограммы на двух артериях

9. Записывают еще один фрагмент в течение 30 с, нажимают кнопку «Стоп». Полученные блоки записей переименовывают: для этого в поле блоков нажимают на кнопку с обозначением треугольника, в выпадающем меню выбирают «Переименовать», заменяя значение времени записи на «Тест», «Покой», «После нагрузки». Сохраняют файл: в главном меню выбирают «Файл» – «Сохранить» и приступают к анализу полученных данных.

10. Сравнивают внешний вид сфигмограмм артерий пальца и плеча. Сходства и отличия заносят в протокол.

11. Измеряют амплитуду зубцов сфигмограммы по отдельности на проксимальной и дистальной артериях. Для этого выделяют один зубец, в меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений». В категории «Statistics» выбирают функцию «Max-min», после чего в подменю «Функ-

ция» выбирают пункт «Вычислить». В каждом фрагменте записи проводят измерение, как минимум трех зубцов, вычисляя среднее арифметическое, после чего результаты заносят в таблицу 30.

12. Измеряют продолжительность одного цикла сфигмограммы на одном из каналов: с этой целью выделяют участок кривой, продолжительностью 20-30 с, в меню «Комментарии» выбирают пункт «Автокомментарии» в поле «уровень» вводят значение, на 10-15 % меньше максимального и отмечают пункт «Максимум». После нажатия на кнопку «Добавить» будут расставлены метки на пиках в выделенной области. Последовательно выделяют и расставляют метки в других блоках, повторяя описанные действия.

13. После разметки на всех участках, выделяют участок кривой, в меню в меню «Анализ» выбирают «Таблицу значений». В списке «Категория»

выбирают пункт «Comments interval», в разделе «Функция» – пункт «Mean» получая среднее значение. Повторяют подсчеты для фрагментов «Покой» и «После физнагрузки».

14. Определяют частоту сердечных сокращений для фрагментов «Покой» и «После нагрузки». Зная продолжительность одного цикла, рассчитывают ЧСС по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60 / \text{продолжительность усредненного цикла (с)}.$$

Например, усредненный цикл = 0,81 с,
ЧСС=60/0,81=74 уд. Мин.

15. Формулируют выводы. В выводах отражают ответы на следующие вопросы:

- Как связаны между собой пульсовая волна и сфигмограмма?
- Какие отличительные признаки характеризуют сфигмограмму на центральной и периферической артериях?
- Чем отличаются сфигмограммы, полученные на различных артериальных сосудах?
- Как определяют частоту сердечных сокращений по сфигмограмме?

Таблица 30. Величина максимальных зубцов сфигмограммы в различных УС-ЛОВИЯХ.

Название фрагмента записи	Усредненная амплитуда зубцов	Средняя продолжительность одного цикла	Частота сердечных сокращений, вычисленная на одной из артерий	Название артерии
Покой				
После физической нагрузки				
Покой				
После физической нагрузки				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24. «ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ»

Пульсовой волной называют механическую волну повышенного давления, распространяющуюся по артериальным сосудам. Пульсовая волна вызвана выбросом крови из левого желудочка в систолу, на центральных и периферических артериях ее можно прощупать в виде пульса (см. работу «Артериальная сфигмография»). Распространение пульсовой волны по артериям характеризуется скоростью пульсовой волны (СПВ). СПВ исследуют в клинике для определения жесткости артериальной стенки. Для измерения СПВ используют как инвазивные, так и неинвазивные методы. По СПВ можно установить риск развития заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем, определить степень тяжести гипертонической болезни и даже дать прогноз о продолжительности жизни человека.

Нормальные значения СПВ составляют 5,5-8 м/с. Биофизически, скорость пульсовой волны связана с жесткостью артериальной стенки, артериальным давлением, объемной скоростью кровотока.

Формула *Moens-Kortweg* определяет зависимость СПВ от жесткости стенки артерии:

$$\text{СПВ} = \sqrt{E \times h / 2r \times \rho}, \text{ где:}$$

E – жесткость артериальной стенки; h – ее толщина; r – радиус артерии; ρ – плотность крови.

Формулой *Bramwell u Hill* установлена связь между СПВ, АД и объемной скоростью кровотока:

$$\text{СПВ} = \sqrt{\Delta P \times V / \rho \times \Delta V}, \text{ где:}$$

P – артериальное давление;

V – объем крови;

ρ – плотность крови.

Практическое определение СПВ осуществляют двумя сфигмографическими датчиками, уста-

новленными на удаленных участках одной или последовательно соединенных артерий:

$$\text{СПВ} = \Delta L / \Delta t, \text{ где:}$$

ΔL – расстояние между датчиками; Δt – время, необходимое для прохождения пульсовой волны между датчиками.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой измерения скорости пульсовой волны на артериях верхней конечности.
- Определить влияние физической нагрузки на СПВ.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ПП (пьезодатчик и пьезодатчик).

- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Лейкопластырь.
- Разгрузочный пояс и комплект текстильных застежек.
- Чехол для регистратора.
- Канцелярские зажимы.
- Смываемый маркер.
- Сантиметровая лента.

Ход работы:

Аналогичен работе «Артериальная сфигмография» с пп. 1 по 10.

11. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу полученных данных.

12. С помощью сантиметровой ленты измеряют расстояние между двумя датчиками.

13. Последовательно проводят расстановку автокомментариев на каналах «Проксимальная арте-

рия» и «Дистальная артерия», отмечая максимальное значение, а в качестве порога выбирая величину, на 30-40% меньше максимума (рис. 53). Просматривают кривую, ненужные комментарии удаляют, добавляя неотмеченные вручную.

14. Вычисляют время прохождения пульсовой волны от плечевой до пальцевой артерии в покое. Выделяют фрагмент кривой, соответствующий состоянию покоя, в меню «Анализ» выбирают «Таблицу значений», далее в категории «Comments Interval» выбирают «Mean Odd-Even» (среднее значение времени между четным и нечетным комментариями). Полученное значение переносят в таблицу 31.

15. Повторяют вычисления для фрагмента «Физнагрузка», данные вносят в таблицу 31.

16. Рассчитывают скорость пульсовой волны по формуле:

$$\text{СПВ} = \Delta L / \Delta t,$$

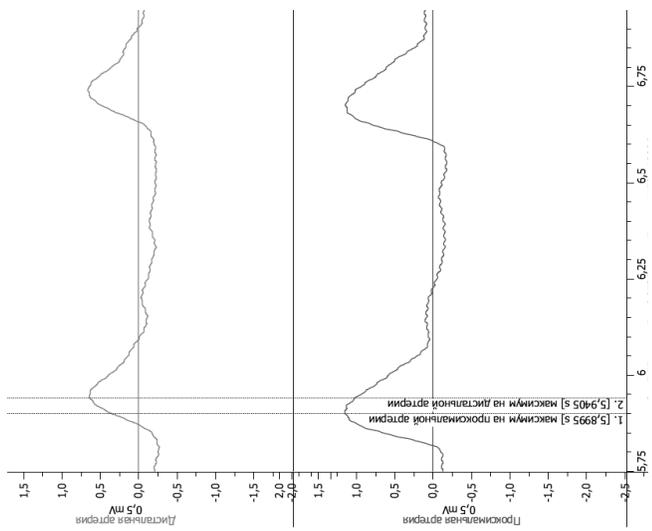


Рис.56. Расстановка комментариев на пиках сфигмограмм. Объяснение в тексте.

например, если расстояние между датчиками – 0,28 м, время задержки – 0,04 с, то СПВ = $0,28 / 0,04 = 7$ м/с. Полученные результаты вносят

в таблицу 31.

По методике, указанной в пп 14 работы «Артериальная сфигмография», рассчитывают частоту сердечных сокращений.

17. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

18. Формулируют выводы. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Почему возникает задержка, выявляемая на сфигмограмме центральной и периферической артерий?
- Влияет ли физическая нагрузка на СПВ?
- Влияет ли ЧСС на СПВ?

Таблица 31. Продолжительность задержки между зубцами сфигмограммы и скорость пульсовой волны.

Номер измерения	Время задержки между зубцами (с)	Скорость пульсовой волны (м/с)
Покой		
Физнагрузка		
Среднее время задержки (с)		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 25. «ИЗМЕРЕНИЕ СИСТОЛИЧЕСКОГО УРОВНЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО МЕТОДУ РИВА-РОЧЧИ»

Артериальным давлением (АД) называют давление, оказываемое кровью на стенки артерии.

Измерение АД осуществляется двумя способами: прямым, когда в просвет сосуда требуется введение иглы или трубки от датчика и непрямой – с помощью сфигмоманометра. Прямой метод измерения кровяного давления используется в экспериментах на животных, а также в ангиохирургии, в то время как непрямой способ нашел широкое применение в терапевтической клинике и быту.

Непрямой метод основан на измерении давления, которое необходимо приложить к стенке артерии извне, чтобы прекратить кровоток. Одним из непрямых методов является изобретенный итальянским терапевтом и педиатром С. Рива-

Роччи в 1897 г. Обследуемому накладывают на плечо полую резиновую манжету, в которую нагнетают воздух до тех пор, пока давление в ней не превысит максимального давления в артерии, о чем свидетельствует исчезновение пульсовых колебаний в дистальных артериях. Выпуская воздух из манжеты, по появлению первой пульсовой волны судят о систолическом давлении. Для правильного определения АД непрямым способом необходимо, чтобы манжета располагалась на уровне сердца. Кроме того, ширина манжеты должна составлять примерно половину окружности плеча.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой измерения АД по методу Рива-Роччи.
- Зарегистрировать и сравнить значения систолического давления у испытуемого на правой и левой руке.

- Сравнить уровни систолического давления в покое и после физических упражнений.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДП (давление и пьезодатчик).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Манжета для измерения давления и трубка с тройником.
- Груша для накачивания воздуха.
- Конусовидный штуцер для присоединения манжеты.
- Полоска лейкопластыря.
- Чехол, разгрузочный пояс и плечевые лямки с ремнями-фиксаторами.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
3. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДП.
4. Поверх одежды на испытуемого надевают плечевые лямки и пояс как на образце, указанном на рис. 4, вариант 1. Регистратор помещают в чехол и закрепляют на лямках спереди.
5. У испытуемого заворачивают рукав одежды, полностью обнажая *правое предплечье* и частично плечо. На плечо не слишком туго накладывают манжету. Манжета должна располагаться на уровне сердца.
6. На подушечку последней фаланги безымянного пальца правой руки полоской лейкопластыря не туго закрепляют пьезодатчик. Датчик должен прилегать чувствительной поверхностью к коже.

7. С верхней части регистратора скручивают колпачок и заменяют его на конусовидный штуцер, присоединяя его к трубке от манжеты. Грушу для накачивания воздуха присоединяют к другой трубке от манжеты, либо к той же трубке через тройник (зависит от конструкции манжеты в комплекте поставки).

8. Испытуемый принимает удобное положение, сидя на стуле. Все измерения АД (в том числе и после физической нагрузки) проводят в положении сидя. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Измерение АД по Рива-Роччи», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Для контроля уровня АД удобно включить в меню «Вид» выбрать Панели значений – АД. Значение АД будет видно в виде крупной вкладки.

Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц. Работа состоит из 6 частей. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и завершают нажатием на кнопку «Стоп». Нажав на кнопку Старт», производят настройку записи: отмечают записывается ли кривая артериального пульса, соответствуя рис. 57 и добиваются получения аналогичной кривой, изменяя положение датчика и регулируя прижим к коже полоской лейкопластыря.

9. В манжету с помощью груши накачивают воздух до уровня 160-170 мм рт. ст., контролируя давление на панели значений. Пульсация сдавленной артерии должна прекратиться. Закручивают воздушный клапан на груше.

