

Лабораторная работа

Снятие электрокардиограммы и построение вектора ЭДС сердца

1. Цель работы:

1. Приобрести навык работы с электрокардиографом.
2. Записать электрокардиограмму (ЭКГ).
3. Построить вектор ЭДС сердца.
4. Научиться рассчитывать временные интервалы на ЭКГ.
5. Научиться рассчитывать вольтаж зубцов ЭКГ.

2. Приборы и принадлежности:

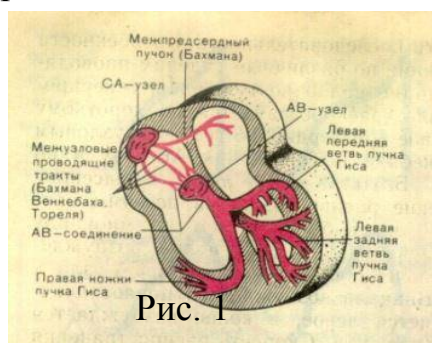
1. Электрокардиограф.
2. Набор электродов.
3. Физиологический раствор.

3. Теоретическое введение.

Электрокардиографией называется физический метод регистрации электрической деятельности сердца с помощью усилителя биопотенциалов - электрокардиографа.

Теоретическое обоснование метода сводится к идее голландского учёного Эйнтховена о сердце, как электрическом диполе, помещённом в слабопроводящую среду.

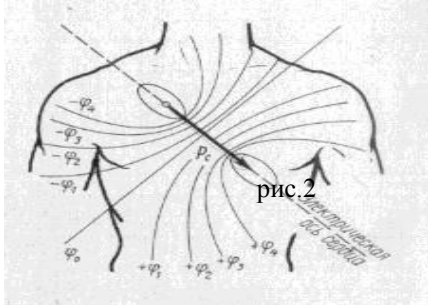
Многочисленными исследованиями установлено, что электрический генератор сердца локализуется в синусном узле (рис.1). Этот узел обладает свойством автоматизма, т.к. генерирует электрические потенциалы периодически.



В свою очередь, синусный узел входит в состав так называемой проводящей системы сердца, включающей в себя: атриовентрикулярный узел, пучок Гиса, ножки пучка Гиса и волокна Пуркинью.

Сердце, как электрический диполь создаёт электрическое поле некоторой напряжённости E и, следовательно, его электрические силовые линии будут выходить на поверхность тела. Если это действительно так, то на поверхности тела можно выделить линии равного потенциала (рис.2). Так как возбуждённый участок сердца заряжается отрицательно то отношению к невозбуждённому, то верхняя правая часть тела (выше изоэлектрической линии с нулевым потенциалом ϕ_0) будет заряжаться отрицательно, а нижняя левая часть положительно.

Таким образом, если некоторый чувствительный вольтметр подсоединить к тем двум участкам поверхности тела, которые различаются



значениями своего потенциала, то он регистрирует разность потенциалов.

Изменяющаяся во времени разность потенциалов между двумя точками на поверхности тела, называется **электрокардиограммой** (рис.3).

Электрокардиограмма здорового сердца

Происхождение отдельных элементов электрокардиограммы

1. **Зубец P-** Электрическая активность (деполяризация) предсердий. В норме положительный, регистрирует алгебраическую сумму возбуждений правого (восходящая часть) и левого (нисходящая часть) предсердий.
2. **Сегмент PQ-**($\Delta\phi$ -const). Возбуждение распространяется по проводящей системе сердца.
3. **Зубец Q-** отражает деполяризацию межжелудочковой перегородки, направлен вниз.**Зубец R-** соответствует почти полному охвату возбуждением обоих желудочков, это самый высокий зубец ЭКГ-направлен вверх.
4. **Зубец S-** конечный элемент желудочкового комплекса, когда оба желудочка охвачены возбуждением.
Комплекс QRS начальная часть желудочкового комплекса, адекватна фазе полной деполяризации желудочков.
5. **Сегмент ST-** ($\Delta\phi$ -const). Желудочки находятся в возбуждённом состоянии и это возбуждение сохраняется определённый промежуток времени.
6. **Зубец T-** зубцом T заканчивается желудочковый комплекс, когда прекращается деполяризация, то есть наступает реполяризация обоих желудочков.
7. **Сегмент TP-**($\Delta\phi$ -const)-диастола.

