

Алексеева М. И.
Адонин Л. С.

МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ, АППАРАТЫ, СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

Санкт-Петербург
2025

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)

СПб ГУТ)))

М. И. Алексеева, Л. С. Адонин

МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ, АППАРАТЫ, СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

Санкт-Петербург
Научные технологии
2025

УДК 621.382.23(075.8)

ББК 32.852я73

А47

Рецензент

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры информационных управляющих систем (ИУС)

Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций

им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Т. В. Матюхина

А47 Алексеева М. И., Адонин Л. С. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / М. И. Алексеева, Л. С. Адонин. – СПб.: Научное издание технологии, 2025. – 58 с.

ISBN 978-5-907946-59-0

Приведены сведения о современных методах и приборах медицинской диагностики с использованием компьютерных технологий. В ходе лабораторных работ студенты осваивают принципы работы с различным диагностическим оборудованием, включая анализатор мочи LAURA SMART, программное обеспечение MIOCARD12 для анализа электрокардиограмм, методику регистрации и интерпретации электроэнцефалограмм, основы компьютерной томографии, работу с глюкометром SD CHECK GOLD, а также методы пульсоксиметрии и фотометрии.

Широта применения рассматриваемых методов делает данное учебно-методическое пособие ценным и универсальным ресурсом и для обучающихся по другим медицинским направлениям.

Предназначено для подготовки бакалавров по направлению 12.03.04 «Биотехнические приборы и технологии» и магистров по направлению 12.04.04.

*Утверждено редакционно-издательским советом СПбГУТ
в качестве учебно-методического пособия*

УДК 621.382.23(075.8)

ББК 32.852я73

© Алексеева М. И., Адонин Л. С., 2025

© Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2025

ISBN 978-5-907946-59-0

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие указания по выполнению лабораторных работ	4
Лабораторная работа 1. Анализатор мочи LAURA SMART	5
Лабораторная работа 2. Анализ электрической активности сердца по серии ЭКГ в программе MIOCARD12	12
Лабораторная работа 3. Электроэнцефалограмма головного мозга	27
Лабораторная работа 4. Изучение методов компьютерной томографии	34
Лабораторная работа 5. Глюкометр SD CHECK GOLD	40
Лабораторная работа 6. Исследование пульсоксиметрии	47
Практическая работа. Фотометрия	51
Список используемой литературы	57

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторный практикум предназначен для формирования практических навыков в проведении некоторых анализов, изучения принципов работы лабораторных приборов медицинского назначения.

В лабораторной работе 1 рассматривается методика изучения принципа работы анализатора мочи LAURA SMART, технические характеристики прибора и исследуемые параметры образца. В ходе работы студенты получают практические навыки проведения анализа мочи.

Лабораторная работа 2 посвящена анализу электрической активности сердца с использованием программы MIOCARD12. Студенты знакомятся с программой, изучают влияние артефактов при регистрации ЭКГ, определяют положение электрической оси сердца и чувствительность электрокардиографа.

В лабораторной работе 3 студенты изучают метод электроэнцефалографии (ЭЭГ) и принцип работы ЭЭГ-систем. В ходе работы они получают навыки регистрации сигналов с электродов и анализа функционального состояния головного мозга.

Лабораторная работа 4 посвящена изучению методов компьютерной томографии (КТ). Студенты знакомятся с учебной программой просмотра изображений КТ формата Dicom и изучают основные принципы работы КТ.

В лабораторной работе 5 рассматривается принцип работы и технические характеристики глюкометра SD CHECK GOLD. Студенты проводят измерения уровня глюкозы в крови в разные временные промежутки и анализируют полученные результаты.

Лабораторная работа 6 посвящена исследованию пульсоксиметрии. Студенты изучают принцип работы пульсоксиметра Armed YX301 и исследуют уровень сатурации крови.

Все лабораторные работы должны быть оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ, а отчеты представлены в электронном виде.

Отчет по лабораторной работе должен включать следующие обязательные разделы:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- содержание;
- методические указания по выполнению работы;
- ход выполнения работы с представлением необходимых расчетов, рисунков, таблиц и чертежей;
- список используемых источников;
- выводы по результатам работы.

Лабораторная работа 1

АНАЛИЗАТОР МОЧИ LAURA SMART

Цель работы: изучить принцип работы анализатора мочи, технические характеристики прибора, исследуемые прибором параметры образца и получить практические навыки проведения анализа мочи.

Общие положения

Требуется освоить работу мочевого анализатора LAURA SMART и провести анализ биологического материала на приборе.

Методические указания по выполнению работы

Портативный экспресс-анализатор LAURA Smart – современный диагностический прибор, предназначенный для выполнения клинического анализа мочи. Внешний вид прибора представлен на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Внешний вид прибора LAURA Smart

В основе действия прибора лежит рефлексионная фотометрия. Измерения производятся с использованием светодиодов и цветного детектора. Выдаваемые результаты являются полуколичественными. Метод основан на измерении интенсивности света, отраженного от поверхности объекта. Когда свет попадает на поверхность, он может отражаться, поглощаться или проходить через объект. Рефлексионная фотометрия сосредотачивается

на отраженном свете. Мочевой анализатор LAURA Smart работает по принципу сухой химии, или рефлексоотражательной фотометрии. При этом методе через 0,5–2 мин после начала реакции измеряется величина оптического сигнала, излучаемого хромогенным агентом реакционной зоны при падении на нее света. Оптический сигнал возникает вследствие взаимодействия биоматериала и реагента.

Выделяют два типа анализаторов, работающих по принципу рефлексоотражательной фотометрии. В первом оценивается изменение цвета тестовых зон, методом, соответствующим цветовому восприятию человеческого глаза. Во втором – измеряется коэффициент отражения тестовых зон на определенных длинах волн. Работа большинства современных устройств основана на первом способе.

Для анализов с применением метода сухой химии используются бумажные либо пластиковые тест-полоски с нанесенными на них реагентами. В современных тест-полосках помимо основного слоя с реагентами, есть дополнительные слои. Они защищают реактивный слой от излишка биоматериала, попадания посторонних веществ, вследствие чего повышается точность анализа, минимизируется вероятность ложноотрицательных результатов при исследовании на гематурию и глюкозурию.

Устройства, работающие по принципу рефлексоотражательной фотометрии, в большинстве своем осуществляют полуколичественную оценку исследуемого образца. Часто этого достаточно – для скрининга, экспресс-анализа. Для более полных результатов необходима дополнительная микроскопия осадка. Однако в современных экспресс-анализаторах результаты максимально приближены к количественным. Основное достоинство этого метода – скорость и простота выполнения анализа.

Нижеприведенная схема (рис. 1.2) показывает рабочие функции анализатора LAURA® Smart. Полоску смачивают в исследуемом образце мочи, затем помещают на устройство подачи. Детектор распознает тип полоски и начинает отсчет времени инкубации, продвижение полоски в прибор. Зона подсвечивается LED светодиодами. Рефлексионный луч направлен в зону детектора с помощью оптических приборов и зеркала. Детектор преобразует количество света в числовое выражение. Данная величина переносится в микропроцессор, который просчитает результат. Полученный результат высветится на экране или распечатается на встроенном термопринтере. Детектор распознает тип полоски и начинает отсчет времени инкубации, продвижение полоски в прибор. После того, как полоска измерена и анализатор выдвинет держатель полосок, полоску необходимо удалить вручную.

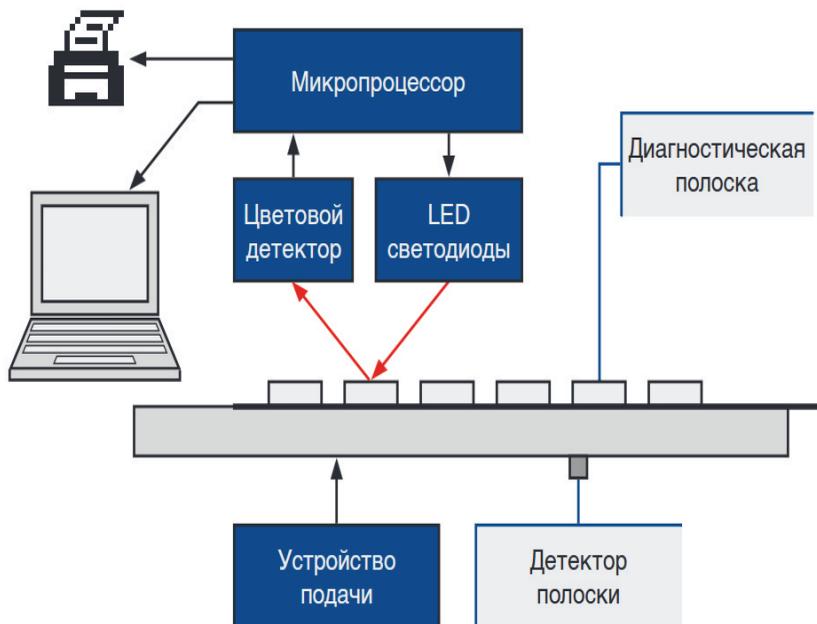


Рис. 1.2. Принцип измерения

Прибор может проводить 2 вида инкубации: на борту анализатора с производительностью 60 полосок в час, за бортом анализатора с производительностью 240 полосок в час. Измерения можно проводить каждые 15 с. Когда прибор не используется, он переходит в режим ожидания и экономного потребления энергии. Источником энергии являются батарейки или сетевой адаптер, подключенный к сети переменного тока.

Анализатор мочи Laura Smart позволяет определить следующие параметры: белок, глюкоза, лейкоциты, нитриты, билирубин, уробилиноген, кетоновые тела, pH, кровь, удельный вес. Анализ производится с использованием тест-полосок, комбинация исследуемых параметров изменяется в зависимости от тест-полосок (рис. 1.3).

	Лейкоциты	Нитриты	pH	Белок	Глюкоза	Уробилиноген	Билирубин	Кетоны	Кровь	Удельный вес	Компенсационная зона	Микроальбумин	Креатинин
ДиаФАН® Лаура					●			●			●		
ПентаФАН® Лаура			●	●	●			●	●		●		
ГептаФАН® Лаура			●	●	●	●	●	●	●		●		
ДекаФАН® Лаура	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
МикроальбуФАН® Лаура											●	●	●

Рис. 1.3. Комбинации параметров
в зависимости от типа используемых тест-полосок

Полоски сравниваются со шкалой: как правило, все данные можно прочесть сразу с банки. Подавляющее большинство реагентных зон в полосках разных производителей сделаны одинаково, так что ориентироваться можно и по общей таблице (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Шкала исследуемых параметров

Процесс проведения анализа мочи с тест-полосками.

1. Подготовка: соберите свежий образец мочи в чистый контейнер. Для анализа лучше всего подходит утренняя порция мочи, так как она более концентрирована. Для правильного проведения исследования при первом утреннем мочеиспускании небольшое количество мочи (первые 1-2 с) выпустить в унитаз, а затем, не прерывая мочеиспускания, подставить контейнер для сбора мочи, в который собрать приблизительно 50 мл мочи.

2. Введите цвет и прозрачность образца.

3. Достаньте тест-полоску из упаковки, стараясь не прикасаться к реактивным участкам. Опустите тест-полоску в образец мочи на указанное время (обычно 1-2 секунды). Убедитесь, что полоска полностью погружена в мочу.

4. Удалите избыток мочи с полоски. (Промокните тест-полоску, мягко прижимая край полоски к бумажной салфетке), далее действуйте в соответствии с инструкцией для полосок PHAN® LAURA.