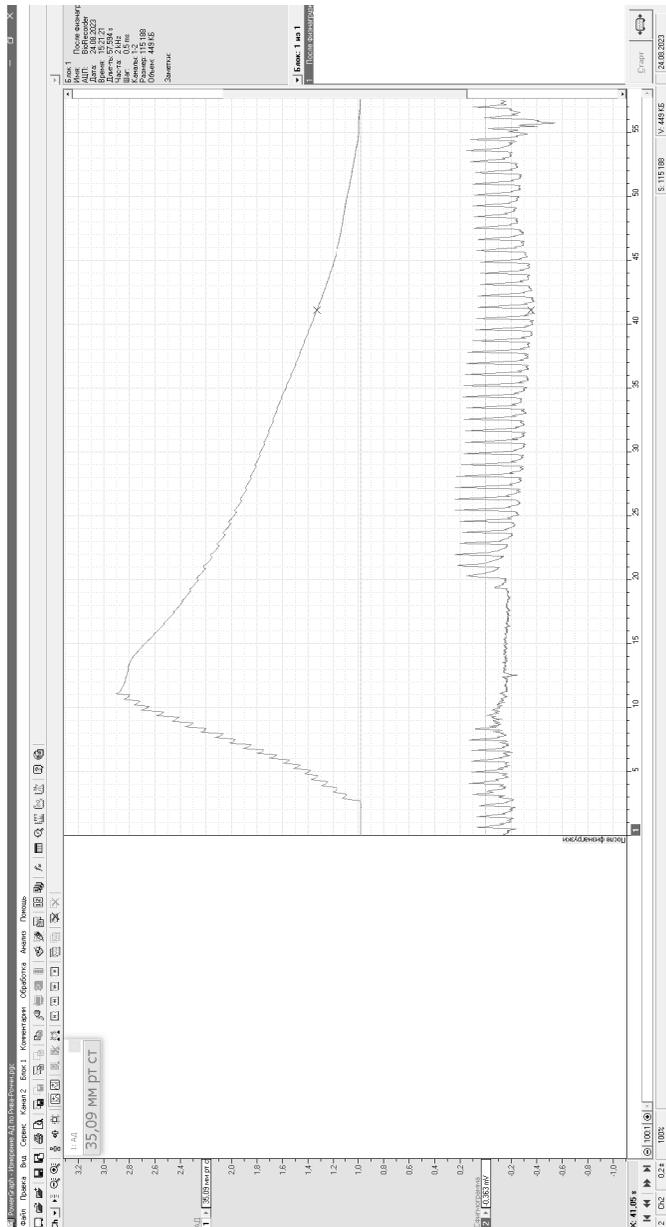


Рис.57. Запись АД по Рива- Роччи. Верхняя кривая- давление в манжете, нижняя- пульс.

10. Открывают клапан, постепенно стравливая воздух из манжеты (скорость 2-3 в мм рт. ст./с). Первая пульсовая волна сфигмограммы соответствует уровню систолического давления. Исследователь нажимает кнопку «Стоп». Наладив пробную регистрацию, приступают к основному этапу работы, нажимая кнопку «Старт».

11. Делают два замера систолического давления в покое по протоколу, описанному в п. 10-

12. Останавливают запись, переименовывают блок в «Систолическое давление в покое», затем, не снимая манжеты и датчика, начинают новую запись и делают также два замера в течение минуты после 20 глубоких приседаний. Останавливают запись нажатием на кнопку «Стоп».

13. Останавливают запись нажатием на кнопку «Стоп», сохраняют файл (меню «Файл – «Сохранить») и проводят анализ кривой.

14. Вначале анализируют участок кривой в состоянии покоя. На графике «Сфигмограмма»

выделяют первую пульсовую волну, которая возникла после открывания клапана и добавляют комментарий, выбирая максимальное значение на канале «Сфигмограмма». Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Comments выбирают функцию Maximum для канала «АД», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленное значение должно отобразиться в свободном поле, где появится запись «АД Maximum» со значением в мм рт. ст. Повторяют аналогичное измерение для блока после физической нагрузки, все результаты заносят в таблицу 32.

15. Сохраняют кривые, распечатывают их и клеивают в протокол.

16. Формулируют выводы. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Можно ли рассчитать пульсовое, среднее, систолическое, диастолическое давление мето-

дом Рива-Роччи? Обоснуйте ответ по каждому пункту.

- Как связаны пульсовая волна и определение АД по данному методу?
- Как влияет физическая нагрузка на систолическое давление? Обоснуйте механизм?

Таблица 32. Показатели систолического давления в различных условиях.

Условия исследования	Проба 1 (мм рт. ст.)	Проба 2 (мм рт. ст.)	Среднее значение
Покой			
После физической нагрузки			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 26.
«ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО
МЕТОДУ Н.С. КОРОТКОВА»

В работе «Измерение артериального давления по методу Рива-Роччи» представлены теоретические основы определения систолического давления в артериях. В данной работе рассмотрены другие гемодинамические показатели и способы их определения.

Максимальное давление в артерии называют *систолическим*, минимальное - *диастолическим*. Разность между систолическим и диастолическим давлением называют *пульсовым давлением*. Важным показателем гемодинамики является и *среднее артериальное давление* (САД): это давление, обеспечивающее при непрерывном движении крови такой же гемодинамический эффект, что и при пульсирующем кровотоке.

Среднее артериальное давление вычисляется по формуле:

САД = диастолическое давление + 1/3 пульсового

Либо:

САД = 1/3 систолического + 2/3 диастолического

Метод Короткова (применяется с 1905 года по настоящее время) относится к непрямым способам определения АД и является единственным неинвазивным методом, утвержденным ВОЗ: он позволяет определить все перечисленные выше параметры гемодинамики. Аналогично методу Рива-Роччи, обследуемому накладывают на плечо полую резиновую манжету, в которую нагнетают воздух. Манжета сдавливает плечевую артерию снаружи, а манометр, соединенный с манжетой, показывает величину этого давления. Фонендоскопом выслушивают сосудистые тоны Короткова, возникающие к периферии от наложенной на плечо манжеты. Физика тонов Корот-

кова основана на явлении турбулентности – если сосуд не деформирован, то кровоток в нем ламинарный и бесшумный, при деформации сосуда возникает турбулентность, которая и порождает звуки, называемые тонами Короткова. Увеличение давления в манжете выше систолического давления приводит к полному перекрытию просвета артерии: кровоток и звуковые явления в ней прекращаются. Постепенно выпуская воздух из манжеты отмечают момент, когда давление в ней станет чуть ниже систолического, при этом кровь в артерии преодолевает сдавленный участок и прорывается за манжету, что порождает турбулентность, выслушиваемую ниже манжеты (первый тон Короткова). Графически тоны сосудистых шумов представлены в виде ромба: амплитуда шумов вначале увеличивается, затем, при дальнейшем снижении давления в манжете, убывает. Прекращение деформации артерии сопровождается исчезновением шумов,

поэтому последний слышимый тон соответствует диастолическому давлению.

Для правильного определения АД непрямым способом необходимо, чтобы манжета располагалась на уровне сердца. Кроме того, ширина манжеты должна составлять примерно половину окружности плеча.

При помощи автоматических приборов, записывающих тоны Короткова с использованием электронной регистрации, можно производить повторные измерения через определенные промежутки времени (минимум – через 30 с), что позволяет применять данный способ измерения АД в течение длительного периода времени, например, при суточном мониторинге АД по Холтеру.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать систолическое и диастолическое АД по методу Короткова.

- Измерить АД у испытуемого в покое и после физической нагрузки.
- Сравнить изменения АД, пульсового и среднего артериального давления в покое и после физических упражнений.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДП (давление и пьезодатчик).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB портом.
- Манжета для измерения давления.
- Груша для накачивания воздуха.
- Конусовидный штуцер для присоединения манжеты.
- Полоска лейкопластыря.

- Чехол, разгрузочный пояс и плечевые лямки с ремнями-фиксаторами.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДП.
3. Поверх одежды на испытуемого надевают плечевые лямки и пояс как на образце (рис. 4, вариант 1. Регистратор помещают в чехол и закрепляют на лямках спереди.
4. У испытуемого заворачивают рукав одежды, полностью обнажая правое предплечье и частично плечо. В нижней трети плеча, на внутренней поверхности, медиальнее головки двуглавой мышцы, пальпацией находят плечевую артерию, маркером отмечают место наложения пьезодатчика, который фиксируют полоской лейкопластыря.

5. Поверх датчика не слишком туго накладывают манжету. Манжета должна располагаться на уровне сердца. С верхней части регистратора скручивают колпачок и заменяют его на конусовидный штуцер, присоединяя к трубке от манжеты. Грушу для накачивания воздуха присоединяют к другой трубке от манжеты, либо к той же трубке через тройник (зависит от конструкции манжеты в комплекте поставки).

6. Испытуемый принимает удобное положение, сидя на стуле. Все измерения АД (в том числе и после физической нагрузки) проводят в положении сидя.

7. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Измерение АД по Короткову», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Запись будет осуществляться с час-

тотой 2 кГц. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и завершают нажатием на кнопку «Стоп».

8. Грушей накачивают манжету до уровня 160-170 мм рт. ст. Пульсация сдавленной артерии должна прекратиться. Закручивают воздушный клапан на груше. Открывают клапан, постепенно стравливая воздух из манжеты (скорость 2-3 в мм рт. ст./с). На одноименной кривой (рис. 58) появляются тоны Короткова, первый соответствует уровню систолического давления, а последний – диастолическому. Останавливают запись нажатием на кнопку «Стоп». Наладив пробную регистрацию, как на рис. 55, удаляют записанный блок и приступают к основному этапу работы.

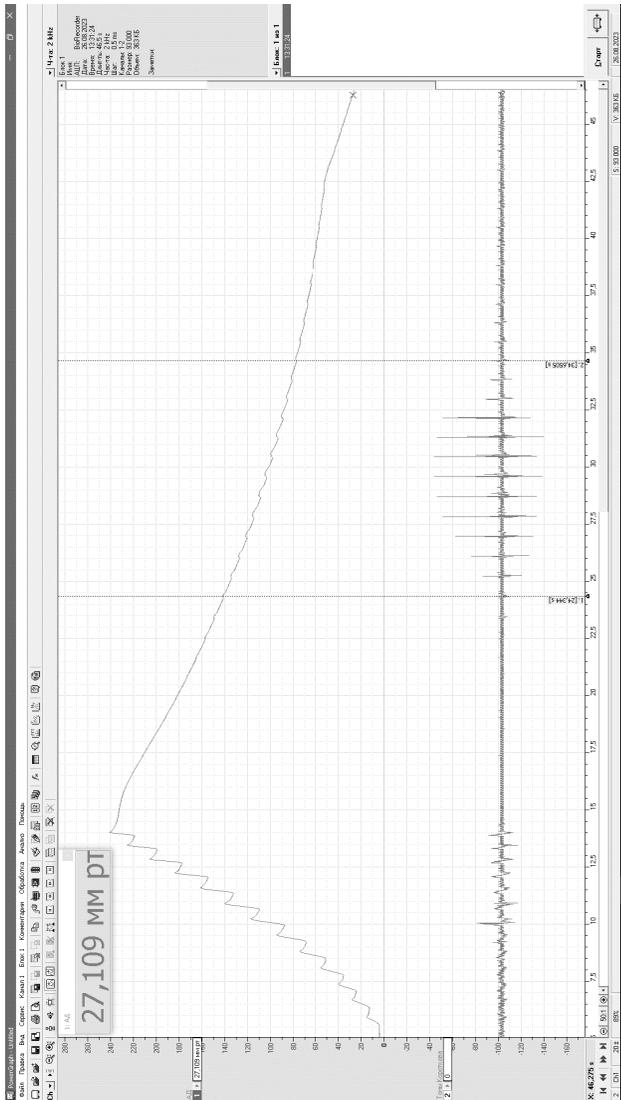


Рис.58. Кривая давления в манжете (вверху) и, отмеченные комментариями, тоны Короткова (внизу)

9. Проводят два замера АД в покое, останавливают запись. Испытуемому предлагают за 30 секунд сделать 20 глубоких приседаний. Затем повторяют два замера после физической нагрузки. Переименовывают блоки записи: первый – «Покой» и второй – «После нагрузки».
10. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и проводят анализ кривой.
11. Вначале анализируют участок кривой в покое. На графике «Тоны Короткова» выделяют область первого тона, устанавливают комментарий по максимальному значению, затем находят последний тон и также устанавливают комментарий по максимальному значению. Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Comments устанавливают галочки на функциях: Maximum, Minimum, Max-Min для графика «АД», нажимают на изображение нескольких шестеренок или комбинацию Ctrl+F5 (вычислить все). В свободном поле

должны отобразиться в свободном поле вычисленные параметры, где: Maximum – систолическое давление, Minimum – диастолическое давление, Max-Min – пульсовое давление.