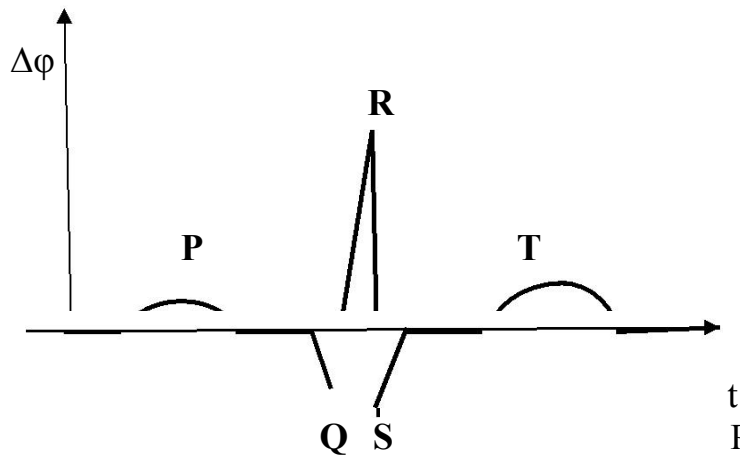


Рис 3

Чтобы сделать измерения и запись ЭКГ стандартными, Эйнтховен предложил считать, что сердце - диполь и помещено в центр равностороннего треугольника, а ткани организма имеют одинаковую электропроводность во всех направлениях. Для унификации таких измерений он предложил измерять разность потенциалов между вершинами треугольника (конечностями).

Соответствующие пары точек были названы отведениями (рис.4):

1-ое отведение: левая рука (ЛР) - правая рука (ПР), 2-ое отведение: правая рука (ПР) - левая нога (ЛН),

3-ье отведение: левая нога (ЛН) - левая рука (ЛР).

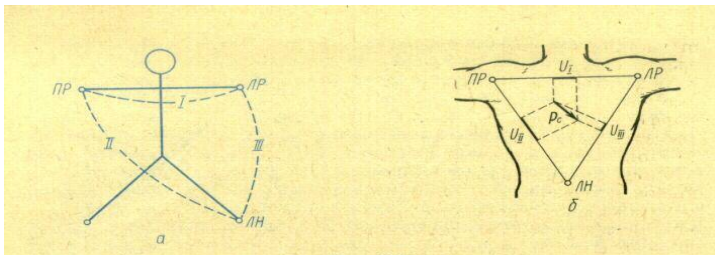


Рис 4

Электрической осью сердца называется ось электрического диполя. Вектор ЭДС сердца можно построить с помощью треугольника Эйнтховена как показано на рис 5.

1-отв

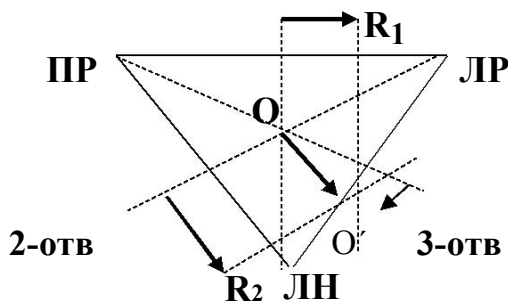


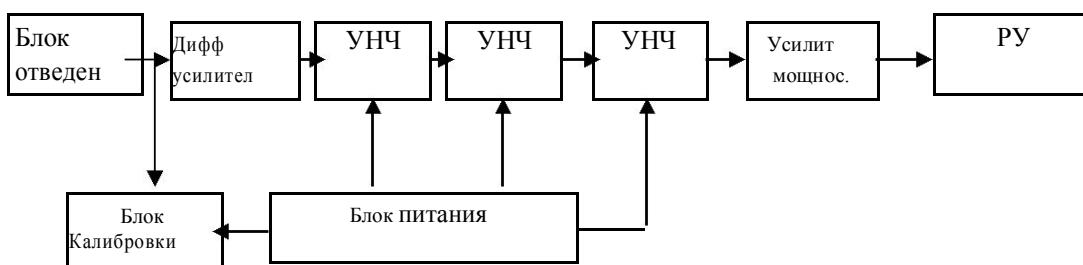
Рис.5

Для построения вектора ЭДС сердца по ЭКГ нужно построить равносторонний треугольник и из середин его сторон восстановить перпендикуляры до взаимного пересечения в точке 0.

Затем в трёх отведениях измерить амплитуды соответствующих зубцов, например, зубцов R. Отложить полученные значения на сторонах треугольника, как показано на рис 5.

Восстановить перпендикуляры из концов векторов отведений до взаимного пересечения в точке O. Отрезок O O можно рассматривать теперь как вектор ЭДС сердца, и прямую на которой он лежит - как электрическую ось сердца.