5. Поместите полоску в канал тестовой подставки прибора.

6. Интерпретация результатов: важно подождать некоторое время (обычно 30–60 секунд) перед тем, как считывать результаты. Сравните цветовые изменения на полоске с цветовой шкалой, указанной на упаковке тест-полосок. Каждый цвет соответствует определенному уровню или значению тестируемого компонента.

7. После того, как полоска измерена и анализатор выдвинет держатель полосок, полоску необходимо удалить вручную.

Анализатор LAURA® Smart имеет детектор положения диагностической полоски, встроенный в конце устройства подачи полосок, под тестовой подставкой. Если полоску положили правильно, детектор распознает ее и начнет отсчет времени инкубации.

Результаты будут высвечены на жидкокристаллическом экране (рис. 1.5). Положительные результаты отмечены звездочкой (*) и выделены желтым цветом. При нажатии на иконки ПЕЧАТЬ или ПОСЛАТЬ результаты в любое время можно переслать или распечатать.

РЕЗУЛЬТАТ:		DekaPHAN LAURA	
№ п/п: 0023	КРВ	ОТР	
ИН:	* ЛЕЙ	75	Лей/мкл
03.10.2007	18:08	БИЛ	ОТР
Цвет: ЖЕЛТЫЙ	УРБ	НОРМ	
Прозрачность: ПРОЗР	КЕТ	ОТР	
КОММЕНТАРИИ:	* ГЛЮ	50	мг/дл
	БЕЛ	ОТР	
	рН	6.5	
	НИТ	ОТР	
	УВ	1.025	
ОТМЕНИТЬ	ПОСЛАТЬ	ПЕЧАТЬ	

Рис. 1.5. Пример результатов работы прибора

Содержание отчета

1. Технические характеристики прибора LAURA SMART.
2. Принцип работы прибора.
3. Какие параметры исследуются на мочевом анализаторе, что показывают данные параметры.
4. Результаты измерения.
5. Описания микроскопии осадка мочи.
6. Обзор рынка мочевых станций (3 прибора).
7. Вывод по результатам работы.
8. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. Какой принцип работы у прибора LAURA SMART?
2. Как правильно собирать образцы мочи для анализа?
3. Что показывают значения лейкоцитов, нитритов, pH?
4. Что показывают значения белка, глюкозы, уробилиногена?
5. Что показывают значения билирубина, кетонов, крови?
6. Какие основные этапы работы с LAURA SMART необходимо выполнить во время анализа?

Лабораторная работа 2

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА ПО СЕРИИ ЭКГ В ПРОГРАММЕ MIOCARD12

Цель работы: Ознакомление с программой MIOCARD12, изучение влияния простейших артефактов при регистрации ЭКГ, определение положения электрической оси сердца и чувствительности электрокардиографа.

Общие положения

Требуется изучить комплекс аппаратно-программного анализа электрокардиограмм «МИОКАРД-12» и провести расчеты чувствительности электрокардиографа, разности потенциалов и длительности временных интервалов.

Методические указания по выполнению работы

Автоматическая тонометрия миокарда (АТМВ) образует так называемую проводящую систему. Она представляет собой совокупность узлов и пучков атипичной мышечной ткани, функцией которой является генерация пейсмейкерных импульсов (ПД), служащих стимулами для топографической мышечной волокнистости (ТМВ), т. е. задание определенного ритма сердечных сокращений. Строение проводящей системы обеспечивает строго согласованное и последовательное возбуждение и сокращение различных отделов сердца (рис. 2.1).



Процесс распространения возбуждения по миокарду имеет сложную пространственную и временную зависимость.

Синусовый узел → по миокарду предсердий → атриоventрикулярный узел → по ножкам пучка Гиса → волокна Пуркинье → сократительный миокард желудочков

Рис. 2.1. Распространение возбуждения по миокарду

В норме водителем ритма является синоатриальный узел, расположенный в стенке правого предсердия в месте впадения в него верхней полой вены. Частота разрядов СА в покое составляет около 70 1/мин. От этого узла возбуждение вначале распространяется по рабочему миокарду предсердий (со скоростью порядка 1 м/с).

Единственный путь, по которому возбуждение может пройти к желудочкам, образует атриовентрикулярный узел (АВ), лежащий в предсердно-желудочковой перегородке (остальная часть атриовентрикулярного соединения образована невозбудимой соединительной тканью). В АВ узле скорость проведения значительно падает (в 20–50 раз; 0,02–0,05 м/с) за счет снижения диаметра волокон АВ-узла и поперечного их расположения. Передача возбуждения - через боковые щелевые контакты. Это приводит к тому, что возбуждение «задерживается» в АВ-узле (АВ-задержка необходима для полного перехода крови из предсердий в желудочки во время сокращения предсердий).

Далее возбуждение распространяется по пучку Гиса, ножкам пучка Гиса и волокнам Пуркинье к верхушке сердца со все возрастающей (до 4-5 м/с) скоростью (увеличение диаметра АТМВ), а затем переходит на рабочие волокна миокарда, по которым распространяется в обратном направлении – от верхушки сердца к основанию. За волной возбуждения следует сокращение ТМВ миокарда.

Следует отметить, что при нарушении функции водителя ритма первого порядка (СА-узла) его роль могут выполнять другие отделы проводящей системы (им также присущ автоматизм), но направление распространения возбуждения по сердцу при этом будет нарушено (да и собственная частота генерации ПД у этих отделов проводящей системы ниже – 40–60 – у АВ-узла, у других отделов – еще меньше). Это приводит к тяжелым нарушениям насосной функции сердца (пример – полная поперечная блокада).

Сложный характер распространения возбуждения по сердцу отображается в электрокардиограмме (ЭКГ), по форме которой можно судить о возбудимости и проводимости различных отделов сердца (но не о сократимости волокон миокарда).

По предсердиям возбуждение распространяется в направлении сверху вниз. На ЭКГ регистрируется зубец Р, отображающий деполяризацию предсердий. Во время возбуждения всех отделов предсердий разность потенциалов временно исчезает, так как ПД всех предсердных клеток находятся в фазе плато (рис. 2.2). В это время возбуждение распространяется по проводящей системе желудочков, но общее количество возбужденных клеток при этом невелико и существенной разности потенциалов не возникает (сегмент PQ). Длительность этого сегмента несет информацию о величине атриовентрикулярной задержки. При переходе на рабочий миокард

желудочков в сердце снова появляются значительные градиенты напряжения. Возбуждение желудочков начинается с деполяризации левой поверхности межжелудочковой перегородки (ИЭВС – интегральный электрический вектор сердца – направлен к основанию сердца (начало комплекса QRS). Затем вектор быстро меняет направление на противоположное (к верхушке) = распространение возбуждения через стенку желудочков от эндокарда к эпикарду (регистрируется самый крупный зубец R); в последнюю очередь возбуждается участок правого желудочка в области основания легочного ствола (ИЭВС направлен вправо и вверх). Когда желудочки полностью охвачены возбуждением, разность потенциалов временно исчезает (сегмент ST). Затем следует фаза реполяризации желудочков (зубец T), в ходе этой фазы ИЭВС ориентирован влево (это связано с тем, что разные отделы миокарда желудочков реполяризуются с разной скоростью).

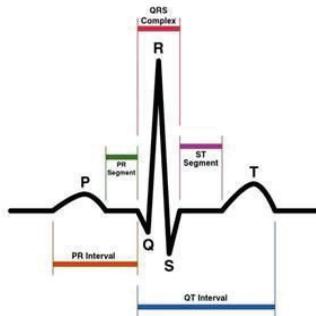


Рис. 2.2. Комплекс PQRST

На сайте myocard.ru находится вкладка «Демонстрационные программы», далее необходимо выбрать «Анализ стандартных ЭКГ-2018».

В демонстрационной базе представлены 233 ЭКГ, охватывающие почти весь список заключений, которые может выдавать программа «МИОКАРД-12». Программу можно использовать как обучающую, так как 1-я часть базы (ЭКГ с 1 по 159) проверена тремя профессорами, докторами медицинских наук по электрокардиографии под общим руководством Л. М. Макарова с комментариями профессоров, выделенных курсивом. Основным путеводителем является механизм поиска по базе по заданному нарушению.

В настройках системы находится функционал программы (рис. 2.3), который легко можно отрегулировать для удобства пользования (позиции, которые запрашиваются; сортировка по врачам и участкам, диагнозам и т. д.).

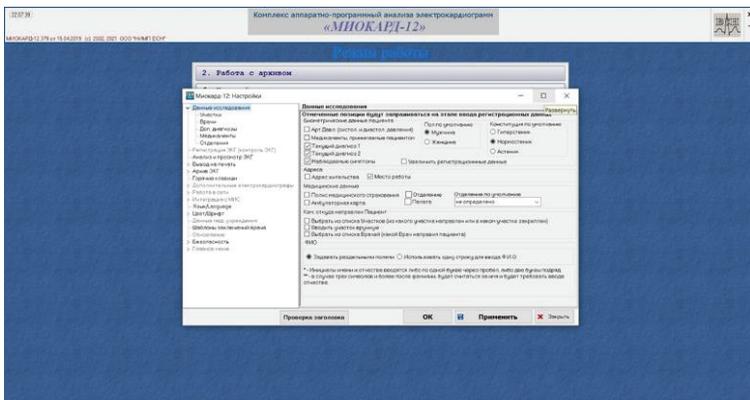


Рис. 2.3. Настройки программы «Миокард-12»

Инструменты на панели программы представлены на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Инструменты

Ниже представлены функции, которые упрощают анализ данных ЭКГ: показ длительности интервала RR или ЧСС, показ неотфильтрованной/отфильтрованной ЭКГ, увеличение и уменьшение масштабы и развертки, замер длительности, замер амплитуды, связывание линейки, функция 10 с по ширине.

В архиве ЭКГ необходимо выбрать индивидуальный номер пациента (например, № 7 или № 103) для дальнейшего изучения. Далее выполняются следующие действия, представленные на рис. 2.5–2.8: показ отфильтрованной/неотфильтрованной ЭКГ, замеры длительности и амплитуды.



Рис. 2.5. Показ отфильтрованной/неотфильтрованной ЭКГ



Рис. 2.6. Замер длительности



Рис. 2.7. Замер амплитуды

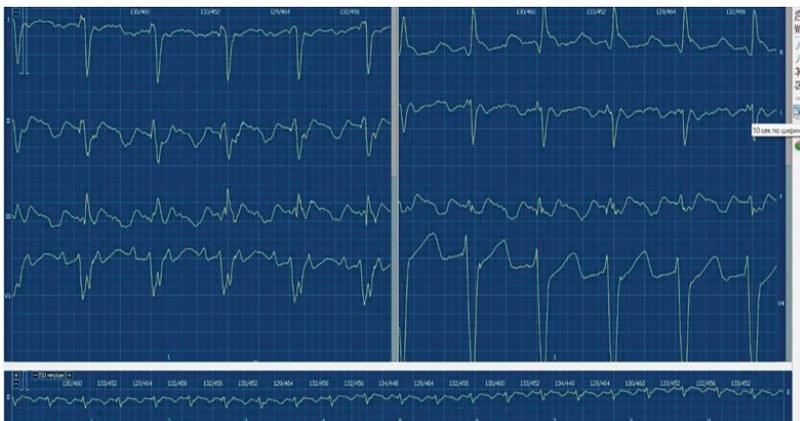


Рис. 2.8. 10 с по ширине

Программа выводит спектральный анализ альтернации QQRST с интегральными показателями и заключением, где можно рассмотреть портрет сердца для наглядного изучения поражений (рис. 2.9).