12. Рассчитывают среднее артериальное давление по приведённым в описании выше формулам или же выделяют участок между комментариями, открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistic на канале «АД» устанавливают галочку на функции $1/3\text{Max} + 2/3\text{Min}$ – получают данные среднего артериального давления. Усредняют каждый показатель, рассчитанный в пп. 10-12. Перечисленные значения вносят в таблицу 33.

13. Повторяют аналогичные измерения для блока после физической нагрузки, результаты также заносят в таблицу 33.

14. Сопоставляют результаты с данными, полученными в работе «Измерение систолического давления по методу Рива-Роччи».

15. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

16. Формулируют выводы. Формируют ответы на вопросы, которые должны найти отражение в выводах:

- Какие показатели артериального давления можно рассчитать методом Короткова?
- Каков механизм возникновения тонов Короткова?
- Отличаются ли показатели систолического давления, измеренные разными способами? При отличиях дайте обоснование причин.
- Как влияет физическая нагрузка на показатели давления и какие из них меняются сильнее? Обоснуйте механизм.

Таблица 33. Показатели артериального давления в различных условиях.

Условия	Систолическое (мм рт. ст.)	Диастолическое (мм рт. ст.)	Пульсовое (мм рт. ст.)	Среднее артериальное (мм рт. ст.)
Покой				
После физической нагрузки				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 27. «ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛО- МЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПО МАРЕЮ В МОДИФИКАЦИИ Л.Г. СЕРКИНА»

Одним из методов непрямого измерения артериального давления является предложенный Мареем в 1867. Метод не получил широкого распространения вследствие трудоемкости, однако попытки использования не прекращались и в 1935 г. Н.Н. Савицким был использован дифференциальный манометр²¹. И только в 1976 г японской компанией «Omron» на основе многолетних разработок по осциллометрии был создан первый автоматический тонометр. Каждому, кто исполь-

²¹ Н.Н. Савицким также модифицирован метод Мареев – особенностью модификации является то, что уровень систолического давления измеряют не при выпуске воздуха, а при нагнетании воздуха в манжетку, это исключает феномен гидродинамического удара, влияющего на результаты. Методика Н.Н. Савицкого предусматривает точное соблюдение режима накачивания манжеты, для чего необходима автоматическая помпа с обратной связью, по этой причине данный метод мы не использовали.

зовал стрелочный манометр, знакомы колебания стрелки во время процедуры измерения, которые видны как при накачивании манжеты, так и при выпускании из нее воздуха (рис. 59), именно эти колебания и являются основой артериальной осциллометрии. Обследуемому накладывают на плечо полую резиновую манжету (ширина манжеты должна составлять примерно половину окружности плеча), в которую нагнетают воздух до исчезновения пульсаций в дистальных артериях, затем воздух выпускают. Колебания регистрируются дифференциальным датчиком давления, либо функция дифференцирования сигнала осуществляется программным способом. В созданной нами работе сигнал от датчика давления обрабатывается дифференциальным фильтром DiffRC.

По оригинальной методике Марья конечность помещали в плетизмограф, что и явилось существенным препятствием для использования ме-

тогда, а данная модификация позволяет применять обычную манжету.

Полученную кривую – осциллограмму, анализируют. Первый комплекс, состоящий из положительной и отрицательной волн, определяющий уровень систолического давления, распознается *по самой глубокой отрицательной волне*. Среднее артериальное давление определяется по комплексу, имеющему *максимальный размах*, а диастолическое – *по последней высокоамплитудной волне* (величина которой на 37% меньше самого высокого комплекса) (рис. 59).

Необходимо оговориться, что *физические механизмы*, лежащие в основе того иного уровня артериального давления, а также форму и амплитуду осцилляций (рис. 59), до сих пор до конца *не ясны, верификация носит исключительно эмпирический характер*, она основана на многочисленных наблюдениях, где осциллограмма за-

писывалась параллельно с другими методами измерения АД.

Задачи исследования:

- Ознакомиться с методикой измерения АД по методу Маррея.
- Сравнить значения систолического давления у испытуемого, полученного методом осциллометрии и методом Короткова.
- Сравнить уровни систолического давления в покое и после физических упражнений.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДП (давление и пьезодатчик).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.

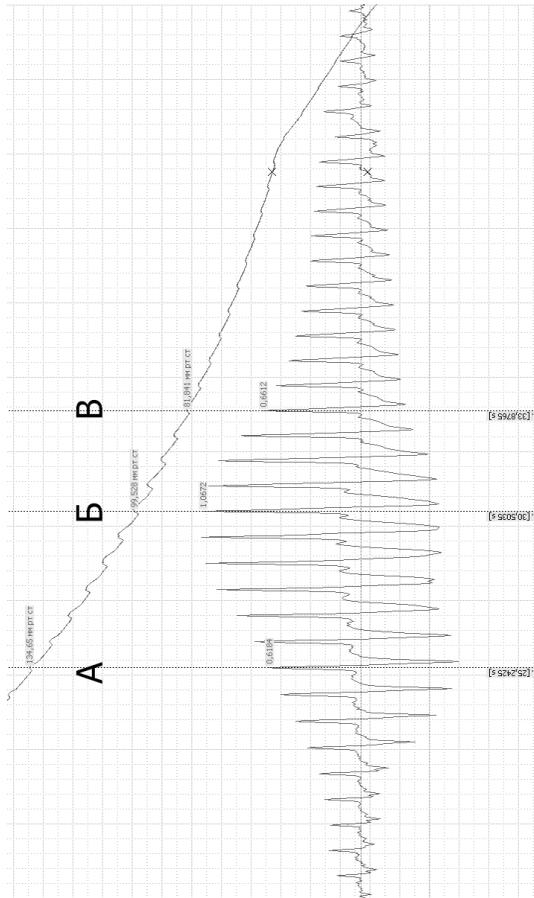


Рис 59. Пример осциллограммы. Линия сверху- изменение давления в манжете, внизу- осциллограмма. А- систолическое давление; Б- Среднее артериальное давление; В- Диастолическое давление.

- Манжета для измерения давления и трубка с тройником.
- Груша для накачивания воздуха.
- Конусовидный штуцер для присоединения манжеты.
- Полоска лейкопластыря.
- Чехол, разгрузочный пояс и плечевые лямки с ремнями-фиксаторами.
- Исследование проводят на том же испытуемом, после выполнения работы, где уровень АД измеряли методом Короткова.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДП.
3. Поверх одежды на испытуемого надевают плечевые лямки и пояс как на образце, указан-

ном на рис. 4, вариант 1. Регистратор помещают в чехол и закрепляют на лямках спереди.

4. У испытуемого заворачивают рукав одежды, полностью обнажая правое предплечье и частично плечо, на которое не слишком туго накладывают манжету. Манжета должна располагаться на уровне сердца.

5. С верхней части регистратора скручивают колпачок и меняют его на конусовидный штуцер, присоединяя его к трубке от манжеты. Грушу для накачивания воздуха присоединяют к другой трубке от манжеты, либо к той же трубке через тройник (зависит от конструкции манжеты в комплекте поставки).

6. Испытуемый принимает удобное положение, сидя на стуле. Все измерения АД проводят в положении сидя. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder». После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить

настройки» – «Измерение АД по Марею», в результате чего появится поле для двухканальной записи. Для контроля уровня АД удобно включить в меню «Вид» выбрать Панели значений – «АД». Значение «АД» будет видно в виде крупной вкладки. Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц.

7. Нажимают кнопку «Старт». В манжету с помощью груши накачивают воздух до уровня 160-170 мм рт. ст., контролируя давление на панели значений. Исследователь убеждается в отсутствии пульса на лучевой артерии. Закручивают воздушный клапан на груше.

8. Открывают клапан, постепенно стравливая воздух из манжеты (скорость 2-3 в мм рт. ст./с). Запись останавливают, когда давление в манжете составит 5-10 мм рт.ст.

9. Повторяют измерение еще раз. Начало записи осуществляют кнопкой «Старт», останавливают запись нажатием на кнопку «Стоп» и

приступают к анализу кривой, руководствуясь рис. 59.

10. На кривой давления находят продолжительный нисходящий участок, под ним на осциллометрической кривой находят самую глубокую отрицательную волну и устанавливают комментарий в области минимума. Позади этого же комплекса устанавливают комментарий на максимум – это и будет систолическое давление.

11. Находят комплекс, имеющий максимальный размах, для этого выделяют и измеряют разные комплексы, на вид подходящие по размеру. Для измерений используют меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistic выбирают функцию Max-Min для канала «Осциллограмма», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Повторяют аналогичные действия для другого комплекса, пока не отберут самый высокоамплитудный,

максимум которого отмечают комментарием – это среднее артериальное давление.

12. Выявление комплекса с диастолическим давлением представляет собой небольшую сложность, диастолическое давление определяют по последнему высокоамплитудному пику: проводят поиск последнего пика, величина которого составляет около 63% амплитуды максимального комплекса – он и будет искомым. Отмечают максимум этого комплекса с помощью комментария. Все полученные данные вносят в таблицу 34. В отдельный столбец переносят данные из работы «Измерение АД по методу Короткова»²².

13. Сохраняют кривые, распечатывают их и клеивают в протокол.

14. Формулируют выводы. Формируют ответы на следующие вопросы, которые должны найти отражение в выводах:

²² Измерение проводят на одном и том же испытуемом.

- Можно ли рассчитать пульсовое, среднее, систолическое, диастолическое давление методом Маррея? Обоснуйте ответ по каждому пункту.
- Какой признак на осциллограмме свидетельствует о систолическом давлении? О среднем артериальном давлении?
- В чем сложность определения уровня диастолического давления по сфигмограмме?
- Насколько отличаются показатели АД по Маррею от полученных методом Короткова?
- В чем преимущество осциллометрического метода измерения АД и в чем недостатки?

Таблица 34. Показатели АД (мм. рт. ст.) в различных условиях.

Условия исследования	Метод Маррея			Метод Короткова		
	1	2	3	1	2	3
Проба 1						
Проба 2						
Усредненное значение						

1 - Систолическое давление; 2 - Диастолическое давление; 3 - Среднее давление

VIII

ФИЗИОЛОГИЯ МЕТАБОЛИЗ- МА И ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 28. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО ОБМЕНА ПО ФОРМУЛЕ РИДА И НОМОГРАММЕ»

Обмен энергии между организмом и внешней средой или валовый обмен состоит из основного обмена и рабочей прибавки. Основным обменом называют энергозатраты на поддержание жизнедеятельности в покое, его величина практически всегда выше рабочей прибавки. Основной обмен измеряют в следующих условиях: 1) в положении лежа у хорошо выспавшегося человека (во время сна метаболизм значительно изменяется); 2) через 12 часов после последнего приема пищи (чтобы исключить специфическое динамическое действие пищи); 3) в состоянии психоэмоционального покоя (возбуждение сказывается на мышечном тонусе); 4) при температуре комфорта (22-24 °С, легкая одежда); 5) исключив двигательную активность за 10-15 мин до исследо-

вания. Рабочей прибавкой называют энергозатраты, связанные с повседневной нагрузкой человека – с трудом и физической активностью. Величина рабочей прибавки определяет, к какой категории по энергозатратам следует относить данного субъекта.