Блок - схема электрокардиографа. (рис 6)



С помощью специальных электродов разность потенциалов со стандартных отведений через блок отведений попадает в дифференциальный усилитель, где происходит очистка полезного сигнала от помех. Очищенный от помех полезный сигнал с выхода дифференциального усилителя подаётся на 3-х каскадный усилитель напряжения низкой частоты (УНЧ). При прохождении через УНЧ амплитуда полезного сигнала значительно увеличивается по сравнению с амплитудой входного сигнала.

После усиления напряжения полезный сигнал поступает на усилитель мощности (усилитель тока). В нём формируется мощность сигнала по закону $P=U I$. Усиленный таким образом полезный сигнал, регистрируется на самописце или на экране монитора.

В изучаемом электрокардиографе в качестве регистрирующего устройства используется перьевая запись на теплочувствительной (покрытой воском) ленте. Нагретое перо соприкасается с бумажной лентой, покрытой воском. Бумажная лента протягивается под пером лентопротяжного механизма с постоянной скоростью. В нашем приборе -25мм/сек или 50 мм/сек. Поэтому при возникновении изменяющихся потенциалов сердца на выходе УНЧ на бумажной ленте возникает их развёртка во времени.

Любой ЭКГ содержит блок калибровки. Он представляет собой источник стабильного напряжения величиной **1 мВ**, коммутируемый кнопкой "Калибровка **1 мВ**".

При нажатии кнопки калибровки, напряжение **1 мВ** поступает на вход УНЧ вместо биопотенциала, усиливается и записывается в виде прямоугольного импульса на бумажную ленту. Такой импульс используется для калибровки ЭКГ.

Подготовка пациента к снятию электрокардиограммы

0. Посадить пациента на стул в непосредственной близости от аппарата.
1. Освободить от одежды, украшений и часов участки конечностей, к которым будут подсоединены электроды (дистальные участки предплечья и голеней).
2. Смочить и слегка отжать салфетки из свежих бинтов в физиологическом растворе и наложить эти салфетки на подготовленные участки конечностей
3. Укрепить электроды на конечностях эластичными бинтами не пережимая при этом подкожных кровеносных сосудов.
4. Плотно с помощью наконечников подсоединить электроды к проводам кабеля отведений в соответствии с цветовой маркировкой проводов, как показано на мнемосхеме аппарата: правая рука **ПР**-красный цвет, левая рука **ЛР**-жёлтый цвет, левая нога **ЛН**-зелёный цвет, правая нога **ПН**-чёрный цвет. Грудной электрод **Г** (белый не накладывать).

Запись электрокардиограммы

1. Включить лентопротяжный механизм. Записать калибровочный импульс ("1 мВ").
2. Установить переключатель отведений в положение "I", получить кардиограмму в первом отведении.
3. Установить переключатель отведений в положение II, а затем в положение III и получить кардиограммы во втором и третьем отведениях.