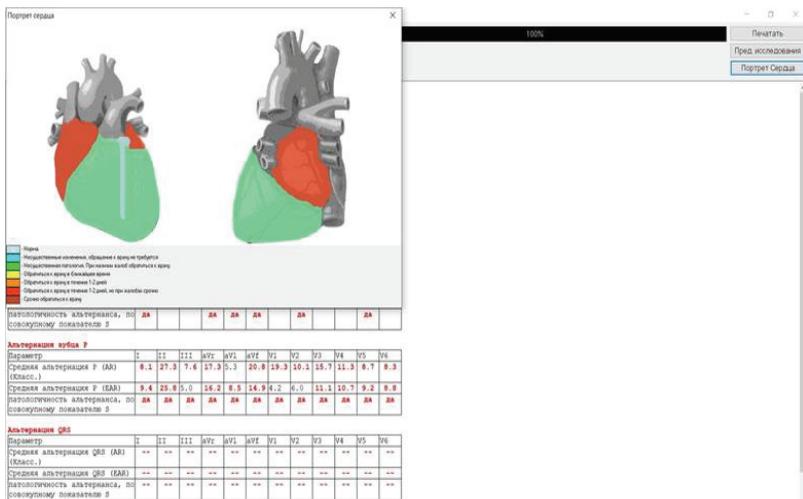


Рис. 2.9. Портрет сердца

Задание

1. Определите чувствительность электрокардиографа $S = \text{высота импульса} / 1 \text{ мВ}$ и занесите значение в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Задания 1, 3

Условное обозначение зубца	h			S мм/мВ	U		
	мм				мВ		
	I	II	III		I	II	III
P							
R							
S							
T							
Q							

2. Занесите скорость v движения ленты в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Задания 2, 4

Отведение __

Условное обозначение интервалов	V мм/с	L мм	t с
R-R			
P-Q			
Q-R-S			
S-T			
Q-T			

3. Измерьте для каждого отведения высоты h зубцов ЭКГ. По измеренной высоте зубцов и чувствительности S электрокардиографа вычислите разность потенциалов $U = h/S$, соответствующую каждому зубцу. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. 2.1.

4. Измерьте для одного из отведений длины L между зубцами ЭКГ. По измеренным значениям вычислите длительности t временных интервалов ЭКГ по формуле $t = \frac{L}{v}$. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. 2.2.

Определите по ЭКГ частоту пульса пациента. Для этого рассчитайте: сколько раз за нормативное время (т. е. 1 минуту) сердце успевает совершить циклов работы

$$\text{ЧСС} = \frac{60 \text{ сек}}{t_{R-R}}, \text{ где } R R t - \text{длительность одного периода работы сердца.}$$

5. Определите положение электрической оси сердца. Для этого по результатам измерений комплексов QRS в первом и третьем стандартных отведения определите положение средней электрической оси сердца. Для этого в тетрадах проведите геометрические построения в равностороннем

треугольнике Эйнтховена (рис. 2.10). Углы при основании этого перевернутого треугольника соответствуют правой (точка А) и левой (точка В) рукам, угол при вершине (внизу) – левой ноге.

На стороне АВ от средней точки (O_1) откладывают вправо отрезок O_1X_1 , равный алгебраической сумме амплитуд зубцов Q, R, S, измеренных в первом отведении $O_1X_1 = R_1 - (Q_1 + S_1)$. Из точки X_1 восстанавливают перпендикуляр к АВ.

На стороне ВС от средней точки O_{III} откладывают вниз отрезок $O_{III}X_{III}$, равный алгебраической сумме амплитуд тех же зубцов, измеренных в третьем отведении ЭКГ $O_{III}X_{III} = R_{III} - (Q_{III} + S_{III})$. Из точки X_{III} восстанавливают перпендикуляр к ВС до пересечения с перпендикуляром к АВ.

Точка их пересечения (Е) – конечная точка электрической оси сердца. Начальной точкой ее является центр треугольника О. Отрезок между точками О и Е – искомая средняя электрическая ось сердца. Далее определите угол между этой осью и горизонтальной линией, параллельной АВ и проходящей через центр треугольника.

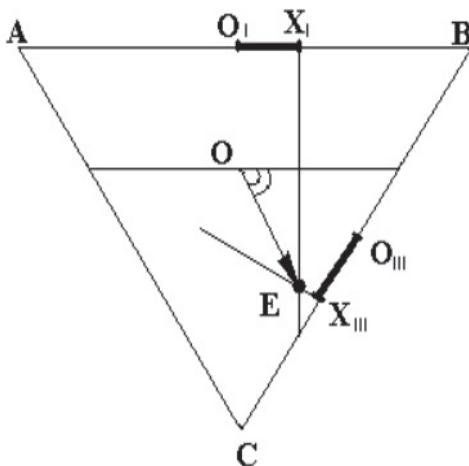


Рис. 2.10. Геометрические построения в равностороннем треугольнике Эйнтховена

Принято считать нормальным положением средней электрической оси сердца в диапазоне от 30 до 69.

Результаты определения направления средней электрической оси занести в отчет.

6. Заполнить табл. 2.3 сравнения технических характеристик Миокард-Холтер (ООО «НИМП ЕЧ») и Cardioday (General Electric)

Таблица 2.3

Сравнение технических характеристик Миокард-Холтер и Cardioday

№ пп	Параметр в соответствии с требованиями медико-технического задания	Требование медико-технического задания	Технические характеристики Миокард-Холтер	Технические характеристики Cardioday
1.	Состав системы:			
1.1	Кардиорегистратор для мониторингования	2 шт.	2 шт.	
1.2	Кабель отведений ЭКГ 3-канальный.	2 шт.	2 шт.	
1.3	Кабель отведений ЭКГ 12-канальный.	2 шт.	2 шт.	
1.4	Интерфейсный блок	1	1	
1.5	CD-диск с программным обеспечением	1	1	
1.6	Одноразовые электроды	200 шт.	200 шт.	
1.7	Элементы питания	4	4	
1.8	Зарядное устройство	1	1	
1.9	Сумка для кардиорегистратора	2	2	
1.10	Руководство пользователя на русском языке	1	1	
1.11.	Формуляр	1	1	
2.	Технические требования к носимому регистратору ЭКГ			
2.1	Число каналов, в зависимости от типа подключенного к кардиорегистратору кабеля отведений	3, 12	3, 12	
2.2	Число электродов в зависимости от кабеля отведений	7,10	7,10	
2.3	Обмен данными кардиорегистратора с ПК через USB-порт по кабелю	Наличие	Наличие	
2.4	Количество каналов ЭКГ, на которых происходит выделение импульсов искусственного водителя ритма	Не менее 3	3	

№ пп	Параметр в соответствии с требованиями медико-технического задания	Требование медико-технического задания	Технические характеристики Миокард-Холтер	Технические характеристики Cardioday
2.5	Частота записи сигнала ЭКГ при выделении импульсов искусственного водителя ритма	не менее 2000 Гц	2000 Гц	
2.6	Датчик движения и положения	Наличие	Наличие	
2.7	Габаритные размеры	Не более 52 × 69 × 20 мм	52 × 69 × 20 мм	
2.8	Диапазон входных напряжений кардосигнала	от 0.05 до 10 мВ	0.05–10 мВ	
2.9	Масса (без элемента питания)	Не более 50 г.	50 г.	
2.10	Питание – от одного аккумулятора или батареи размера AA	Наличие	Наличие	
3.	Требования к технологии анализа и редактирования			
3.1	Совмещение с монитором АД на программном уровне	Наличие	Наличие	
3.2	Полностью автоматическое распознавание кардиокомплексов, исключающее необходимость редактирования шаблонов, кластеров или семейств комплексов QRST.	Наличие	Наличие	
3.3.	Показатели автоматического распознавания на тестовой базе РОХ-МИНЭ в соответствии с ГОСТ Р 50267.47-2004			
3.3.1	QRS sens (чувствительность обнаружения QRS)	Не менее 99,98 %	99,98 %	

№ пп	Параметр в соответствии с требованиями медико-технического задания	Требование медико-технического задания	Технические характеристики Миокард-Холтер	Технические характеристики Cardioday
3.3.2	QRS rrp (специфичность обнаружения QRS)	Не менее 99,99 %	99,99 %	
3.3.3	VEB sen (чувствительность обнаружения желудочковых комплексов)	Не менее 99,5 %	99,5 %	
3.3.4	VEB rrp (специфичность обнаружения желудочковых комплексов)	Не менее 99,5 %	99,5 %	
3.3.5	VEB fpr (гипердиагностика желудочковых комплексов)	Не более 0,03 %	0,03 %	
3.4	Демонстрация тестирования, на этапе приёмки оборудования	Наличие	Наличие	
3.5	Возможность возврата и ревозврата проведенного редактирования по шагам редактирования (кнопки Undo и Rendo)	Наличие	Наличие	
3.6	Выбор формы построения протокола: - по разделам (Ритм, ЧСС, Паузы, PQ, Наджелудочковая экстрасистолия, желудочковая экстрасистолия, ST, QT и т. д.) – по формам представления (графики, таблицы, текст)	Наличие по каждому пункту	Наличие по каждому пункту	
3.7	Предварительный просмотр печати всего протокола	Наличие	Наличие	
3.8	Печать графиков в цвете, при наличии цветного принтера с возможностью выбора режима печатать в цветном или черно-белом виде	Наличие	Наличие	

№ пп	Параметр в соответствии с требованиями медико-технического задания	Требование медико-технического задания	Технические характеристики Миокард-Холтер	Технические характеристики Cardioday
3.9	Стандартное Электрокардиографическое заключение по любому 10-секундному фрагменту ЭКГ	Наличие	Наличие	
3.10	Анализ интервала PQ с построением тренда PQ	Наличие	Наличие	
3.11	Экспорт всего протокола в формат rtf	Наличие	Наличие	
3.12	Интерфейс программного обеспечения на Русском языке	Наличие	Наличие	
4.	Требования к автоматическому анализу ритма и проводимости			
4.1	Автоматическое обнаружение следующих эпизодов ритма: - синусовый ритм, - фибрилляция предсердий, - миграция водителя, - предсердный, - идиовентрикулярный, - наджелудочковая пароксизмальная тахикардия, - желудочковый, - желудочковая пароксизмальная тахикардия, - трепетание желудочков	Наличие	Наличие	
4.2	Автоматическое обнаружение следующих эпизодов преходящих нарушения проводимости: - блокада левой ножки, - блокада правой ножки, - синдром WPW	Наличие	Наличие	

№ пп	Параметр в соответствии с требованиями медико-технического задания	Требование медико- технического задания	Технические характеристики Миокард-Холтер	Технические характеристики Cardioday
4.3	Автоматическое обнаружение следующих нарушений: - наджелудочковые экстрасистолы с аберрантным проведением, - парасистолы, - единичные комплексы с преходящим нарушением проводимости	Наличие	Наличие	
4.4	Расчет лестничных нагрузочных проб	Наличие	Наличие	
4.5	Анализ депрессии и elevации сегмента ST в каждом регистрируемом отведении с выделением: - число эпизодов ишемического смещения, - продолжительность эпизодов, - общая продолжительность, - максимальные смещения сегмента ST - ЧСС эпизодов, - время наступления	Наличие	Наличие	
4.6	Правило 1 × 1 × 1 в анализе динамики ST	Наличие	Наличие	
4.7	Анализ отрицательного зубца T, формирование трендов ×отрицательного T	Наличие	Наличие	
5.	Требования к оценке работы кардиостимулятора			
5.1	Автоматическое определение амплитуд и длительностей 3-х фаз стимула	Наличие	Наличие	

№ пп	Параметр в соответствии с требованиями медико-технического задания	Требование медико-технического задания	Технические характеристики Миокард-Холтер	Технические характеристики Cardioday
5.2	Вывод стимулов в окне ЭКГ с учетом амплитуд и фаз стимулов	Наличие	Наличие	
5.3	Выявление следующих эпизодов ритма: спонтанный, навязанный А, V, D	Наличие	Наличие	
5.4	Анализ нарушений ритма на фоне навязанного ритма	Наличие	Наличие	
6.	Требуемая документация			
6.1	Регистрационное удостоверение МЗ РФ	Наличие	Наличие	
6.2	Декларация соответствия	Наличие	Наличие	
6.3	Наличие поверки средств измерения органами Госстандарта России	Наличие	Наличие	
7.	Дополнительные требования	Наличие	Наличие	
7.1	Гарантия	не менее 12 месяцев	12 месяцев	
7.2	Гарантийное и послегарантийное обслуживание на территории РФ	Наличие	Наличие	
7.3	Установка и ввод в эксплуатацию, обучение мед.персонала на рабочем месте	Наличие	Наличие	
7.4	Срок службы	Не менее 5 лет	5 лет	

Содержание отчета

1. Функционал программы Miocard12.
2. Работа с архивом.
3. Определение чувствительности S электрокардиографа
4. Таблица 1.
5. Таблица 2.