С клинической точки зрения исследование основного обмена важнее, чем рабочей прибавки, поскольку основной обмен определяется статическими показателями: морфологией человека, полом и возрастом. Скрининг-исследованием, позволяющим заподозрить нарушения основного обмена, является тест на установление процента отклонения от основного обмена по формуле Рида или номограмме (рис. 60). Вычисления основаны на показателях гемодинамики испытуемого. Хотя результаты не отличаются высокой точностью, при ряде заболеваний (например, тиреотоксикозе) являются вполне достоверными.

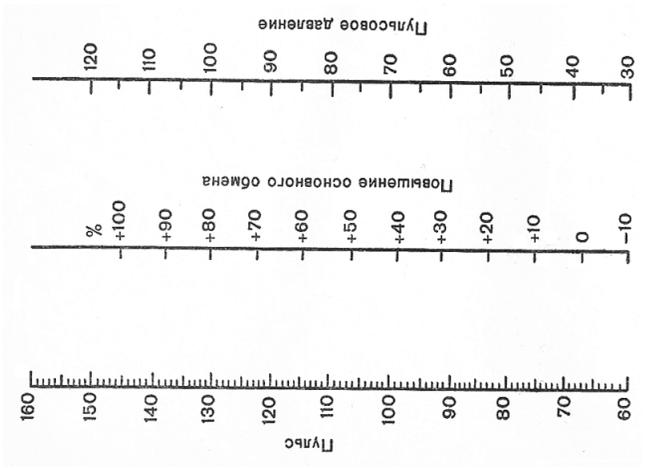


Рис.60. Номограмма Рида

Степень отклонения от основного обмена
= 0,75 x (ЧСС + пульсовое давление x 0,74) 72

В норме, величина отклонения от основного обмена составляет до (\pm)10% .

Задачи исследования:

- Овладеть методикой скрининг-диагностики нарушений метаболизма по показателям гемодинамики.
- Установить процент отклонения от основного обмена по формуле и номограмме.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДП (давление и пьезодатчик).
- ПО «PowerGraph 3.3».

- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Манжета для измерения АД.
- Груша от тонометра для накачивания воздуха.
- Конусовидный штуцер для присоединения манжеты.
- Полоска лейкопластыря.
- Чехол, разгрузочный пояс и плечевые лямки с ремнями-фиксаторами.
- Кушетка.
- Номограмма Рида.
- Линейка, небольшая подушка под локоть или полотенце.

Ход работы:

1. Включают компьютер.
2. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДП.

3. Поверх одежды на испытуемого надевают плечевые лямки и пояс. Регистратор помещают в чехол и закрепляют на лямках спереди (см. рис 4, вариант 1). Испытуемого укладывают на кушетку и просят расслабиться в течение 3-5 мин. В течение всего исследования испытуемый не должен двигаться.²³

4. Для измерения АД по методу Короткова у испытуемого заворачивают рукав одежды, полностью обнажая правое предплечье и частично плечо. В нижней трети плеча, на внутренней поверхности, медиальнее головки двуглавой мышцы, пальпацией находят плечевую артерию, маркером отмечают место наложения пьезодатчика, который фиксируют полоской лейкопластыря. Рука должна быть разогнута, под локтевой сустав следует положить небольшую подушечку или свернутое полотенце. Поверх датчика не

²³ Положение лежа и покой – одни из необходимых условий для измерения основного обмена (см. Вводную часть данной работы).

слишком туго накладывают манжету. Манжета должна располагаться на уровне сердца. Более подробно– см. работу «Измерение АД по Короткову».

5. С верхней части регистратора скручивают колпачок и заменяют его на конусовидный штуцер, присоединяя к трубке от манжеты. Грушу для накачивания воздуха присоединяют к другой трубке от манжеты, или к той же трубке через тройник (зависит от конструкции манжеты в комплекте поставки).

6. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».

7. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» –

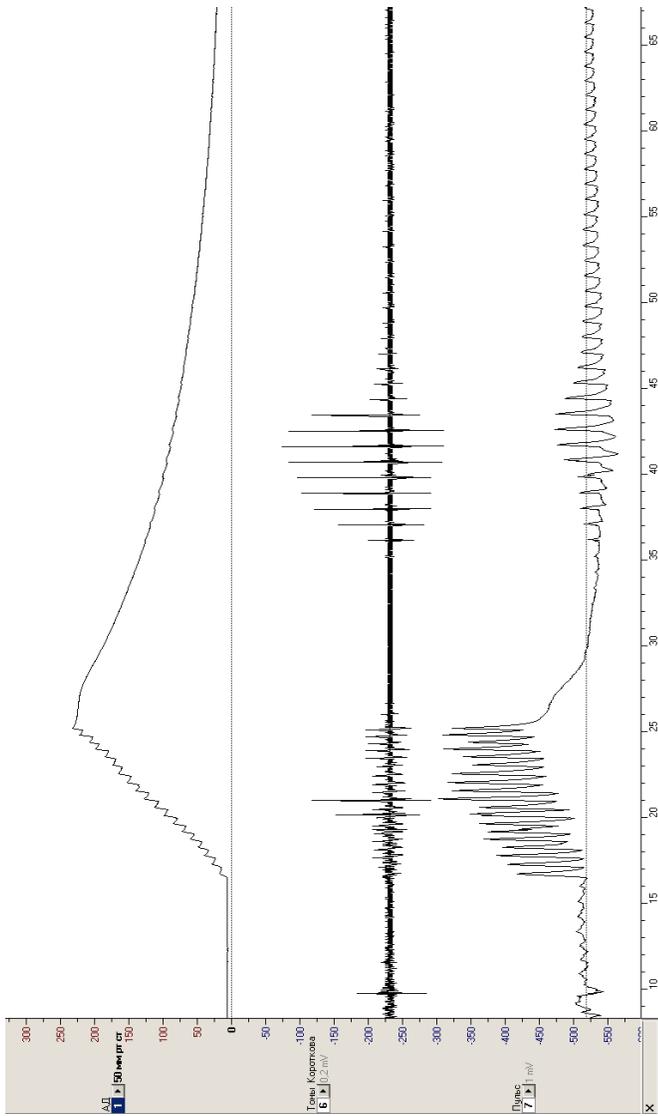


Рис. 61. Запись артериального давления и пульса. Сверху вниз: АД, тоны Короткова, сфигмограмма плечевой артерии.

«Процент отклонения от основного обмена», в результате чего возникнет поле для трехканальной записи (рис. 61).

8. Запись будет осуществляться с частотой 2 кГц. Работа состоит из трех частей. Регистрацию начинают нажатием кнопки «Старт» и завершают нажатием на кнопку «Стоп».

9. В манжету с помощью груши накачивают воздух до уровня 160-170 мм рт. ст. Пульсация сдавленной артерии должна прекратиться. Закручивают воздушный клапан на груше.

10. Открывают клапан, постепенно стравливая воздух из манжеты (скорость 2-3 в мм рт ст /с). На одноименной кривой появляются тоны Короткова, первый соответствует уровню систолического давления, а последний – диастолическому. Останавливают запись нажатием на кнопку «Стоп».

11. Наладив пробную регистрацию, как на рис 2, с интервалом 1-2 мин. повторяют замеры АД.

12. Запись останавливают нажатием на кнопку «Стоп» спустя 30-40 с после измерения давления. Это необходимо для записи сфигмограммы, по которой будет проведены расчеты ЧСС. Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и проводят анализ кривых.

13. На графике «Тоны Короткова» выделяют участок от первого до последнего тонов. Открывают меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistics устанавливают галочки на функции Max-Min для графика «АД», нажимают на изображение шестеренки или комбинацию клавиш Ctrl+F5 (вычислить все), либо через меню «Функция» – «Вычислить». В свободном поле должен отобразиться параметр Max-Min – пульсовое давление. Повторяют аналогичное измерение для других фрагментов записи, результат также заносят в таблицу 35.

14. Вычисляют ЧСС по сфигмограмме: с этой целью расставляют комментарии на кривой

«Пульс», выбирают участок после измерения АД. Методика подсчета ЧСС с расстановкой комментариев для каждого пика подробно изложена в пп. 13-16 лабораторной работы «Артериальная сфигмография». Данные заносят в таблицу 35.

15. Рассчитывают процент отклонения от основного обмена у данного испытуемого, для этого используют формулу Рида или номограмму (см. рис. 60). Для пользования номограммой линейкой соединяют *шкалу пульсового давления со шкалой пульса*. Пересечение со шкалой посередине укажет на процент отклонения от основного обмена.

16. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

17. Формулируют выводы. В выводах отражают ответы на следующие вопросы:

- Можно ли с помощью формулы Рида и номограммы вычислить основной обмен, если да, то обоснуйте этот вывод?
- Можно ли использовать способ Рива-Роччи для данного исследования?
- Каким образом влияет ли на процент отклонения от основного обмена такие факторы, как питание, физическая активность, эмоциональное возбуждение?
- Можно ли установить диагноз нарушения обмена/эндокринного заболевания, проведя данное исследование?

Таблица 35. Пульсовое давление и ЧСС.

Показатель	Порядковый номер измерения			Усредненное значение
	1	2	3	
Пульсовое давление				
ЧСС				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 29. «ТЕРМОМЕТРИЯ»

Температура тела человека постоянно поддерживается на определенном уровне и относится к физиологическим константам организма. Колебания температуры тела, вызванные изменениями внешней среды, выражены в большей степени вблизи поверхности тела и на периферии конечностей, поэтому выделяют «пойкилотермную» оболочку и «гомойотермное» ядро. При охлаждающем действии температуры внешней среды величина ядра уменьшается, а при согревании – возрастает (рис. 62). Наиболее близко среднее значение температуры ядра тела отражает температура крови в полостях сердца, аорте и других крупных сосудах. В связи с неравномерностью геометрических форм человеческого тела, пространственное распределение температуры тела описывается сложной

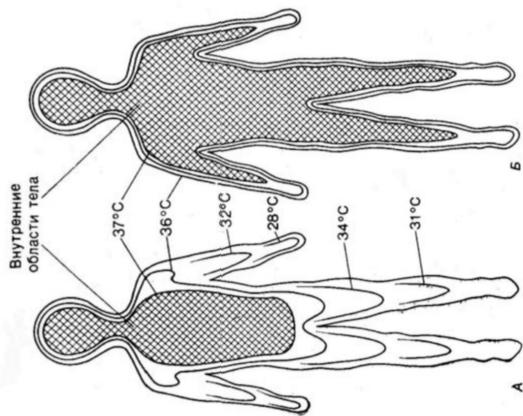


Рис. 62. Температура различных областей тела человека при различной температуре воздуха: а - 20° С; б - 35°С. Показаны изотермы (линии, соединяющие точки с одинаковой температурой). При 20°С между внутренней областью тела (ядром, заштриховано) и поверхностью (оболочкой) существуют резкие перепады температуры. При 35 °С внутренняя область распространяется на конечности (по П. Стерки, 1984)

функцией, однако в качестве показателя температуры глубоких тканей в клинической медицине используют значения ректальной, подъязычной и подмышечной температуры.

Задачи исследования:

1. Ознакомиться с методикой термометрии у человека.
2. Измерить центральную и периферическую температуру.
3. Изучить влияние охлаждения и нагревания кожных покровов на периферическую и центральную температуру тела.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ТТ (термометр и термометр).
- ПО «PowerGraph 3.3».

- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Разгрузочный пояс, чехол для регистратора и комплект текстильных застежек.
- Влажные антисептические салфетки для протирания термодатчиков.
- 2 пластиковые бутылки, заполненные прохладной (4-10 °С) и горячей (45 °С) водой.
- Полоска лейкопластыря.
- Кусок теплоизоляционного материала (пенопласт, пенофол и пр.).

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
2. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ТТ.
3. На испытуемого надевают разгрузочный пояс. Регистратор помещают в чехол разъемом вверх и закрепляют на поясе в соответствии с

рис. 4, вариант 3. Во время исследования испытуемый сидит на стуле, расслабившись.

4. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».

5. После запуска программы, в меню «Файл» выбрать: «Загрузить настройки» – «Термометрия», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи.

6. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит двух этапов, каждый начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп». Для удобства контроля за температурой необходимо вывести цифровые значения в отдельные окна (меню «Вид» – «Панели значений» – «Каналы» – «Центральная температура» и «Периферическая температура»).