6. Определение направления средней электрической оси.
7. Таблица сравнения технических характеристик Миокард Холтер и Cardioday.
8. Вывод по результатам работы.
9. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. Как распространяется возбуждение по миокарду?
2. Что показывает комплекс QRS?
3. Почему зубцы P QRS T имеют значение?
4. Каков нормальный диапазон интервала PR?
5. Что означает продолжительность QRS?
6. Что такое интервал QT?
7. Как правильно снимать ЭКГ?
8. В каких случаях возникают помехи и артефакты на ЭКГ?

Лабораторная работа 3 **ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММА ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Цель работы: изучить метод исследования функционального состояния головного мозга (ЭЭГ), принцип работы ЭЭГ-систем, ознакомиться с программой, которая регистрирует снимаемые сигналы с электродов и получить навыки проведения процедуры электроэнцефалографии.

Общие положения

Требуется освоить работу программы «НейроСкоп» 6.3 и изучить метод ЭЭГ, его монтажные схемы, необходимое для проведения оборудование.

Методические указания по выполнению работы

Электроэнцефалография – это метод исследования электрической активности мозга путем размещения электродов в определенных зонах на поверхности головы. Головной мозг состоит из огромного количества нейронов (рис. 3.1) – специализированных нервных клеток, обладающих отростками, которые формируют единую нейронную сеть. Когда нейрон возбуждается, усики на кончиках его аксонов вбрасывают молекулы на синапсы – соединения, которые наш нейрон создал с другими нейронами. Коммуникация между этими клетками осуществляется посредством электрических импульсов, возникающих в теле нейрона и передающихся по его отросткам. Эти импульсы позволяют мозгу выполнять свои основные функции, такие как речь, слух, зрение, мышление и движение.

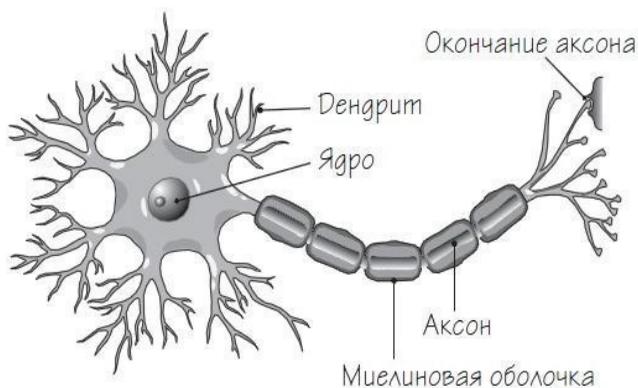


Рис. 3.1. Строение нейрона

Повреждения нервных клеток, сбой в их обмене веществ и снижение кровообращения в мозге могут привести к ослаблению или полному прекращению электрической активности. Метод электроэнцефалографии (ЭЭГ) позволяет оценить качество формирования нервных импульсов в головном мозге и выявить участки, где этот процесс нарушен. Основная идея методики заключается в регистрации импульсов с помощью специальных электродов и обработке полученных данных с помощью компьютерного программного обеспечения. ЭЭГ позволяет диагностировать опухоли головного мозга на раннем этапе развития, выявлять внутричерепные воспалительные заболевания, определять травмы и проблемы с сосудами. Электроэнцефалография обнаруживает также эпилепсию и другие серьезные недуги.

Во время проведения ЭЭГ на голову пациента надевается шапочка, на которой закреплены электроды. Врач сначала изучает электрическую активность мозга в состоянии покоя, затем просит пациента моргнуть, чтобы учесть возможные погрешности, и проводит дополнительные тесты – предлагает глубоко подышать (гипервентиляция) и отслеживает реакцию на вспышки света (фотостимуляция).

Существует несколько видов ЭЭГ. Например, ЭЭГ во сне применяется для диагностики определенных форм эпилепсии, где изменения активности становятся более выраженными или даже обнаруживаются только во время сна. ЭЭГ-мониторинг используется в случаях, когда трудно определить тип приступа. Это сложный метод, который включает в себя видеозапись приступа с одновременной регистрацией электрической активности мозга. Картирование мозга представляет собой разновидность ЭЭГ, при которой компьютерный анализ электрической активности клеток головного мозга сопровождается графическим представлением полученных данных. Метод ЭЭГ с биообратной связью основывается на регистрации активности мозга и ее визуализации с помощью световых и звуковых сигналов. Пациент видит свои показатели ЭЭГ и пытается влиять на их ритм, что выглядит как тренировка по управлению согласованными стимуляциями. Это требует значительного терпения и ежедневной практики в течение нескольких месяцев.

Стандартная система ЭЭГ состоит из нескольких компонентов:

- Входной блок. Этот элемент включает электроды, которые прикрепляются к коже головы пациента, а также переключатель отведений, который принимает электрические импульсы.
- Усилитель. Поскольку электрические сигналы мозга слишком слабы для их анализа, специальный модуль многократно усиливает их.
- Система фильтрации и калибровки. На точность входящих данных могут влиять различные факторы, включая даже незначительные внешние

шумы. Искажения могут возникать от звуков от ламп, движений головы и даже моргания испытуемого. Ранее для проведения энцефалографии требовалось полное экранирование помещения, но современные приборы оснащены системами фильтрации и калибровки, которые значительно улучшают качество получаемых данных.

- Регистратор. В этот компонент поступает усиленный и очищенный сигнал. Затем он выводится на печать или отображается на мониторе.

На первом этапе расшифровки ЭЭГ необходимо провести полный просмотр записи от начала до конца, чтобы получить общее представление о ней (учитываются условия регистрации, наличие артефактов, реакция на нагрузки, а также пароксизмальная и локальная патологическая активность).

Обработка электроэнцефалограммы для визуального и математического анализа, а также для составления заключения включает следующие шаги:

- редактирование записи, которое предполагает удаление артефактов;
- выделение участков, представляющих интерес для математического анализа;
- математический анализ записей с отображением результатов в числовом и графическом форматах на экране;
- специальные преобразования (например, фильтрацию) и другие вспомогательные операции, необходимые для идентификации определенных паттернов ЭЭГ;
- документирование исследования, которое включает печать числовых и графических результатов.

Ритмы ЭЭГ (рис. 3.2) – это диагностируемые электрические колебания головного мозга. Различные степени бодрствования сопровождаются изменениями частотного спектра сигналов ЭЭГ. В зависимости от амплитуды, формы волн, топографии, частотного диапазона и типа реакции различают ритмы электроэнцефалографии.

Альфа-ритм – регулярный, синусоидальной формы, с частотой 8–13 Гц (колебаний в 1 с) и амплитудой 20–80 мкВ (микровольт). Альфа-ритм регистрируется при отведении биопотенциалов от всех зон коры большого мозга, но более постоянно – от затылочной и теменной областей. Альфа-ритм регистрируется у человека в условиях физического и умственного покоя, обязательно при закрытых глазах и отсутствии внешних раздражений.

Бета-ритм имеет частоту колебаний 14–35 Гц. Амплитуда 10–30 мкВ. Может быть зарегистрирован в любых областях мозга, но более выражен в лобных долях. При открывании глаз, умственной работе и других раздражителях альфа-ритм быстро сменяется бета-ритмом. Это явление смены

редкого ритма на более частый получило название реакции активации (или десинхронизации).

Гамма-волна представляет собой сигнал в частотном диапазоне выше 30 Гц. Данный ритм возникает при сильной концентрации внимания, во время учебы или медитации. Недавние исследования показали, возникновение гамма-ритмов необходимо для интеграции различных стимулов.

Дельта-ритмы ЭЭГ имеют низкую частоту от 0,1 до < 4 Гц. Дельта-волны являются типичными функциональными волнами фаз глубокого сна без сновидений. У младенцев дельта-ритм также присутствует после пробуждения.

Тета-волна – медленный ритм в частотном диапазоне от 4 до < 8 Гц. Они чаще встречаются во время сонливости и в состоянии дрема. Ритмы ЭЭГ и их характеристика зависят от возраста пациента. В состоянии бодрствования они присутствуют у малышей, однако наличие у взрослых может указывать на дисфункцию или поражение головного мозга.

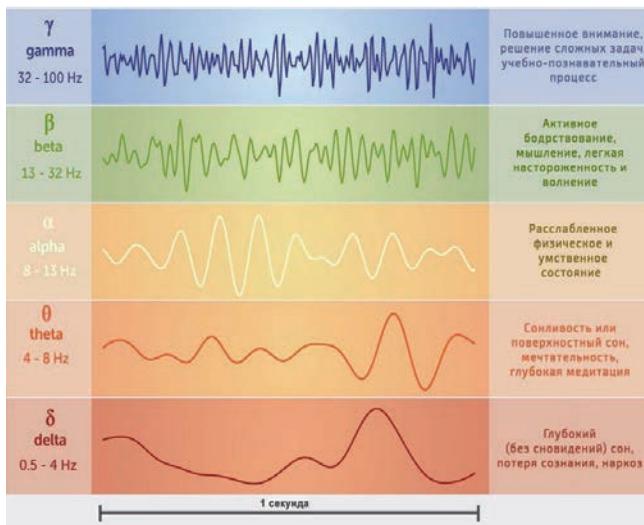


Рис. 3.2. Ритмы головного мозга

Работа программы «НейроСкоп».

В программе можно создать, выбрать карточку пациента, подключить прибор и записать ЭЭГ, можно менять чувствительность, диапазон записываемых волн (рис. 3.3).

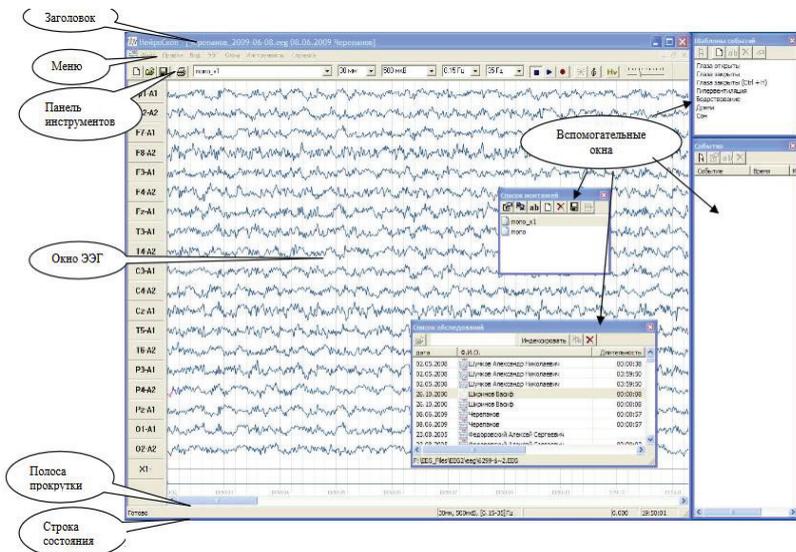


Рис. 3.3. Внешний вид программы

В левом столбце показаны точки отведения, к которым прикреплены электроды. Точки отведения обозначают большими латинскими буквами, соответствующими начальным буквам названия зон. Нечетными номерами помечают точки левого полушария (рис. 3.4).

Затылочные отведения	occipitalis	O1	O2
Теменные отведения	parietalis	P3	P4
Центральные отведения	centralis	Cз	C4
Лобные отведения	frontalis	F3	F4
Лобные полюсные отведения	polus	Fp1	Fp2
Нижнелобные отведения		F7	F8
Височные отведения	temporalis	T3	T4
Задневисочные отведения		T5	T6

Рис. 3.4. Обозначения отведений

Электроды, располагающиеся, на средней линии, обозначаются с индексом z: Fz, Cz, Pz и называются сагиттальными S- sagitalis. Ушные электроды обозначаются буквой A- auriculus A1, A2.

При проведении пробы пациента просят открыть и закрыть глаза, а также выполнить эту процедуру, наложив ватные диски на веки пациента.

При этом возникают изменения ЭЭГ, позволяющие выявить степень контактности обследуемого, уровень его сознания (рис. 3.5). Проба с открытием глаз позволяет оценить реактивность регистрируемых ритмов. Продолжительность пробы составляет 15–20 с.

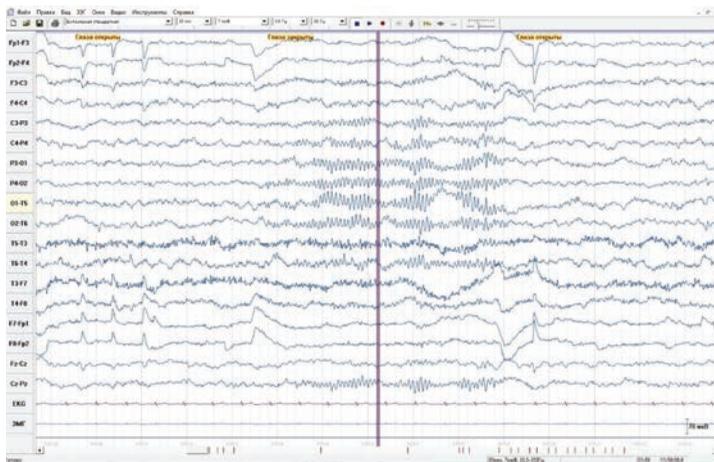


Рис. 3.5. Данные ЭЭГ при открытых и закрытых глазах

При открывании глаз обычно наблюдается реакция активации, то есть происходит подавление основного затылочного ритма. На остальные ритмы открытие глаз не оказывает столь существенного влияния. При исследовании реактивности α -ритма обращают внимание на симметричность изменений.

У некоторых пациентов закрытие глаз может провоцировать появление непродолжительной эпилептиформной активности. При этом, часто вначале активность носит характер высокочастотных колебаний, которые постепенно замедляются и трансформируются в нормальный α -ритм.

Артефакты ЭЭГ, которые появляются при пробах с закрытием и открытием глаз, отражают движения глазных яблок и регистрируются в основном в лобных отделах. Глазодвигательные потенциалы регистрируются благодаря тому, что с электрической точки зрения глазное яблоко представляет из себя диполь – позитивность роговицы по сравнению с негативным зарядом сетчатки. При закрытии глаз глазное яблоко рефлекторно отводится вверх (феномен Белла), что создает позитивный потенциал во фронтальных отведениях (Fp1 и Fp2). Соответственно, при отведении глаз в стороны, наибольшие колебания будут отмечаться под передневисочными электродами (F7 и F8).

Задание

Определите и внесите в отчет: 1) кому присущ высокоамплитудный альфа-ритм; 2) кому присущи высокоамплитудные дельта- и тета-ритмы и низкий альфа-ритм; 3) кому присущ альфа-ритм на уровне с дельта- и тета-ритмами (стрессоустойчивость, творческие способности).

Содержание отчета

1. Метод электроэнцефалографии, виды электродов по форме и способу крепления.
2. Монтаж схемы «double banana».
3. Описание программы «НейроСкоп», примеры данных, снятых с открытыми и закрытыми глазами.
4. Гипервентиляция в ЭЭГ.
5. Артефакты ЭЭГ.
6. Фильтрация.
7. Фотостимуляция.
8. Решение задач, поставленных в методических указаниях.
9. Вывод по результатам работы.
10. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит метод ЭЭГ?
2. Что представляет собой монтаж схемы «double banana»?
3. Что такое гипервентиляция в ЭЭГ?
4. Какие существуют артефакты в ЭЭГ?
5. Для чего используется фильтрация в ЭЭГ?
6. Что такое фотостимуляция в ЭЭГ?

Лабораторная работа 4 **ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Цель работы: изучить методы компьютерной томографии, познакомиться с учебной программой просмотра изображений КТ формата Dicom.

Общие положения

Требуется освоить учебную программу просмотра изображений КТ MedDream.

Методические указания по выполнению работы

Томография – послойная рентгенография. При томографии, благодаря движению во время съемки с определенной скоростью рентгеновской трубки на пленке получается резким изображение только тех структур, которые расположены на определенной, заранее заданной глубине. Тени органов и образований, расположенных на меньшей или большей глубине, получаются «смазанными» и не накладываются на основное изображение. Томография облегчает выявление опухолей, воспалительных инфильтратов и других патологических образований.

Компьютерная томография (КТ) – один из современных методов диагностики различных заболеваний, при котором отсутствует контакт с поверхностью кожи пациента. В основе метода лежит действие рентгеновских лучей. Аппарат вращается вокруг человека и делает несколько снимков, которые затем обрабатываются на компьютере и расшифровываются врачом.

Излучение рентгеновского источника может быть хорошо сфокусировано до диаметров пучка порядка одного миллиметра, так что возникают достаточно веские основания говорить о просвечивающих лучах. Каждый такой луч, прошедший через тело, характеризуется своей интенсивностью, ослабленной по отношению к исходной (рис. 4.1). Далее перемещаем луч по определенному закону в выбранной плоскости. Движение луча в простейшем случае может быть параллельно самому себе через малый шаг. Так получаем набор луч-сумм, определяющий одномерную проекцию (профиль ослабления прошедших через объект рентгеновских лучей). После получения одного профиля ослабления (проекции), излучатель и приёмник поворачиваем на заданный угол относительно объекта (вокруг объекта) и начинаем новое сканирование с получением очередного профиля (проекции) ослабления.



Рис. 4.1. Схема измерений в КТ

Для получения томограммы пациента из сырых данных, компьютер производит комплекс сложных математических вычислений. Изображение может быть построено, например, на основе измерений коэффициентов затухания. Компьютер собирает все данные элементарных объемов материала через детектор, а затем представляет в виде изображений, где, например, цвет изменяется от черного к белому в зависимости от коэффициента затухания. Получаемое изображение – цифровое, а также состоит из пикселей, каждый из которых представляет воксел ткани пациента.

Типичная КТ-картина состоит из 512 рядов, каждый по 512 пикселей, таким образом, получаем 262 144 пикселя (один на каждый воксел). Во время обработки изображения, значение коэффициента затухания для каждого вокселя, отвечающего этому пикселю, как раз и подсчитывается. Каждая точка изображения окружена звездой в форме ореола, которая ухудшает контраст и размывает границы объекта. Для удаления этого эффекта используется метод обратной проекции с фильтром.

Так же, Хаунсфилд ввел специальную шкалу четырех основных плотностей:

- воздух – 1000 HU
- жир –60 до –120 HU
- вода 0 HU
- плотная кость +1000 HU

Схема рентгеновской трубки Кулиджа представлена на рис. 4.2.

Катод – вольфрамовая нить, нагреваемая током, источник е. Электроны ускоряются разностью потенциалов и фокусируются на анод, сделанный из тугоплавкого материала с высоким атомным номером (вольфрам). Выход R-излучения растет с атомным номером. 99 % энергии электронов рассеивается в тепло, 1 % освобождается в форме квантов.

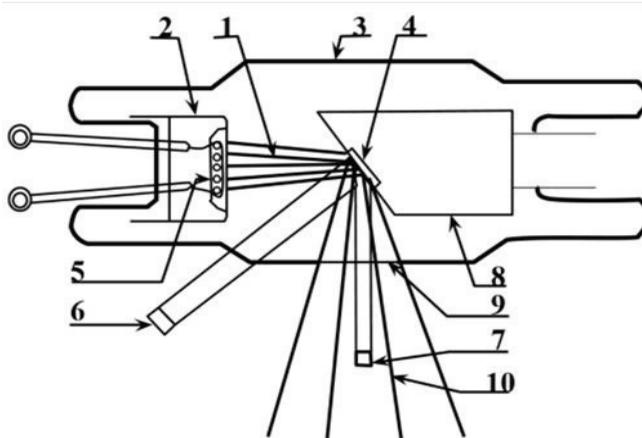


Рис. 4.2. Схема рентгеновской трубки Кулиджа:
 1 – электронный пучок; 2 – катод с фокусирующим электродом;
 3 – стеклянный корпус; 4 – вольфрамовая мишень (антикатод);
 5 – нить накала катода; 6 – реально облучаемая площадь;
 7 – эффективное фокальное пятно; 8 – медный анод; 9 – окно;
 10 – рассеянное рентгеновское излучение

Постановка задачи томографии

Обычно для восстановления 3D-объекта, плотность которого описывается трехмерной функцией $f(x,y,z)$, используют одномерные проекции ее с двухмерных сечений $f(x,y)$ при фиксированном “z”.



Рис. 4.3. Послойное восстановление 3D объекта

В случае такого послойного восстановления, решаются двухмерные задачи, система обозначений и математические выкладки которых значительно упрощаются. А для восстановления изображения во всем объеме, трехмерный объект может быть аппроксимирован набором двухмерных сечений (рис. 4.3) при условии, что они расположены достаточно густо, и, следовательно, трехмерная задача восстановления может быть сведена к последовательности двухмерных задач.

1. Метод обратного проецирования (Back projection)

Простейший вариант этого метода оценивает плотность в любой точке сечения посредством сложения лучевых сумм $p\theta(v)$ для всех лучей, проходящих через искомую точку.

2. Метод обратного проецирования с фильтрацией (Filtered Back Projection).

Более точный результат по сравнению с методом обратного проецирования, дает обратное проецирование с фильтрацией сверткой. Обратное проецирование с фильтрацией аналогично методу обратной проекции за исключением того, что профили ослабления (проекции) до обратного проецирования модифицируются или фильтруются. Это позволяет вывести эффект затемнения (образования артефактов), присущий методу обратной проекции. В идеальном случае восстановленное изображение совершенно точное, поскольку модификация профилей точно компенсирует ложный сигнал, создающий нерезкое изображение при обратном проецировании.