7. Нажав на кнопку «Старт» проводят тестовую регистрацию, в ходе которой измеряют тем-

температуру воды в бутылках. Термодатчики прижимают к поверхности бутылок на 2-3 минуты, отмечая момент стабилизации температуры. Нажимают на кнопку «Стоп». Заносят показания температуры воды в таблицу 36. Термодатчики перемещают на тело испытуемого: датчик с меткой T2 крепят пластырем на дистальную фалангу среднего пальца руки, чувствительной стороной к коже. Этот датчик будет измерять периферическую температуру.

8. На боковую поверхность груди в области подмышечной впадины крепят датчик T1, он предназначен для измерения центральной температуры.

9. Нажимают кнопку «Старт» и проводят второй этап исследования. Выжидают 4-6 минут для выхода кривых на стабильный уровень.

10. В поле «Комментарий» помощник вводит «Горячая вода» и нажимает клавишу «Ввод», одновременно с этим в руку вкладывают емкость

с горячей водой. *Внимание:* к поверхности бутылки должна прикасаться вся ладонь за исключением пальца, на который прикреплен термодатчик. Этот палец изолируют от контакта с бутылкой с помощью кусочка теплоизолятора, который предварительно наклеивают на бутылку. Ведут запись в течение 6-7 минут, затем заменяют емкость с горячей водой на холодную, помощник проставляет метку «Холодная вода» и нажимает клавишу ввод. Спустя еще 6-7 минут останавливают регистрацию и сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу данных.

11. При анализе, во втором записанном блоке, последовательно проводят замеры периферической и центральной температуры до и во время прикладывания к ладони бутылок с горячей и холодной водой. Замеры проводят в интактном состоянии, через 1, 2, 3 минуты после проставления комментария («Горячая вода» и «Холод-

ная вода»). Выделяют участки кривой участки со стабильной температурой, продолжительностью 30-40 с. Выделив один такой участок, в меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistics выбирают функцию Mean. Отмечают галками каналы «Центральная температура» и «Периферическая температура», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленные значения должны отобразиться в свободном поле.

12. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

13. Формулируют выводы.

В выводах отражают ответы на следующие вопросы:

- По данным измерения какой температуры человек может быть отнесен к гомойотерным организмам?

- Объясните выявленные особенности в динамике центральной и периферической температуры?
- Какие существуют механизмы поддержания на постоянном уровне центральной температуры?
- Какой основной механизм изменений температуры конечности?
- Что доказывает данное исследование?

Таблица 36. Центральная и периферическая температура в различных условиях.

Условия исследования	Центральная температура (°C)			Периферическая температура (°C)		
	1	2	3	1	2	3
Интактное состояние						
Горячая вода (температура _____ °C)	1	2	3	1	2	3
Холодная вода (температура _____ °C)	1	2	3	1	2	3

(1,2,3– число минут, прошедшее после прикладывания бу- тылок с водой разной температуры)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 30. «ВЛИЯНИЕ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ НА КОЖНЫЙ КРОВО- ТОК»

Известно, что температура покровов человека, в отличие от ядра, не является постоянной, поэтому кожные покровы тела иногда называют пойкилотермным аппаратом, используемым для теплоотдачи. Благодаря изменению просвета сосудов кожи, кровоток способен вырасти в 8 раз, с 200 мл/мин до 3 л/мин.

К специфическим рефлекторным реакциям кожных сосудов нужно отнести ответ на местное охлаждение или нагревание, а также изменение центральной температуры.

К неспецифическим реакциям можно отнести сосудистый компонент ориентировочного рефлекса: при внезапном появлении нового раздражителя наблюдается сосудосуживающая реакция, уменьшающаяся при повторном использо-

вании этого стимула. Примером другой неспецифической реакции будет вазоконстрикция на болевое раздражение, она отличается более выраженным и стойким характером, чем при ориентировочном рефлексе и не угасает при повторении.

Состояние просвета кожных сосудов, главным образом, определяется симпатической нервной системой, которая формирует эфферентный контроль, получая сигналы от сосудодвигательного центра и центров терморегуляции. Выявить реакции сосудов кожи можно по плетизмограмме: сужение сосудов сопровождается резким снижением амплитуды, а расширение – увеличением. Изменение центральной температуры следует считать более значимым фактором регуляции кожного кровотока.

Физическую нагрузку можно отнести к сильным раздражителям, возникающие при ней измене-

ния носят системный характер и выражаются в виде изменения диаметра сосудов кожи и скелетных мышц. Установлено, что начало работы сопровождается сужением сосудов кожи, что связывают с увеличением симпатического тонуса. Причиной повышения тонуса может являться раздражение афферентных мышечных волокон гипоксией. В дальнейшем, сосуды кожи начинают расширяться, чему способствует увеличение напряжения углекислого газа в крови и активация теплоотдачи.

При интенсивной мышечной работе происходит снижение местных рефлекторных сосудистых реакций вплоть до их исчезновения, что, по-видимому, связано с изменением реактивности вазомоторного аппарата из-за повышения теплопродукции и максимального расширения сосудов.

Задачи исследования:

1. Исследовать связь теплоотдачи кожи с тоном кровеносных сосудов.
2. Изучить влияние физической нагрузки на температуру и тонус сосудов кожи.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ТП (термометр и пьезодатчик).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Разгрузочный пояс, чехол для регистратора и комплект текстильных застежек.
- Влажные антисептические салфетки для протирания датчиков.

- 2 полоски лейкопластыря.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту, к корпусу регистратора подсоединяют датчик ТП.
2. На испытуемого надевают разгрузочный пояс. Регистратор помещают в чехол и закрепляют на груди (как на рис. 4, вариант 2). Разъем регистратора должен находиться на стороне руки, на которую будут установлены датчики. На дистальные фаланги среднего и безымянного пальцев, чувствительной стороной к ладонной поверхности, лейкопластырем крепят термодатчик (Т1) и пьезодатчик (П2). Испытуемого просят вытянуть руки вперед и проверяют степень натяжения проводов, чтобы предотвратить отрыв датчиков от мест фиксации.

3. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».
4. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Термометрия и плетизмография», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. В настройках шкалы температуры инструментом «Лупа» выбирают диапазон чувствительности 0,1 °С.
5. Запись будет осуществляться с частотой 1 кГц. Работа состоит из 2 частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».
6. Нажимают кнопку «Старт» и проводят замеры в состоянии покоя. Испытуемый сидит за на стуле, предплечья и кисти свободно лежат на бедрах. Датчик температуры должен показывать стабильное значение, оно достигается в течение

5-8 минут, помощник проставляет комментарий: «покой».

7. По команде, испытуемый встает со стула и делает 20 приседаний с вытянутыми перед собой руками. При этом следят за тем, чтобы провода не испытывали натяжений и не отрывали датчиков. После выполнения упражнений, испытуемый занимает исходное положение, инструктор ставит метку «после физнагрузки». Спустя еще 2 минуты запись останавливают, сохраняют файл.

8. При анализе, проводят замеры начальной температуры и амплитуды сфигмограмм в покое и после приседаний. Для этого выделяют участки кривой со стабильной температурой, продолжительностью около 20 с. Выделив такой участок, в меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений». В категории Statistics выбирают функцию «Mean» (ее учитывают для температуры) и «Max-min» (для определения амплитуды сфигмограммы). Отмечают галками каналы:

«Температура» и «Сфигмограмма». Затем в меню «Функция» выбирают «Вычислить все» (Ctrl+F5). Значения должны отобразиться в свободном поле, их копируют и заносят в таблицу 37. Закрывают окно, выделяют участок кривой после физнагрузки и повторяют действия в той же последовательности.

9. Определяют частоту пульса для каждого участка с помощью расстановки автокомментариев по методике, описанной в работе «Артериальная сфигмография», пп 13-15. Среднее значение интервалов и пересчитанное значение ЧСС вносят в таблицу 37.

10. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

11. Формулируют выводы, отражая в них ответы на поставленные вопросы.

- Связана ли температура кожи с тонусом кровеносных сосудов?

- Как изменится температура кожи при уменьшении амплитуды сфигмограммы конечности?
- Как изменится тонус сосудов при уменьшении амплитуды сфигмограммы конечности?
- Какие механизмы регуляции преобладают в начале физической нагрузки?
- Какие механизмы регуляции действуют при длительной физической нагрузке?
- Как объяснить улучшение самочувствия при переохлаждении, если человек выполняет физические упражнения?

Таблица №37. Температура кожи и амплитуда сфигмограммы дистальных пальцев руки в покое и после физической нагрузки.

Показатели	Покой	После нагрузки
Температура (°C)		
Амплитуда сфигмограммы (мВ)		
Средняя продолжительность интервала сфигмограммы (с)		
Частота пульса (уд. в мин)		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 31. «ОПЫТ БРОУН-СЕКАРА»

Поддержание определенной температуры тела у человека, который относится к гомойотерным организмам, обеспечивается за счет нервного центра терморегуляции, расположенного в гипоталамусе. В составе гипоталамуса находятся центры теплообразования и теплоотдачи. Аfferентная информация поступает в гипоталамус от центральных терморецепторов, главным образом расположенных в переднем отделе самого гипоталамуса (преоптическая область) в покровах тела и внутренних органах. Центральные терморецепторы гипоталамуса и регистрируют температуру циркулирующей крови, обеспечивая регуляцию по отклонению, периферические терморецепторы расположены в коже и слизистой, их основная задача информировать центры терморегуляции об изменениях температуры

оболочки тела, т. е. тогда, когда температура теплового ядра еще не изменилась, обеспечивая таким образом регуляцию по опережению. Центры терморегуляции способны изменять как теплопродукцию, так и теплоотдачу (рис. 63).

Производство тепла осуществляется за счет двух механизмов термогенеза: сократительного (связанного с сокращением скелетных мышц) и несократительного, обеспечиваемого митохондриальными окислительными реакциями различных клеток. Процесс теплоотдачи представлен: излучением, испарением, теплопередачей и конвекцией, при этом излучение составляет до 65 % теплоотдачи. Излучение осуществляется испусканием с поверхности кожи тепловых инфракрасных волн и напрямую зависит от сосудистого тонуса. При вазодилатации излучение возрастает, а при вазоконстрикции уменьшается.

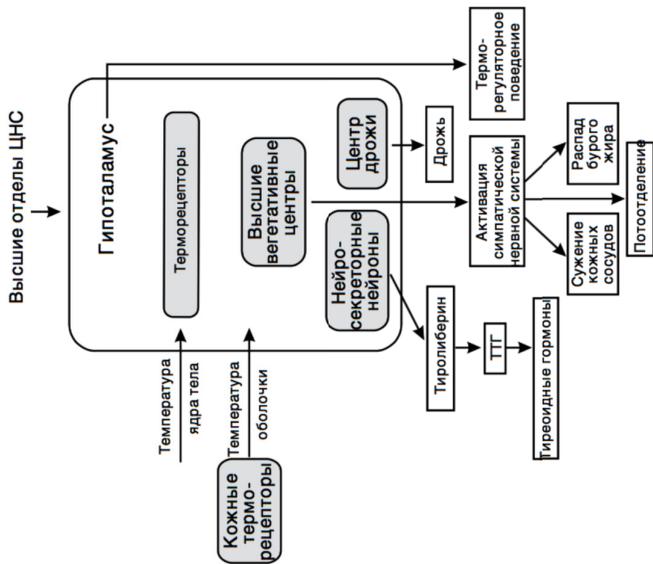


Рис. 63 Роль гипоталамуса в терморегуляции (по Н.Н. Алипову, 2013)

Задачи исследования:

- Повторить оригинальный эксперимент Броун-Секара.
- Установить механизм, обеспечивающий регуляцию теплоотдачи.
- Определить, к какому типу регуляции относится выявленный механизм.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ТТ (термометр и термометр).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС WindowsXP и выше, оснащенный USB-портом.
- Разгрузочный пояс и комплект текстильных застежек для фиксации регистратора на поясе.
- Влажные антисептические салфетки для протирания термодатчиков.

- Кусок льда с плоской поверхностью 20x15 см.
- Пластиковая бутылка с теплой (40 °С) водой.
- Две полоски лейкопластыря.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту.
2. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ТТ.
3. На испытуемого надевают разгрузочный пояс. Регистратор помещают в чехол и закрепляют на поясе в соответствии с рис. 4, вариант 3.
4. Во время исследования испытуемый сидит на стуле, расслабившись.
5. В помещении, где проводится работа, температура воздуха должна составлять не менее 22°С и отсутствовать сквозняки. Кисти испытуемого должны быть теплыми, в противном случае

следует их растереть или прогреть в течении 2 минут с помощью бутылки с теплой водой, а затем насухо вытереть полотенцем.

6. На дистальную фалангу среднего пальца *правой руки*, чувствительной стороной к коже с помощью полоски лейкопластыря крепят термодатчик T1. Он будет измерять периферическую температуру пальца *правой* кисти.

7. На дистальную фалангу среднего пальца *левой руки*, чувствительной стороной к коже с помощью полоски лейкопластыря крепят термодатчик T2. Он будет измерять периферическую температуру пальца *левой* кисти.

8. Помощник запускает программу «Power-Graph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».

9. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «Опыт Брун–Секара», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Вверху отображается

значение температуры правой кисти, внизу – левой (рис. 64). Для удобства контроля за температурой необходимо вывести цифровые значения в отдельные окна (меню «Вид» – «Панели значений» – «Каналы» – «Правая кисть» и «Левая кисть».

10. Запись будет осуществляться с частотой 500 Гц. Исследование состоит из двух или трех частей²⁴, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

11. Нажав на кнопку «Старт» проводят тестовую регистрацию, в ходе которой проверяют работоспособность термодатчиков и настраивают масштаб кривых с помощью инструмента «лупа» с масштабом 0,1 °С. Контролируют температуру пальцев кисти – она не должна быть менее 29 °С.

²⁴Третья часть– факультативная

12. Если данное условие не выполнено, исправляют ситуацию (см. п. 5). Получив соответствующие кривые, нажимают кнопку «Стоп».

13. Нажимают кнопку «Старт» и проводят второй этап исследования. На поверхность стола, за которым сидит испытуемый, в лотке выкладывают плоский кусок льда. Через 1-2 минуты от начала записи испытуемый по команде прикладывает ко льду *одну* ладонь (при этом датчик на пальце касаться льда не должен) и удерживает ладонь в таком положении в течение 2-3 минут. Помощник проставляет комментарий («Лед справа» или «слева»). Наблюдают за реакцией на обеих кистях, после стабилизации температуры помощник нажимает кнопку «Стоп», а испытуемый убирает руку со льда.

14. Согревают ладони с помощью бутылки с теплой (40°C) водой в течение 2-5 минут, после

чего приступают к 3 этапу²⁵.

15. С испытуемого снимают обувь и носки. Нажимают кнопку «Старт» и проводят третий этап исследования. Выполнив условия, описанные в см пп. 11 данной работы и записав 3-4 минуты стабильных данных, прикладывают *обе стопы* к куску льда на 1-2 мин. Помощник предоставляет комментарий («Лед – стопы»). Наблюдают за реакцией, после стабилизации температуры помощник нажимает кнопку «Стоп», а испытуемый убирает стопы со льда, заменяя их на бутылку с теплой водой.

16. Переименовывают фрагменты записи – вместо значений времени вводят: «тестовая запись» и «охлаждение одной кисти», «охлаждение стоп». Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу данных.

²⁵ Это модификация опыта Броун- Секара, предложенная Д.С.Свешниковым. Выполняется факультативно

17. При анализе, во втором и третьем записанном блоках последовательно проводят замеры температуры пальцев до и в ходе контакта конечности со льдом. Выделяют 30-40 с на участках со стабильной температурой. Выделив один такой участок, в меню «Анализ», выбирают пункт «Таблица значений», в категории Statistics выбирают функцию Mean. Отмечают галками каналы «Правая кисть» и «Левая кисть», нажимают на изображение шестеренки или клавишу F5. Вычисленные значения должны отобразиться в свободном поле. Повторяют замеры для третьего фрагмента записи. Все результаты заносят в таблицу 38.

18. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

19. Формулируют выводы.

В выводах отражают ответы на следующие вопросы:

- Что демонстрирует опыт Броун–Секара?

- Какой механизм обеспечивает изменение температуры кисти, которая не подвергается охлаждению?
- Охлаждение какой части тела обладает наиболее выраженным воздействием на кожную температуру?
- Примером какого вида регуляции (по отклонению или по опережению) является данный опыт?
- Какое значение для терморегуляции имеют выявленные в ходе опыта Броун–Секара феномены?

Таблица 38. Температура кончиков пальцев
кисти в различных условиях

Условия проведения исследования	Правая кисть (°С)	Левая кисть (°С)
Фоновые значения		
Охлаждение противоположной кисти		
Фоновые значения		
Охлаждение обеих стоп		

IX

ФИЗИОЛОГИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 32. «ЭЛЕКТРО- МИОГРАФИЯ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ»

Электромиография мышц челюстно-лицевой области – один из видов функциональных исследований состояния зубочелюстного аппарата. Он позволяет объективно оценивать состояние жевательных мышц и жевательной функции на стороне потери зубов, переломов челюсти, при установке протезов, ортодонтических вмешательствах. Данный метод помогает изучать эффективность жевательной функции при откусывании кусочков пищи, исследовать бруксизм во сне, выраженность неврологических симптомов при инфаркте мозга и др. феномены. В стоматологической практике обычно используют поверхностную ЭМГ с помощью накожных электродов. Электроды обычно устанавливают на височные и жевательные мышцы в двигательных точках указанных мышц. Жевательные

мышцы относятся к поперечнополосатой мускулатуре, для них характерны все феномены, возникающие при сокращении мышц туловища и конечностей.

Задачи исследования:

1. Зарегистрировать ЭМГ жевательных мышц.
2. Изучить влияние различной пищи на характер ЭМГ.
3. Сравнить электрическую активность жевательных мышц при жевании и изометрическом сокращении.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ДЭ (давление и электроды).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, ос-

нащенный USB-портом.

- Комплект одноразовых электродов (3 шт.).
- Электродный гель.
- Разгрузочный пояс, комплект текстильных застежек и чехол для регистратора.
- 20 г мягкого белого хлеба и 3-5 мелких сухарей.

Ход работы:

1. Включают компьютер. Подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту. К корпусу регистратора подсоединяют датчик ДЭ.
2. Регистратор помещают в чехол закрепляют на теле с помощью пояса и фиксаторов, как показано на рис. 4 вариант 2.
3. Испытуемый во время исследования сидит на стуле, расслабившись, кисти на бедрах. Такая поза уменьшает наводки от других скелетных мышц.

4. На лицо испытуемого с одной стороны наклеивают одноразовые электроды, как на рис. 65: проводят воображаемую прямую посередине скуловой кости или наружного края глазной щели, соединяя ее с серединой нижней челюсти. Это и будет передняя граница установки краев электродов. Положительный электрод устанавливают посередине брюшка жевательной мышцы, отрицательный выше него, с заходом на скуловую кость. Посередине над переносицей приклеивают заземляющий электрод. Места установки электродов следует предварительно обезжирить спиртосодержащей жидкостью. Присоединяют провода: заземляющий над переносицей, два других - на область щеки.

5. Помощник запускает программу «PowerGraph» и в окне «Выбор АЦП» выбирает драйвер «BioRecorder».



Рис. 65. Положение электродов на лице для регистрации ЭМГ с жевательных мышц

6. После запуска программы, в меню «Файл» выбирают: «Загрузить настройки» – «ЭМГ жевательных мышц», в результате чего возникнет поле для двухканальной записи. Вверху (рис. 66) отображается ЭМГ, внизу – ее интегрированная производная.

7. Запись будет осуществляться с частотой 4 кГц. Работа состоит из 4 частей, каждая начинается при нажатии на кнопку «Старт» и завершается нажатием на кнопку «Стоп».

8. Нажав на кнопку «Старт» проводят тестовую регистрацию. Испытуемого просят расслабить жевательные мышцы: показателем полного расслабления является слегка приоткрытый рот. В итоге должна возникнуть картина, как в состоянии покоя на рис. 63. Затем испытуемого просят слегка сжать челюсти: возникает всплеск ЭМГ активности. Нажимают кнопку «Стоп» и завершают регистрацию.

9. Нажимают кнопку «Старт», в течение 3-

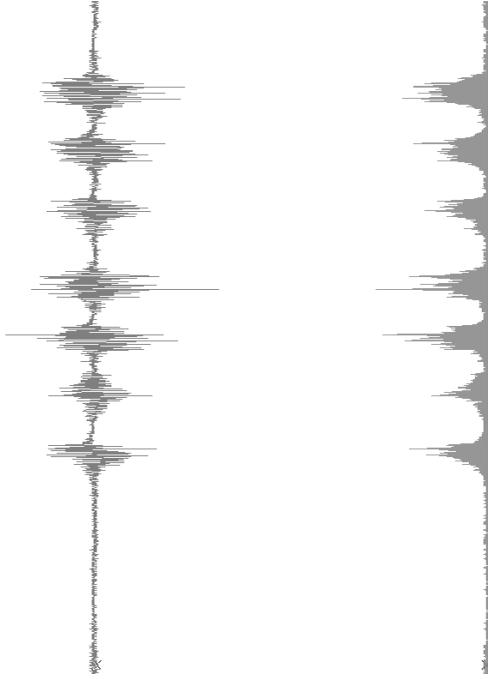


Рис. 66. ЭМГ жевательных мышц. Внизу- интегрированная ЭМГ. Стрелкой обозначено состояние ПОКОЯ.

5 с. регистрируют фоновую активность, затем испытуемого просят максимально сжать челюсти и удерживать их в таком состоянии также 3-5 с. Не прерывая запись, просят ненадолго разжать челюсти, а затем повторить сжатие с максимально возможным усилием. помощник нажимает на кнопку «Стоп». Таким образом записаны изометрические сокращения.

10. Следующий этап связан с жевательными движениями. Нажимают кнопку «Старт», в течение 3-5 с. регистрируют фоновую активность, затем испытуемому в рот вкладывают мягкий хлеб, просят прожевать, а затем проглотить. помощник нажимает на кнопку «Стоп».

11. Повторяют предыдущий пункт, в качестве пищи используют сухари.

12. Переименовывают записанные блоки: «тест», «изометрические сокращения», «хлеб», «сухари». Сохраняют файл (меню «Файл» – «Сохранить») и приступают к анализу данных.

13. Приступают к анализу полученных данных. Выделяют участок кривой второго фрагмента, соответствующий изометрическому сокращению. В меню «Анализ» выбирают пункт «Таблица значений», появится вкладка из трех столбцов. В столбце «Категория» выбирают пункт «Sum» – «Absolute sum» для канала «Интегрированная ЭМГ» и нажимают на изображение шестеренки или F5. Повторяют измерения для другого участка изометрического сокращения, последовательно перемещаются по кривой к фрагментам «хлеб» и «сухари», вычисляя значения Absolute sum, полученные результаты заносят в таблицу 39.

14. Аналогичным образом для всех фрагментов рассчитывают размах амплитуды ЭМГ на канале «ЭМГ», выбирая параметр «Max-Min» из категории «Statistics».

15. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол.

16. Формулируют выводы.

В выводах должны присутствовать ответы на следующие вопросы:

- Как при произвольном сокращении челюстей меняется амплитуда сокращений при разной силе сжатия?
- Как по характеру ЭМГ можно определить характер пережевываемой пищи?
- Какова причина различий в амплитуде сокращений при пережевывании пищи различной твердости?
- Можно ли по ЭМГ отличить изометрические сокращения жевательных мышц от жевательных движений?