3. Итерационные методы восстановления

Этот метод был независимо разработан Гордоном и др., который назвал его методом алгебраического восстановления (ART – Algebraic Reconstruction Techniques). Процедура восстановления следующая. В каждой итерации вычисляется сначала одна лучевая сумма при исходном значении плотности в ячейках. По ней и с учетом измеренной в эксперименте лучевой суммы (проекции) определяется поправка, которая вводится во все точки, входящие в состав данного луча. Затем операция повторяется для второго луча, третьего и т. д. При этом поправки, введенные от предыдущей лучевой суммы, учитываются в каждом новом расчёте. Эти операции продолжаются до тех пор, пока не будут обработаны все проекции, после чего итерация завершена. Если критерий получения решения не удовлетворён, то происходит переход к следующей итерации.

4. Итерационный метод наименьших квадратов (ILST).

В простейшем случае алгоритм этого метода (ILST – Iterative Least-Squares Technique) следующий. Все проекции вычисляются в начале итерации при исходном значении плотности ячеек. По расчетным проекциям определяются поправки для каждой ячейки. А затем коррекции вводятся одновременно во все ячейки. На этом итерация завершается. Таким образом в этом алгоритме не производится уточнение значения плотности в ячейке в течении итерации. Изменяется плотность один раз за проход по всем проекциям. Этот метод впервые применен Р. Брей-свеллом. Он же показал, что в таком варианте алгоритм приводит к перекоррекции, в результате чего итерации колеблются вокруг правильного решения.

Описание программы.

У приложения есть панель с инструментами (рис. 4.4), при помощи которых можно изучать снимки КТ.



Рис. 4.4. Панель инструментов

Можно выбрать несколько различных проекций (рис. 4.5) и отобразить их, как показано на рис. 4.6.

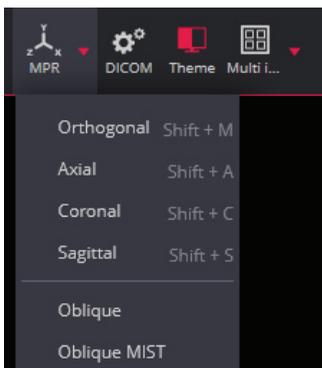


Рис. 4.5. Выбор проекций

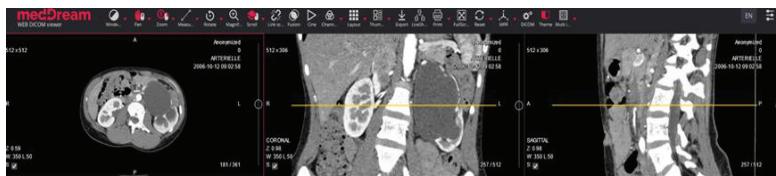


Рис. 4.6. Пример проекций на КТ

Задание

Ознакомьтесь с функционалом программы просмотра в различных проекциях. На изображении КТ найти, измерить и вставить в отчет изображения:

- печень (отметить и измерить);
- почки (отметить и измерить);
- позвоночный столб (отметить на изображении);
- тазобедренные кости (отметить);
- селезенка (отметить и измерить);

- кишечник (отметить);
- желудок (отметить).

Построить визуализацию снимков в 4 проекциях включая костную структуру. На полученном изображении выбрать любой орган и измерить его.

Содержание отчета

1. Теоретическая часть.
2. Функционал программы.
3. Изображения КТ с измерениями.
4. Визуализация снимков КТ в 4 проекциях с измерениями.
5. Вывод по результатам работы.
6. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. Какие основные преимущества использования томографии при диагностике заболеваний?
2. Опишите схему измерений в КТ
3. Что такое воксел и как он связан с пикселем в контексте КТ-изображений?
4. Какова роль математических вычислений в процессе обработки данных КТ? Почему это важно?
5. Опишите строение рентгеновской трубки Кулиджа
6. Объясните, что такое метод обратного проецирования и как он используется в КТ?
7. Как можно визуализировать снимки в различных проекциях и что это дает врачу при анализе КТ?

Лабораторная работа 5 ГЛЮКОМЕТР SD CHECK GOLD

Цель работы: изучить принцип работы и технические характеристики глюкометра SD CHECK GOLD, провести измерения уровня глюкозы в крови в разные временные промежутки.

Общие положения

Требуется освоить работу глюкометра и провести анализ биологического материала на приборе.

Методические указания по выполнению работы

SD CHECK GOLD – современный, компактный и удобный в работе глюкометр для измерения глюкозы в капиллярной крови (рис. 5.1). Предназначен для индивидуального применения, а также для использования в клинично-диагностических лабораториях и кабинетах врачей эндокринологов и доврачебного приема для оперативного мониторинга уровня глюкозы.



Рис. 5.1. Глюкометр SD Check Gold

Особенности:

- тест-полоска SD CHECK GOLD Test strip сама забирает необходимый для анализа объем крови (маленькая капля, всего 0.9 мкл);
- время измерения – всего 5 секунд;
- объем памяти – 400 результатов с регистрацией времени и даты;
- выполнение до 5000 тестов без замены батарейки;
- расчет средних значений за 7, 14 и 30 дней;
- звуковой сигнал при получении результата;
- большой жидкокристаллический экран с крупными цифрами;

- автоматическая проверка срока годности тест-полосок;
- автовыключение прибора для экономии заряда батарейки;
- удобный автоматический ланцет и скарификаторы в комплекте с прибором;
- набор фирменных 2-уровневых жидких контрольных растворов SD CHECK GOLD Control solution для контроля качества измерений;
- пожизненная гарантия на прибор.

Базовые характеристики:

- метод исследования – электрохимический, на основе глюкозооксидазного метода;
- диапазон измерения – от 0,6 до 33,3 ммоль/л;
- воспроизводимость соответствует стандарту ISO 15197:2003;
- источник питания – одна батарейка типа CR2032.

Регуляция обмена глюкозы в организме.

Этапы метаболизма углеводов.

1. Расщепление поступающих с пищей полисахаридов (крахмал, гликоген) и дисахаридов (сахароза, лактоза) в двенадцатиперстной кишке и тонком кишечнике до моносахаридов.

2. Всасывание моносахаридов (преимущественно глюкоза, меньше фруктоза, галактоза, пентоза) в кишечнике → поступление в систему воротной вены. Среди моносахаридов наибольшая скорость и доля всасывания у глюкозы (95 %). Другим быстро всасываемым моносахаридом является галактоза.

3. Образование гликогена из моносахаридов – гликогеногенез (ферменты фосфоглюкомутаза и гликогенсинтаза). Частично гликоген может образовываться из молочной и пировиноградной кислоты.

4. Распад гликогена в печени с образованием глюкозы – гликогенолиз (фермент активная фосфоорилаза – фосфоорилаза А).

5. Процесс глюконеогенеза – образование глюкозы из неуглеводных продуктов – аминокислот, пировиноградной и молочной кислоты и др.

6. Расщепление глюкозы в тканях и органах до молочной и ПВК, а затем в цикле Кребса до конечных продуктов CO_2 и H_2O с освобождением энергии.

Основные пути распада глюкозы.

1. Анаэробный путь (без потребления кислорода) – гликолиз, брожение.

2. Аэробный (прямое окисление глюкозы) – аэробный гликолиз с последующими декарбоксилированием ПВК и циклом Кребса.

Регуляция уровня глюкозы в крови.

Уровень глюкозы в крови является важнейшим фактором гомеостаза. Он поддерживается на определенном уровне функцией кишечника, печени,

почек, поджелудочной железы, надпочечников, жировой ткани и других органов. На уровень глюкозы в крови влияет широкий спектр гормонов, при этом инсулин является единственным гормоном, снижающим глюкозу в крови. Контринсулярным действием с повышением уровня глюкозы крови обладают глюкагон, адреналин, глюкокортикоиды, соматотропный гормон (СТГ), аденокортикотропный гормон (АКТГ), тиреоидные гормоны, глюкагон. Эффекты инсулина и контринсулярных гормонов в норме контролируют достаточно стабильный уровень глюкозы в крови. При низкой концентрации инсулина, в частности при голодании, усиливаются гипергликемические эффекты других гормонов, таких как СТГ, глюкокортикоиды, адреналин и глюкагон. В табл. 5.1 представлены основные эффекты гормонов на метаболизм глюкозы.

Таблица 5.1

Гормоны, контролирующие гомеостаз глюкозы

Гормон	Механизм действия
Инсулин	<i>увеличивает:</i> потребление глюкозы клетками, синтез гликогена, синтез белков, синтез жирных к-т и триглицеридов; <i>снижает</i> глюконеогенез, гликогенолиз, кетогенез, липолиз, катаболизм белка
Глюкагон	<i>увеличивает:</i> гликогенолиз, глюконеогенез, кетогенез, липолиз
Адреналин	<i>увеличивает:</i> гликогенолиз, липолиз
Гормон роста	<i>Увеличивает:</i> гликогенолиз, липолиз
Кортизол	<i>увеличивает:</i> глюконеогенез, синтез гликогена, протеолиз <i>снижает:</i> потребление глюкозы клетками

Глюкоза равномерно распределена между клетками и плазмой с некоторым превышением ее концентрации в плазме (на 10–15 %).

Норма содержания глюкозы в крови:

- в капиллярной крови 2,5–2,75–6,2 ммоль/л;
- в венозной – 3,3–6,2 ммоль/л;
- 6,3–6,4 ммоль/л – пограничное состояние.

Гипогликемия – состояние, при котором концентрация глюкозы в крови уменьшается до 2,7 ммоль/л и меньше и есть клинические симптомы. Большинство спонтанно возникающих гипогликемий относится к реактивным. У этих пациентов уровень гликемии натощак обычно находится

в пределах нормы, в то время как постпрандиальный – через несколько часов после еды – снижен. Гипогликемия возникает чаще всего в результате лечения сахарного диабета (СД) инсулином или пероральными гипогликемическими препаратами без достаточного потребления углеводов. В отсутствии СД гипогликемия бывает реже.

Гипергликемия – состояние, при котором концентрация глюкозы в крови превышает 7,0 ммоль/л и сопровождается клиническими симптомами. Это состояние часто наблюдается у пациентов с сахарным диабетом и может возникать как при недостаточном контроле уровня сахара, так и в результате стрессов, инфекций или других заболеваний. У больных сахарным диабетом гипергликемия может быть вызвана недостаточным введением инсулина, неправильным приемом пероральных гипогликемических препаратов или избыточным потреблением углеводов. Важно отметить, что гипергликемия может проявляться различными симптомами, такими как жажда, частое мочеиспускание, усталость и затуманенное зрение. Без должного лечения гипергликемия может привести к серьезным осложнениям, включая кетоацидоз или гиперосмолярную гипергликемическую состояние, что требует немедленной медицинской помощи. У пациентов без сахарного диабета гипергликемия встречается реже, но может быть связана с эндокринными расстройствами, такими как синдром Кушинга или акромегалия.

Глюкозурия – появление глюкозы в моче. Причины глюкозурии.

1. Гипергликемия.

2. Нарушение реабсорбции глюкозы в канальцах:

– за счет снижения количества ферментов-переносчиков;

– за счет снижения почечного порога при заболеваниях.

3. Нарушение фильтрации за 1 минуту.

Классификация глюкозурии:

I. Физиологические глюкозурии, т. е. наблюдаются в норме.

1. Алиментарные – при введении с пищей большого количества легкоусвояемых углеводов: мед, конфеты, виноград.

2. Эмоциональная – стрессовая – усиленная выработка адреналина ведет к гипергликемии, а затем к глюкозурии. Наблюдается у студентов, больных перед операцией, при стрессе.

3. У новорожденных, кормящих, беременных.

II. Патологические глюкозурии – бывают инсулярные и экстраинсулярные.

Инсулярные – связаны с недостатком инсулина или с неэффективностью его действия.

Биосинтез инсулина происходит в β -клетках островков Лангерганса поджелудочной железы. Инсулин образуется из проинсулина, снижает уровень глюкозы в крови.

Экстраинсулярные глюкозурии

1. Гормональные – связаны с нарушением выработки гормонов железами внутренней секреции, чаще при гиперсекреции.

2. Центрального происхождения – операции на ЦНС, воспаление, травмы, интоксикации, лихорадка.

3. Печеночная – обусловлена недостатком выработки гликогена гепатоцитами при поражениях печени: гепатитах, циррозах, интоксикациях.

4. Почечные – обусловлены поражением канальцев и почечной мембраны (первичные – из-за дефицита или отсутствия ферментов-переносчиков снижен почечный порог глюкозы, наблюдается чаще у детей; вторичные – обусловлены разрушением нефрона при заболеваниях почек: хронических нефритах, ОПН, нефросклерозе).

5. Лекарственная: применение гормональных контрацептивов; диуретиков; гипотензивных препаратов; салицилатов (аспирина); аскорбиновой кислоты; гормональных препаратов.

Фруктозамин

Фруктозамин (гликированный альбумин) – химическое соединение, результат гликозилирования – соединения белков крови с глюкозой. С помощью изменения уровня фруктозамина возможно отследить примерный уровень сахара в крови в течение последних двух-трех недель.

Если концентрация глюкозы в крови повышена, она начинает связываться с белками крови, образуя фруктозамин. Чем выше уровень глюкозы – тем больше образуется фруктозамина. Последний является устойчивым соединением, разрушающимся только с разрушением самого белка. Жизненный цикл белков крови длится около двух-трех недель, а значит уровень фруктозамина показывает, не была ли повышена концентрация сахара в крови в течение этого времени.

Наряду с анализом на гликированный гемоглобин (*HbA1c*), тест на фруктозамин является одним из основных методов измерения уровня глюкозы для пациентов с сахарным диабетом. Анализа на *HbA1c* позволяет отслеживать уровень глюкозы за более длительный срок (около двух-трех месяцев) благодаря тому, что жизненный цикл эритроцитов (в которых и находится гликозилированный гемоглобин) составляет около 120 дней.

Задание

При помощи глюкометра SD CHECK GOLD произвести измерения уровня глюкозы в крови в разные временные промежутки. Эксперимент проходит в три этапа, которые изображены на рис 5.2.

1. Поместить тест-полоску в гнездо глюкометра.

2. Проколоть палец, предварительно обработав руку спиртовым раствором.

3. Краем реакционной зоны тест-полоски прикоснуться к капле крови и получить результат исследования.



Рис. 5.2. Эксперимент

В табл. 5.2 занести результаты проведенного эксперимента.

Таблица 5.2

Результаты эксперимента

Глюкоза, ммоль/л	Временной промежуток
	Натошак, начальный момент времени ($t = 0,0$)
	Спустя 10 минут после приема пищи (плитка шоколада) ($t = 10,0$)
	Спустя 10 минут после приема пищи (плитка шоколада, пирожок, кофе) ($t = 20,0$)
	Спустя 30 минут после последнего приема пищи ($t = 50,0$)
	Спустя 2 часа после первого эксперимента ($t = 120,0$)

По итогам построить график изменения уровня глюкозы в крови в течение 2 часов.

Содержание отчета

1. Теоретическая часть.
2. Сведения о глюкометре.
3. Измерения уровня глюкозы в крови.
4. График измерений.
5. Вывод по результатам работы.
6. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. Какой принцип работы глюкометра SD CHECK GOLD и как он обеспечивает точность измерений?
2. Какой объем крови необходим для анализа с помощью тест-полоски SD CHECK GOLD?
3. Каковы основные этапы подготовки к проведению измерения уровня глюкозы в крови?
4. Как влияет время после приема пищи на уровень глюкозы в крови, и как это отражается в ваших измерениях?
5. Что такое гликогенолиз и как он влияет на уровень глюкозы в крови после еды?
6. Каковы нормальные значения уровня глюкозы в капиллярной и венозной крови?
7. Каковы преимущества и недостатки использования глюкометров в сравнении с другими методами измерения уровня глюкозы?
8. Каковы последствия игнорирования симптомов гипергликемии и какие меры следует предпринять в таких случаях?
9. Что такое фруктозамин и как он может помочь в мониторинге уровня глюкозы у пациентов с диабетом?

Лабораторная работа 6 **ИССЛЕДОВАНИЕ ПУЛЬСОКСИМЕТРИИ**

Цель работы: ознакомиться с определением пульсоксиметрии, изучить принцип работы прибора, с помощью которого можно узнать уровень сатурации крови – пульсоксиметра, технические характеристики пульсоксиметра медицинского Armed YX301.

Общие положения

Требуется изучить метод пульсоксиметрии и освоить работу пульсоксиметра медицинского Armed YX301.

Методические указания по выполнению работы

Для нормального протекания биохимических реакций всем тканям организма необходим кислород, наряду с постоянным поступлением питательных веществ и отводом продуктов обмена. Каждый вдох наполняет легкие воздухом, который, помимо основной составляющей – азота, содержит 21–23 % свободного кислорода. Красные кровяные тельца (эритроциты) захватывают молекулы кислорода, которые затем транспортируются в связанной форме с потоком артериальной крови, обогащенной кислородом. Степень насыщения крови кислородом (SaO₂) является одним из ключевых показателей общего состояния и жизнеспособности организма, наряду с частотой сердечных сокращений (ЧСС). В норме уровень SaO₂ колеблется от 95 % до 98 %. Процедура измерения ЧСС и SaO₂ называется «пульсоксиметрия» и является важным контрольным методом, особенно в хирургии и неотложной медицине.

Это исследование позволяет отслеживать в реальном времени ключевые показатели функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Хотя снижение SaO₂ может быть связано с изменениями в составе крови или воздействием определенных веществ, оно практически всегда указывает на дыхательную недостаточность в сочетании с другими объективными данными, такими как ЧСС.

Показания для проведения пульсоксиметрии

- Мониторинг состояния пациента, находящегося под общим наркозом с искусственной вентиляцией легких.
- Контроль состояния пациента, транспортируемого на стационарное лечение в экстренных ситуациях.
- Наблюдение за процессами седативной терапии (введение пациента в полусон с помощью «веселящего газа») и послеоперационной реанимации.
- Комплексное обследование в области пульмонологии.

Пульсоксиметр – это микропроцессорное устройство, которое требует лишь минимального контакта с кожей пациента (не проводятся проколы, катетеризация или другие инвазивные вмешательства). Тонкий световой луч проникает через кожу до капилляров, и изменение спектра отраженного света позволяет измерять уровень сатурации крови кислородом, что фиксируется интегрированным процессором. Также регистрируется частота пульсовых «мерцаний» из-за сердечных сокращений. В результате на мониторе отображаются 2 показателя:

- сатурация гемоглобина кислородом артериальной крови;
- частота пульса (измеряется за 5–20 с).

На правильность работы прибора влияют несколько факторов. К ним относятся внешний свет, частота и ритмичность пульса, дрожание рук, патологический гемоглобин.

Чаще всего используется датчик, который надевается на палец и не нуждается в механическом креплении, что предотвращает нежелательное давление на ткани. В некоторых случаях более уместно применять датчики с креплением на лбу или мочках ушей.

Кислород транспортируется кровотоком главным образом в связанном с гемоглобином виде. Одна молекула гемоглобина может перенести 4 молекулы кислорода и в этом случае она будет насыщена на 100 %. Средний процент насыщения популяции молекул гемоглобина в определенном объеме крови и является кислородной сатурацией крови.

В датчике имеются два светодиода: один из них излучает видимый свет красного спектра (660 нм), а другой – инфракрасный (940 нм). Свет проникает через ткани к фотодетектору, при этом часть излучения поглощается кровью и мягкими тканями в зависимости от уровня гемоглобина. Количество поглощенного света для каждой длины волны зависит от степени оксигенации гемоглобина в тканях.

Микропроцессор способен выделить из спектра поглощения пульсовую компоненту крови, т. е. отделить артериальную кровь от постоянной компоненты венозной или капиллярной крови. Современные микропроцессоры уменьшают влияние рассеивания света на функционирование пульсоксиметра.

Многokrатное разделение сигнала во времени осуществляется благодаря циклической работе светодиодов: сначала включается красный, затем инфракрасный, после чего оба отключаются, и этот процесс повторяется несколько раз в секунду. Это позволяет существенно снижать уровень случайных фоновых помех.

Пульсоксиметр медицинский Armed YX301

Пальцевой пульсоксиметр медицинский «Armed» YX301 (рис. 6.1), представляет собой портативное, непроникающее устройство для измерения на месте насыщение кислородом артериального гемоглобина (SpO₂) и частоты пульса у взрослых и детей дома и в больничных условиях (включая клиническое использование в терапии/хирургии, при анестезии, интенсивной терапии и пр.). Не предназначен для непрерывного мониторинга.



Рис. 6.1. Внешний вид Armed YX301

Принцип работы прибора, основан на технологии фотоэлектрического исследования оксигемоглобина и применяется в соответствии с технологией импульсного сканирования и регистрации, таким образом, что два световых луча с различной длиной волны (660 нм – красный диапазон и 940 нм – ближний инфракрасный диапазон) могут быть сфокусированы на конце ногтя человека через оптический пальцевый датчик с зажимом. Затем измеряемый сигнал может быть получен с помощью фоточувствительного элемента, через который выводится полученная информация на дисплей с органическими светодиодами после обработки электронными элементами и микропроцессором.

Инструкция по эксплуатации.

- Вставить две батарейки AAA в гнездо для батареек и закрыть крышку.
- Открыть зажим.
- Вставить палец в резиновое отверстие пульсоксиметра (палец следует вставлять до конца) и отпустить зажим.
- Один раз нажать кнопку включения на передней панели.
- Во время работы пульсоксиметра палец не должен дрожать. При этом рекомендуется не двигаться.
- Считать соответствующие показания с экрана дисплея (рис. 6.2).

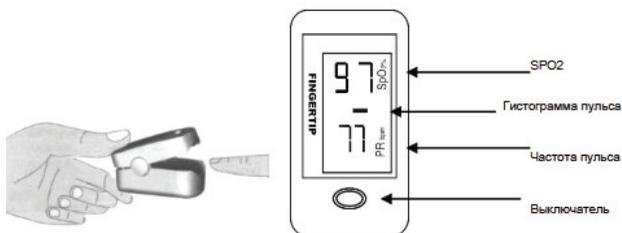


Рис. 6.2. Общее описание показаний панели прибора

Сигналы качества пульса пациента указываются в виде гистограммы. Гистограмма разделена на 10 уровней, если интенсивность пульса находится на втором-третьем уровне, сигнал пульса недостаточный.