Таблица № 39 Расчет показателей сокращений жевательных мышц

Амплитуда ЭМГ (мВ)	Суммарное значение амплитуды (мВ)
фрагмент «Изометрическое сокращение»	
Покой	
Сжатие №1	
Сжатие №2	
фрагмент «Хлеб»	
фрагмент «Сухари»	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 33. «ПОВЕРХНО-СТНАЯ ЭЛЕКТРОГАСТРОГРАФИЯ»

Методы исследования моторики ЖКТ условно можно разделить на две группы:

- 1) позволяющие непосредственно регистрировать сократительную активность ЖКТ;
- 2) позволяющие оценить моторику по косвенным показателям – по электрической активности желудка и кишечника. К первой группе относят манометрические методики: они регистрируют внутрипросветное давление с помощью баллонов, микродатчиков, радиокапсул, открытых катетеров. Существенным недостатком этой группы является введение инородного тела (баллона или катетера) непосредственно в просвет органа, что приводит к раздражению механорецепторов слизистой. Эти методы трудоемки и дорогостоящи, что затрудняет их применение в повседневной клинической практике.

Методы второй группы базируются на данных о тесной взаимосвязи между электрической и механической деятельностью ЖКТ, и включают в себя непосредственную регистрацию биопотенциалов гладкомышечных стенок органов с фиксированных на них электродов – *прямая электрогастроэнтерография*, так и их регистрацию с поверхности тела, брюшной стенки или конечностей – *периферическая электрогастроэнтерография*.

Периферическая электрогастрография (ПЭГГ) – метод регистрации изменений суммарного электрического потенциала желудка с поверхности тела. По аналогии, периферической электрогастроэнтерографией (ПЭГЭГ) называют метод регистрации изменений суммарного электрического потенциала желудка и кишечника с поверхности тела. Генерируемые и воспроизводимые гладкомышечными клетками органов же-

лудочно-кишечного тракта токи в виде потенциалов действия (ПД) и медленных волн (МВ) распространяются по всему телу. Электрический сигнал ПД нескольких тысяч клеток, накладываясь на МВ, увеличивает амплитуду медленных волн. Исследование природы медленных волн показало, что водителями ритма (генераторами МВ) являются интерстициальные клетки Кахаля (ИКК), расположенные в межмышечном нервном сплетении стенок пищеварительной трубки. Периодическая электрическая активность ИКК связана с изменениями проницаемости наружной мембраны для хлора и калия, она также сопровождается высвобождением кальция в цитоплазму из цистерн ретикулума. Щелевые контакты между ИКК, гладкомышечными и клетками энтеральной нервной системы обеспечивают распространение локальных токов, носителями заряда которого являются ионы Ca^{2+} . Митохондриальные транспортные системы ИКК периодиче-

ски снижают содержание ионов Ca^{2+} в цитоплазме, уменьшая токи. ИКК модулируют работу гладких мышц, поскольку связаны с энтеральными нейронами, регулируя выделение нейромедиаторов. Существование нескольких пейсмерных зон в ЖКТ обуславливает различную частоту МВ в желудке, 12-перстной, тощей, подвздошной и толстой кишке, данная активность определяет максимально возможную частоту сокращений в конкретном отделе ЖКТ (см. Таблицу 40). Регистрация электрической активности позволяет проводить частотный анализ, соотнося соответствующие частотные диапазоны с отделами желудочно-кишечного тракта, а наблюдаемые пики в энергетическом спектре – с наличием повышенной активности соответствующих органов.

Таблица 40. Диапазон частот медленных волн и возможных сокращений органов желудочно-кишечного тракта человека.

Отделы желудочно-кишечного тракта	Диапазон частот медленных волн, Гц	Число возможных сокращений в мин.
Желудок	0,03 - 0,07	1,8-4,2
Двенадцатиперстная кишка	0,19-0,21	11,4-12,6
Тощая кишка	0,17-0,18	10,2-10,8
Подвздошная кишка	0,14-0,16	8,4-9,6
Толстая кишка	0,01 - 0,03	0,6-1,8

Для анализа и ПЭГГ- и ПЭГЭГ- сигналов применяют *интегральный и динамический спектральный анализ*. Оба вида спектрального анализа используют алгоритмы быстрого преобразования Фурье по амплитудным и частотным показателям. Среди амплитудных показателей выделяют: амплитуду спектра (мВ или мкВ), мощность спектра в децибелах (дБ), энергию спектра (мВ² или мкВ²). Частотными характеристиками являются: средняя, минимальная и максимальная. Измеряется в циклах в минуту (цикл/ мин), а также в колебаниях в секунду или герцах (Гц). Абсолютные показатели амплитуды в значительной степени зависят от особенностей конституции обследуемого, от типа регистрирующей аппаратуры и расположения электродов, но в практической деятельности наиболее часто оценивают относительные показатели, не зависящие от перечисленных выше факторов. К от-

носительным показателям относят:

Отношение амплитудных показателей до и после пищевой или фармакологической нагрузки.

Степень аритмии – ошибка среднего арифметического величины временного интервала между максимумами ПЭГЭГ в различных диапазонах частот

При оценке ПЭГГ исследуют процентное содержание нормальных и аритмичных волн, т.е. % нормо-, тахи-, брадикастрий.

Коэффициент ритмичности – отношение длины, огибающей спектра к длине участка спектра исследуемого отдела. Отражает «координированность» работы основных отделов ЖКТ.

Задачи исследования:

- Зарегистрировать ПЭГГ натощак и после пищевой нагрузки
- Определить доминантную частоту и энергию спектра натощак
- Определить основную (доминантную) частоту и энергию спектра после принятия пищи

- Оценить изменения частоты после пищевой нагрузки и вычислить соотношение энергии спектра до и после принятия пищи.

Оборудование и материалы:

- Устройство беспроводной регистрации биологических сигналов «Биожезл».
- Датчик ЭМ (электроды и микрофон).
- ПО «PowerGraph 3.3».
- Компьютер с ОС Windows XP и выше, оснащенный USB-портом.
- Кушетка.
- Одноразовые электроды (3 шт.).
- Спиртовые салфетки.
- Комплект текстильных застежку и чехол для регистратора.
- Стандартный завтрак – 50 г белого хлеба и стакан сладкого чая.
- Соломинка для коктейля.
- Исследование проводят натошак: с мо-

мента последнего приема пищи должно пройти не менее 6 часов.

Ход работы:

1. Включают компьютер, подсоединяют беспроводной приемник сигналов к USB-порту, к корпусу регистратора подсоединяют датчик ЭМ.

2. Испытуемого укладывают на кушетку согласно схеме (на рис. 4, вариант 10) и просят расслабиться, это необходимо для того, чтобы электрическая активность соматической мускулатуры не искажала сигнала ЭГГ.

3. Туловище опоясывают длинной текстильной застежкой на уровне эпигастрия. Регистратор закрепляют параллельно поясу с помощью кольцевых фиксаторов на поясе на передней брюшной стенке.

4. Во время исследования исключают различные отвлекающие факторы (холод, шум,

свет, разговоры, телефонные звонки и т.д.). Испытуемый не должен разговаривать и двигаться. Под голову и ноги в области нижней части голени рекомендуется подложить небольшой валик для того, чтобы шея и стопы не затекали.

5. Перед наложением одноразовых электродов участки кожи, на которые будут помещаться электроды рекомендуется обработать спиртом для уменьшения кожного сопротивления, с той же целью на подушечки электродов следует нанести каплю электродного геля.

6. На конечности испытуемого наклеивают одноразовые электроды по схеме, *отличающейся от той, что используется для регистрации ЭКГ*: правое предплечье (соединяется с положительной клеммой); правая голень (отрицательная клемма), левая голень (электрод заземления). Провод с микрофоном скручивают в кольцо и укладывают в сторону.

7. Помощник запускает программу

«PowerGraph» « »

«BioRecorder».

8. , « »

: « » – « »,

: – , ²⁶ , –
(. 67).

9. 1 .

,

10. 15 ²⁷ , .

67, « ».

11.

. 67.

: , « »

,

.

26

27

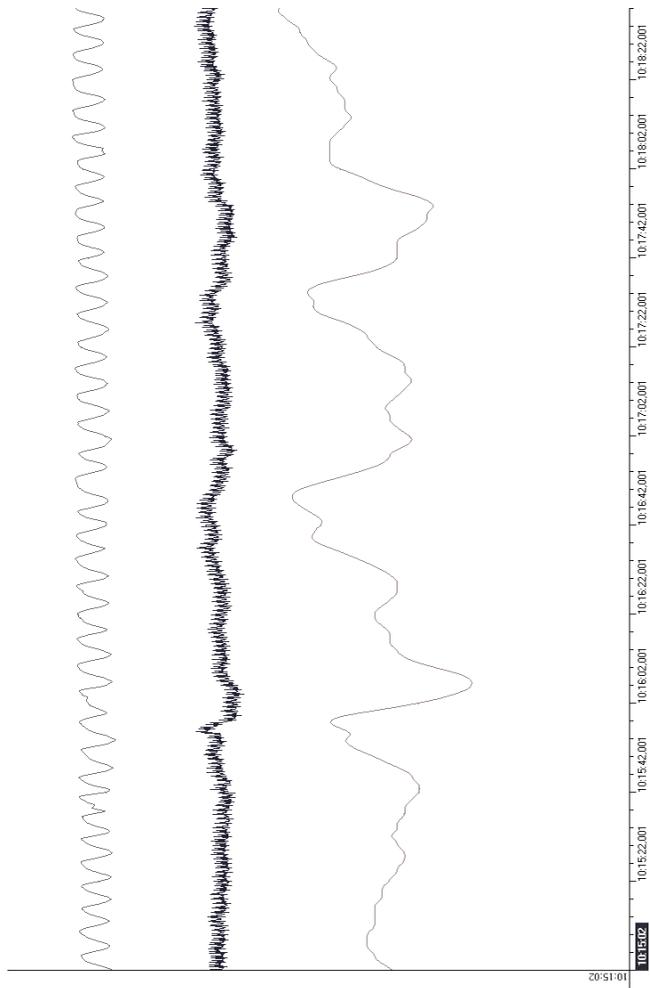


Рис. 67. Запись поверхностной электрогастрограммы. Сверху вниз: дыхание, ЭКГ, ПЭГГ. На ПЭГГ видна периодическая медленноволновая активность.

испытуемого. При наличии таких всплесков данный этап переделывают, а если получены кривые надлежащего качества – приступают к следующему этапу.

12. Испытуемому кусочками вкладывают в рот хлеб, просят прожевать и проглотить, запивая чаем через соломинку.

13. Помощник нажимает кнопку «Старт» Регистрируют гастрোগрамму еще 10-15 минут, затем завершают исследование нажатием на кнопку «Стоп».

14. В главном меню выбирают: «Сервис» – «Каналы и графики» – «Вычислить все» и «Файл» – «Сохранить». Блоки записи переименовывают, соответственно: «Натошак» и «После приема пищи».

15. Приступают к анализу данных. Выделяют участок кривой, соответствующий записи натошак.

16. В меню «Анализ» выбирают пункт

«Спектроанализатор». Настраивают анализатор спектра следующим образом: в окне «Тип спектра» выбирают «Power», в «размере БПФ» выбирают значение «16 384», в окне «Весовая функция» – «BlackmanHarris», «Усреднение»–«0% перекрытие». В окне «Каналы» выбирают «ПЭГГ». Отобразится график спектральной мощности. Внизу графика отобразится максимальное значение на графике спектральной мощности (Max) и значение частоты, соответствующее этому максимуму²⁸ (Fmax, Hz). Записывают полученные значения. Закрывают окно спектроанализатора.

17. Аналогичным образом поступают с фрагментом, записанном после еды.

18. Сравнивают частоты желудка до и после принятия пищи. В норме, *частота изменяться не должна*, а отношение энергии спектра до и после принятия пищи должно подчиняться следующей зависимости:

²⁸ Значение, близкое к 0,05 Гц соответствует норме для желудка-трем сокращениям в минуту.

$A^2_{\text{пищ}} / A^2_{\text{натошак}} > 1$, где A – энергия спектра.