Содержание отчета

1. Пульсоксиметрия.
2. Пульсоксиметр медицинский Armed YX301, технические характеристики
3. Регистрационное удостоверение прибора.
4. Принцип работы пульсоксиметра.
5. Как проводится исследование пульсоксиметром.
7. Вывод.
8. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. Что такое пульсоксиметрия?
2. Что показывает кислородная сатурация крови?
3. Какой принцип работы у прибора Armed YX301?
4. Какие показания отображаются на дисплее Armed YX301?
5. Какие спектры имеют светодиоды в датчике прибора?

Практическая работа ФОТОМЕТРИЯ

Цель работы: ознакомиться с определением фотометрии, получить навыки решения фотометрических задач и практические навыки построения спектральной характеристики раствора и градуировочного графика.

Общие положения

Требуется изучить метод фотометрии и решить задачи, поставленные в работе.

Методические указания по выполнению работы

Фотометрия – это раздел физической оптики, в котором изучаются энергетические характеристики оптического излучения, исходящего от источников, его распространение в различных средах и взаимодействие с объектами. При этом энергия электромагнитных колебаний в оптическом диапазоне усредняется за короткие временные промежутки, которые, однако, значительно превышают период этих колебаний. Фотометрия включает как экспериментальные методы и средства для измерения фотометрических величин, так и теоретические основы и расчеты, связанные с этими величинами.

Основной закона светопоглощения:

$$D = \varepsilon \cdot l \cdot c = \frac{\varepsilon \cdot l \cdot m}{M \cdot V}$$

Далее можно выразить длину кюветы l (равна толщине поглощающего слоя):

$$l = \frac{D \cdot M \cdot V}{\varepsilon \cdot m}$$

Задание

В отчете необходимо дать письменные ответы на следующие вопросы.

1. Сформулируйте закон Бугера-Ламберта-Бера, приведите его математическое выражение. Что называют оптической плотностью раствора? Как называются приборы для её измерения и соответствующие инструментальные методы? Укажите их области применения. Какова связь оптической плотности с величиной светопропускания?

2. Что такое спектральная характеристика раствора? С какой целью снимают спектральную характеристику? С какой целью используют градуировочные (калибровочные) графики? Правила их построения

3. Решить задачу в соответствии с номером задания в табл. 7.1.

4. В соответствии со своим номером задания в табл. 7.2, постройте на миллиметровой бумаге, в среде MS Office Excel (любой версии) спектральную характеристику раствора или градуировочный график.

Таблица 7.1

Условия задания 3

№ п/п	Условия задачи
1	Чему равна оптическая плотность раствора, содержащего 0,02 г определяемого иона $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$ в 200 см ³ раствора, если толщина поглощающего слоя 10 мм, а молярный коэффициент светопоглощения $1,00 \times 10^3$ л/см × моль
2	Вычислите молярный коэффициент светопоглощения раствора, в 50 см ³ которого содержится 0,005 г Fe ²⁺ , если D = 0,75, а рабочая длина кюветы l = 5 мм
3	Рассчитайте оптимальную длину кюветы (мм), необходимую для измерения оптической плотности раствора, содержащего 0,04 мг $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ в 500 см ³ , $\epsilon = 1200$ л/см × моль, D = 0,71
4	Чему равна оптическая плотность раствора, содержащего 0,05 г определяемого иона $[\text{Ni}(\text{SCN})_4]^{2-}$ в 200 см ³ раствора, если толщина поглощающего слоя 10 мм, а молярный коэффициент светопоглощения $1,00 \times 10^3$ л/см × моль
5	Чему равна оптическая плотность раствора, содержащего 0,05 г определяемого иона $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ в 1000 см ³ раствора, если толщина поглощающего слоя 10 мм, а молярный коэффициент светопоглощения $9,8 \times 10^2$ л/см × моль

Таблица 7.2

Условия задания 4

№	Оптическая плотность растворов D	Длина волны λ , нм	Концентрация светопоглощающего раствора $c \times 10^3$, мг/мл
6	0,016	649,2	—
	0,023	625,4	
	0,034	602,4	
	0,203	576,9	
	0,263	554,6	
	0,360	539,2	
	0,402	533,5	
	0,425	528,0	
	0,379	523,1	
	0,328	517,6	
	0,325	512,4	
	0,301	506,9	
	0,236	501,6	
0,206	496,8		

Продолжение табл. 7.2

№	Оптическая плотность растворов D	Длина волны λ , нм	Концентрация светопоглощающего раствора $c \times 10^3$, мг/мл
	0,108	476,7	
	0,051	456,2	
	0,033	436,7	
	0,038	416,1	
	0,071	397,6	
	0,153	377,1	
	0,202	357,6	
	0,182	333,7	
	0,133	312,7	
7	0,000	–	0
	0,071		2
	0,152		4
	0,439		10
	0,606		14
	0,877		20
8	0,001	801,4	–
	0,013	727,3	
	0,026	684,2	
	0,034	653,5	
	0,039	633,6	
	0,064	617,9	
	0,263	594,4	
	0,447	568,7	
	0,460	547,5	
	0,322	527,1	
	0,119	507,5	
	0,065	470,5	
	0,082	441,0	
	0,123	402,8	
	0,202	371,5	
	0,134	340,4	
	0,146	312,9	
9	0,000	–	0
	0,114		2
	0,216		4
	0,460		10
	0,661		14
	0,903		20

№	Оптическая плотность растворов D	Длина волны λ , нм	Концентрация светопоглощающего раствора $c \times 10^3$, мг/мл
10	0,023	659,3	—
	0,033	634,3	
	1,380	602,6	
	0,667	569,9	
	0,567	556,3	
	0,526	544,5	
	0,473	526,4	
	0,405	521,0	
	0,370	513,2	
	0,300	503,4	
	0,242	495,2	
	0,144	477,1	
	0,076	454,2	
	0,058	430,2	
	0,064	412,7	
	0,094	399,0	
	0,173	378,1	
	0,230	348,5	
	0,153	319,6	
	0,159	309,8	
0,148	300,1		
0,020	296,6		

Пример решения задачи 3

Рассчитайте оптимальную длину кюветы (мм), необходимую для измерения оптической плотности раствора, содержащего 0,4 мг $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$ в 50 см^3 , $\varepsilon = 980 \text{ л/см} \times \text{моль}$, $D = 0,46$.

Ответ:

Рассчитаем молярную массу иона $[\text{Fe}(\text{SCN})_2]^+$:

$$M = 56 + (32 + 12 + 14) \cdot 2 = 172 \text{ г/моль}$$

Запишем математическое выражение основного закона светопоглощения:

$$D = \varepsilon \cdot l \cdot c = \frac{\varepsilon \cdot l \cdot m}{M \cdot V}$$

Выразим из формулы величину l (длина кюветы, равная толщине поглощающего слоя) и подставим числовые значения:

$$l = \frac{D \cdot M \cdot V}{\varepsilon \cdot m} = \frac{0,46 \cdot 172 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ л}}{980 \text{ л/см} \cdot \text{моль} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ г}} = 1,009 \text{ см} = 10 \text{ мм.}$$

Пример графиков, построенных в среде Excel (рис. 7.1, 7.2).

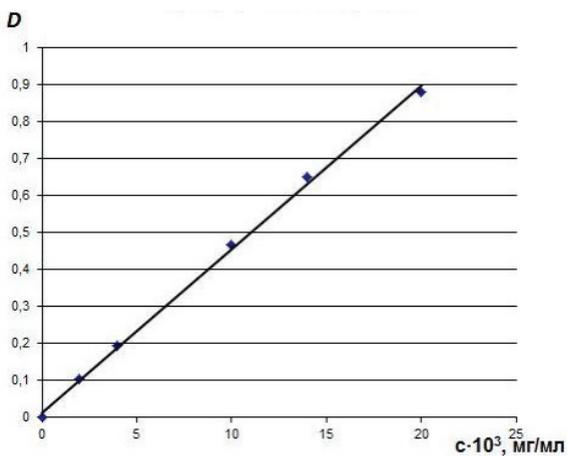


Рис. 7.1. Градуировочный график

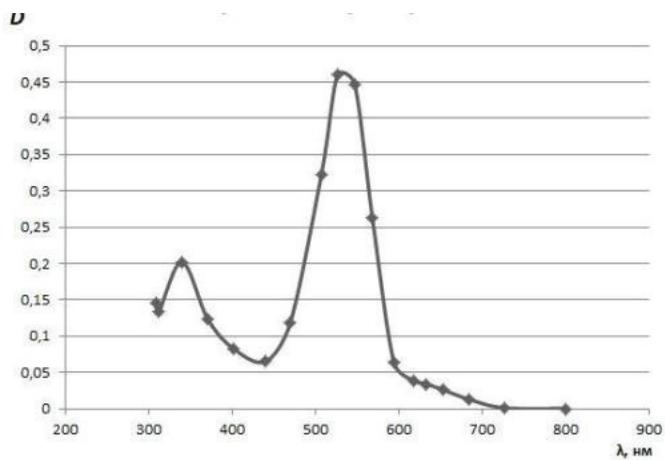


Рис. 7.2. Спектральная характеристика

Содержание отчета

1. Решение поставленных в методических указаниях задач.
2. Построенные графики функций.
3. Вывод.
4. Список использованных источников.

Контрольные вопросы

1. Что такое фотометрия?
2. Сформулируйте закон Бугера-Ламберта-Бера.
3. Что называют оптической плотностью раствора?
4. Что такое спектральная характеристика раствора?
5. С какой целью снимают спектральную характеристику? С какой целью используют градуировочные (калибровочные) графики?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зезеров, Е. Г. Биохимия: наглядный курс : учебное пособие / Е. Г. Зезеров. – Москва : МИА (Медицинское информационное агентство), 2019. – 280 с.
2. Тактика клинической лабораторной диагностики. Практическое руководство / под ред. А. М. Иванова. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 104 с.
3. Диагностические возможности исследования мочи / В. Ю. Павлова, В. Е. Денисенко, Л. Д. Чеснокова, И. И. Анешина // *Фундаментальная и клиническая медицина*. – 2022. – С. 122–134.
4. Гуляев, С. А. Электроэнцефалография и исследования функциональной активности головного мозга / С. А. Гуляев // *Русский журнал детской неврологии*. – 2021. – С. 60–68.
5. Нестерова, Е. А. Основы электрокардиографии. Нормальная ЭКГ / Е. А. Нестерова // *Кардиология: Новости. Мнения. Обучение*. – 2016. – № 4. – С. 77–85.
6. Камышников, В. С. Норма в лабораторной медицине. Справочник / В. С. Камышников. – Москва : МЕДпресс-информ, 2014. – 336 с.
7. Загретдинова, Н. П. Основы применения технологии компьютерной томографии / Н. П. Загретдинова, З. И. Хайруллина // *Вестник науки*. – 2022. – № 4. – С. 188 – 192.
8. Прожерина, Ю. «Умные» глюкометры – революция в управлении диабетом / Ю. Прожерина // *Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике*. – 2021. – № 2. – С. 43–45.
9. Федоровский, Н. Н. Фотометрические методы анализа : учебное пособие / Н. Н. Федоровский, Л. М. Якубович, А. И. Марахова. – Москва : Флинта, 2024. – 72 с.

Учебное издание

Алексеева Мария Ивановна
Адонин Леонид Сергеевич

**Медицинские приборы, аппараты,
системы и комплексы**

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

Издано с авторского оригинал-макета

План издания 2025 г., п. 24

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
<https://publishing.intelgr.com>
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63
Интернет-магазин издательства
<https://shop.intelgr.com/>

Подписано в печать 10.04.2025.
Формат 60×84/16
Объем 3,625 п.л.
Тираж 100 экз.

ISBN 978-5-907946-59-0



9 785907 946590 >