19. Сохраняют кривые, распечатывают их и вклеивают в протокол

20. Формулируют выводы. В выводах должны найти отражение ответы на следующие вопросы:

- Что отражает ПЭГГ?
- Можно ли по ПЭГГ судить о моторной функции желудка?
- Влияют ли электрическая активность сердца и дыхание на ПЭГГ?

Библиография

1. Агаджанян Н. А., Власова И. Г., Ермакова Н. В., Торшин В. И., и др.; *Основы физиологии человека : учебник. 2 т. - Изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. В. И. Торшина. - Москва : РУДН, 2017 — 523 С.*

2. Агаджанян Н. А., Власова И. Г., Ермакова Н. В., Торшин В. И., и др.; *Основы физиологии человека : учебник. 1 т. - Изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. В. И. Торшина. - Москва : РУДН, 2017 — 453 С.*

3. Агаджанян Н. А., Щельцын Л.К., Торшин В. И., и др.; *Практикум по нормальной физиологии / Под ред. В.И. Торшина, -М.: РУДН, 2004 — С. 264-265.*

4. Алипов Н.Н. *Основы медицинской физиологии: учебное пособие. — М., Практика 2013. — 496 с.*

5. Барбараш Н. А., Берг М. Д., Григорьев Н. Р.. *Физиология : учебник для студентов стоматологических факультетов медицинских вузов /*

[и др.]. – 3-е издание, исправленное и дополненное. – Москва : МИА, 2020. – 552 с.

6. Барбараи Н. А., Евстафьева Е. В., Зилов В. Г. [и др.] Физиология с основами анатомии : Учебник для студентов фармацевтических факультетов медицинских вузов /. – Москва :МИА, 2021. – 376 с.

7. Бойко Е. И. Время реакции в исследованиях практически прикладного характера // Пограничные проблемы психологии и физиологии. М.: Изд. АПН РСФСР, 1961, С. 192 —209.

8. Гедон Е.; Учебник физиологии, пер. с франц. проф. В.В. Завьялова: - Изд. 3-е., - СПб-Киев: 1911 — 535 С.

9. Гиппенрейтер Ю. Б. Движения человеческого глаза / Ю. Б. Гиппенрейтер. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. — 256 с.

10. Губарь А.В. и др. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии под ред. Э.А. Асратяна; М., Изд. Медгиз, 1963. — 305 С.

11. Дегтярев В. П., Кушнарева Г. В., Фенькина Р.П. и др. *Руководство к практическим занятиям по физиологии: Уч., пособие под ред. Г. И. Косицкого, В. А. Полянцева. М.: Медицина, 1988.— 307 С.*

12. Измайлов Д.Ю. *Справка ПО PowerGraph 3.3.x для Windows.*

13. Кучук А.В., Мясников И.Л., Ермакова Н.В., Свешников Д.С., Торшин В.И., Торшин В.И. (ред.) *Электромиография. /Методическое пособие / М. : РУДН, 2014. - 11 с.*

14. Лапкин М.М., Котов А.В. , Торшин В.И. *Нормальная физиология: учебник: в 2 т. / под ред. М.М.Лапкина, А.В. Котова, В.И. Торшина. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — Т. 1. — 560 с.*

15. Лапкин М.М., Котов А.В. , Торшин В.И. *Нормальная физиология: учебник: в 2 т. / под ред. М.М.Лапкина, А.В. Котова, В.И. Торшина. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — Т. 2. — 544 с.: ил. 978-5-9704-7876-9*

16. Мясников И.Л., Свешников Д.С и др. Исследование времени рефлексов спинного мозга. — М.: РУДН, 2013.- 13 с.: ил.

17. Ноздрачев А.Д., Маслюков П.М. Нормальная физиология: учебник — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 1088 с.: ил.

18. Нормальная физиология с курсом физиологии челюстнолицевой области : учебник / В. П. Дегтярев, С. М. Будылина, С. С. Перцов [и др.] . — 2-е издание, исправленное и дополненное. — Москва : Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа", 2023. — 736 с.

19. Оглоблин С. И., Молчанов А. Ю. Инструментальная «детекция лжи»: академический курс. — Ярославль: Нюанс, 2004. — 464 с.

20. Русинов В. С. и др. Клиническая электроэнцефалография под ред. В. С. Русинова; М., изд. РАМН СССР, 1973. — 340 С.

21. Самуэльс (ред.) Неврология, пер. с англ. - М.: «Практика», 1997. г. — 640с

22. Свешников Д.С., Торшин В.И. и др. Электрокулография — М.: Изд-во РУДН, 2014. — 11 с.

23. Свешников Д.С., Мясников И.Л., Кучук А.В. и др. Пневмография. Методическое руководство-М.: РУДН, 2013.- 9 с.: ил.

24. Ступин В. А., Смирнова Г.О., Баглаенко М.В., Силуянов С.В., Закиров Д.Б. Периферическая электрогастроэнтерография в диагностике нарушений моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта // Лечащий врач. 2005. - No 2, с. 60- 62.

25. Торшин В. И., Ермакова Н. В., Бакаева З. В. [и др.] Сборник контрольных заданий по физиологии для тестирования и самостоятельной работы студентов /. – 3-е изд.,испр.. – Москва : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 533 с.

26. Торшин В.И. Практикум по нормальной физиологии / Под ред. Торшина В.И., 612 с -М.: РУДН, 2004.

27. Трoпская Н.С., Денискин Ю.И. Методы исследования моторной функции пищеварительного тракта (учебное пособие) М.: Изд-во МАИ, 2016. - 96 с.: ил.

28. Холодный Ю. И. Анализ физиологических реакций, регистрируемых в процессе опроса с использованием полиграфа: практическое пособие. — М., 1999. — С.6. — 52 с.

29. Hall J. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology 14th Edition. Elsevier Inc. 2021, 1028p

30. Jacunski M, Rafferty GF. The effects of hypoxia and fatigue on skeletal muscle electromechanical delay. *Exp Physiol.* 2020;105(5):842-851. doi: 10.1113/EP088180.

31. Palma E.D, Tepedino M., Chimenti C. et al. Longitudinal effects of rapid maxillary expansion on masticatory muscles activity *J Clin Exp Dent.* 2017; 9(5): p 635-p640.

Оглавление

Предисловие ко 2 изданию	3-4
Введение	5-12
Раздел I. Знакомство с системой «Биожезл»	13-64
Начало работы с системой «Биожезл».	14-46
Лабораторная работа №1. «Основные приемы работы с ПО PowerGraph».	47-64
Раздел II. Нервно-мышечная физиология	65-104
Лабораторная работа № 2. «Одиночное мышечное сокращение, суммация сокращений скелетной мышцы».	66-85
Лабораторная работа № 3. «Динамометрия и электромиография».	86-97
Лабораторная работа № 4. «Измерение времени электромеханической задержки при произвольных изометрических сокращениях сгибателей предплечья.	98-105
Раздел III. Физиология центральной нервной системы	105-142
Лабораторная работа №5. «Исследование времени коленного рефлекса».	106-122

Лабораторная работа № 6. «Исследование времени экстерорецептивного рефлекса у человека».	123-134
Лабораторная работа №7. «Зависимость времени рефлекса от величины рецептивного поля».	135-142
Раздел IV. Физиология сенсорных систем	143-221
Лабораторная работа № 8 «Изучение времени сенсомоторных реакций».	144-159
Лабораторная работа №9. «Запись движений глаз с помощью метода электроокулографии».	160-172
Лабораторная работа №10. «Слуховые вызванные потенциалы».	173-192
Лабораторная работа № 11. «Зрительные вызванные потенциалы».	193-207
Лабораторная работа №12. «Определение вестибулярной устойчивости».	208-221
Раздел V. Физиология высшей нервной деятельности	222-273
Лабораторная работа №13. «Выработка мигательного условного рефлекса на звук, угасательное торможение и	223-237

растормаживание условного рефлекса».

Лабораторная работа №14. «Регистрация электрической активности головного мозга». 238-255

Лабораторная работа №15. «Инструментальная детекция лжи». 256-273

раздел VI. Физиология дыхания 274-323

Лабораторная работа №16. «Регистрация пневмограммы в различных условиях». 275-286

Лабораторная работа № 17. «Функциональные пробы с задержкой дыхания». 287-297

Лабораторная работа № 18. «Пульсоксиметрия и пневмография в покое и при возвратном дыхании». 298-323

Раздел VII. Физиология сердечно-сосудистой системы 324-438

Лабораторная работа №19. «Сейсмокардиография и ЭКГ». 325-336

Лабораторная работа №20. «Электрокардиография, основные параметры ЭКГ». 337-355

Лабораторная работа №21. «ЭКГ и фонокардиография». 356-367

Лабораторная работа №22. «Сопряженные рефлексy сердечно-сосудистой системы».	368-380
Лабораторная работа №23. «Артериальная сфигмография».	381-394
Лабораторная работа №24. «Измерение скорости распространения пульсовой волны».	395-402
Лабораторная работа №25. «Измерение уровня систолического артериального давления по методу Рива-Роччи».	403-413
Лабораторная работа №26. «Измерение артериального давления по методу Н.С.Короткова».	414-426
Лабораторная работа №27. «Измерение артериального давления осциллометрическим методом по Марю в модификации Л.Г. Серкина».	427-438
Раздел VIII. Физиология метаболизма и терморегуляции	439-485
Лабораторная работа № 28. «Определение основного обмена по формуле Рида и номограмме».	440-452
Лабораторная работа №29 «Термометрия».	453-462

Лабораторная работа №30. «Влияние мышечной работы на кожный кровоток».	463-472
Лабораторная работа №31 «опыт Броун–Секара».	473-485
Раздел IX. Физиология пищеварения	486-512
Лабораторная работа №32. «Электромиография жевательных мышц».	487-497
Лабораторная работа №33. «Поверхностная электрогастрография».	498-512
Библиография	513-518
Оглавление	519-523

Учебное издание

**Бакаева Зарина Важиковна
Измайлов Дмитрий Юрьевич
Манкаева Ольга Васильевна
Продиус Петр Анатольевич
Свешников Дмитрий Сергеевич
Торшин Владимир Иванович
Шумов Дмитрий Ефимович
Якунина Елена Борисовна**

ФИЗИОЛОГИЯ НА СЕБЕ

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор *Н.А. Ясько*

Подписано в печать 05.02.2025 г. Формат 60×84/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 30,46. Тираж 500 экз. Заказ 2117.

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3.
Тел.: +7 (495) 955-08-61. E-mail: publishing@rudn.ru

Об авторах:

Бакаева Зарина Важиковна - кмн, доцент кафедры нормальной физиологии МИ РУДН, Москва

Измайлов Дмитрий Юрьевич - кбн, ст. преп. кафедры фармакологии ФФМ МГУ, Москва

Манкаева Ольга Васильевна - кмн, доцент кафедры нормальной физиологии МИ РУДН, Москва

Продиус Петр Анатольевич - кбн, доцент кафедры нормальной физиологии ПИМУ, Нижний Новгород

Свешников Дмитрий Сергеевич - дмн, проф. кафедры нормальной физиологии МИ РУДН, Москва

Торшин Владимир Иванович - дбн, зав.кафедрой нормальной физиологии МИ РУДН, Москва

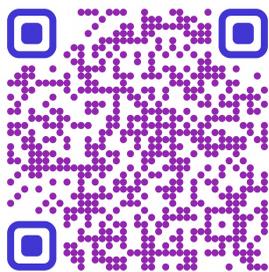
Шумов Дмитрий Ефимович - кбн, ст. преп. кафедры нормальной физиологии МИ РУДН, научный сотр. лаборатории нейробиологии сна и бодрствования ИВД и НФ РАН, Москва

Якунина Елена Борисовна - кмн, доцент кафедры нормальной физиологии МИ РУДН, Москва

Рецензенты:

Кострова Галина Николаевна, дмн, зав. кафедрой нормальной физиологии СГМУ, Архангельск

Гаврилова Светлана Анатольевна, дбн, доц. кафедры физиологии и патологии ФФМ МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва



Издание подготовлено
при поддержке
компании ДИСофт