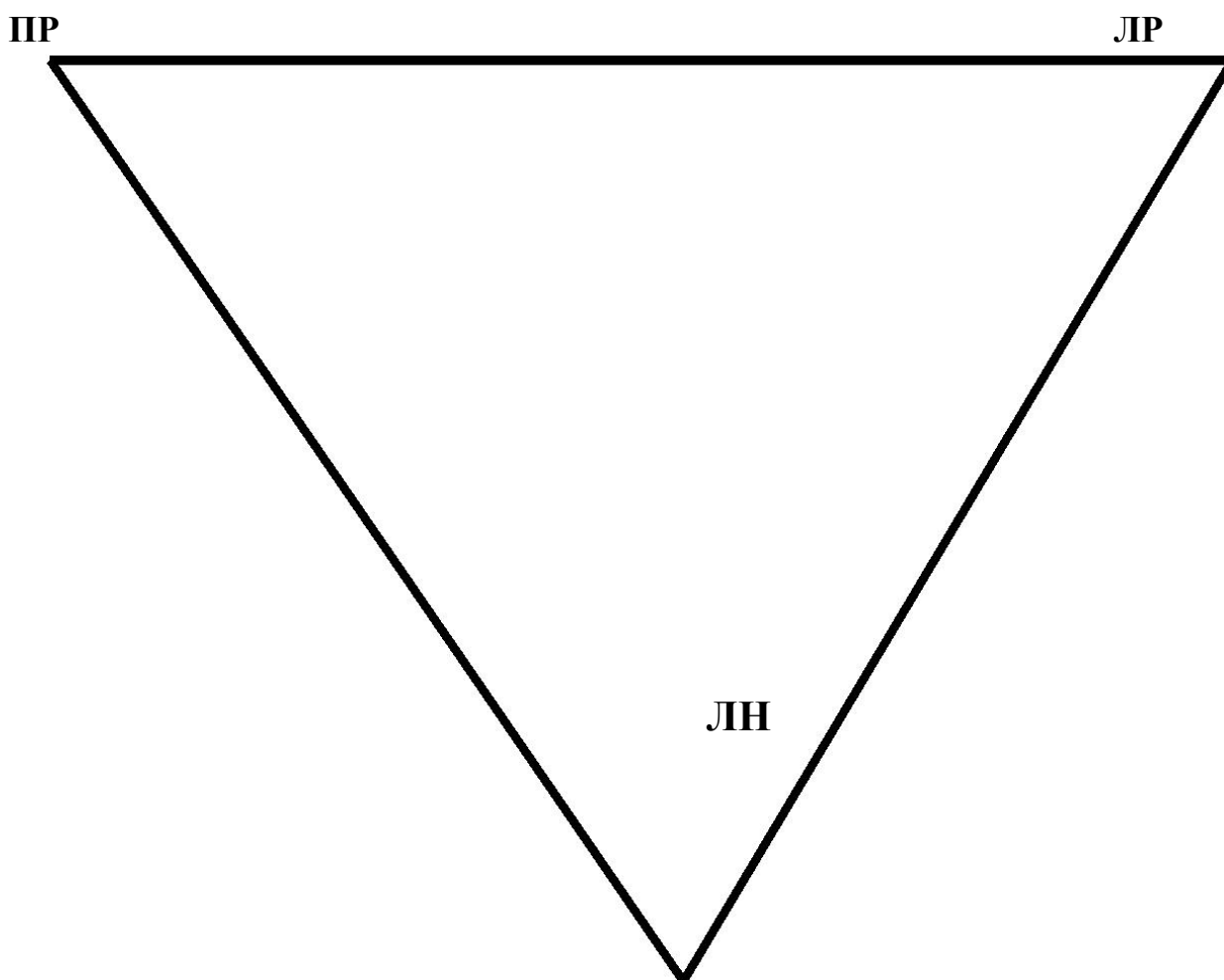
Вы получили электрокардиограмму сердца пациента в I, II и III стандартных отведениях.

4. Переключатель отведений переведите в положение "I". отключите тумблер "сеть".
5. Отключите шнур питания от розетки.
6. Снимите эластичные бинты, марлевые прокладки, электроды.

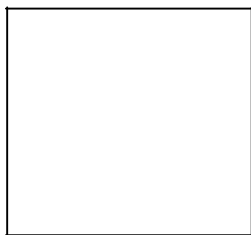
Исследовательская часть работы

- I. **Построение вектора ЭДС сердца** Для построения вектора ЭДС сердца на равностороннем треугольнике (сторона около 7 см.) Эйнтховена проведите высоты.
 1. На середине верхней горизонтальной стороны треугольника поставьте точку **A**. Вправо от точки будут положительные отсчёты, а влево отрицательные.
 2. Для двух других (боковых) сторон треугольника сделайте то же самое. Теперь отсчёты вниз будут положительными, а вверх отрицательными.
 3. Точку пересечения высот обозначьте буквой **O** (эта точка начало вектора сердца).
 4. Стороны и вершины треугольника обозначьте в соответствии с теорией Эйнтховена номерами соответствующих отведений и буквенными обозначениями конечностей.

5. Измерьте амплитуду зубца **R** в каждом из отведений и отложите на сторонах треугольника как показано на рис.5 т.е. на стороне **ПР-ЛР** от середины стороны вправо отложите амплитуду зубца **R** в I отведении, на стороне **ПР-ЛН** - вниз амплитуду зубца **R** во втором отведении и, наконец, на стороне **ЛР-ЛН** вниз - амплитуду зубца **R** в III отведении.
6. Восстановите перпендикуляры из концов отложенных на сторонах треугольника отрезков. При правильном построении концы перпендикуляров пересекаются в одной точке **O'**.
7. Соединяя точки **O** и **O'** получите вектор ЭДС сердца.
8. Проведите горизонтальную линию через точку **O**.
9. Определите угол наклона электрической оси сердца с помощью транспортира (угол между горизонтальной линией и вектором ЭДС сердца).



II. Расчёт вольтажа зубцов.



1. Приклейте калибровочный импульс и запишите его стандартные параметры: амплитуду и напряжение.
2. Для расчёта напряжения в зубце R_1 измерьте его амплитуду в мм.
3. Используя параметры калибровочного сигнала (амплитуду-10мм и напряжение- 1 мВ), составьте пропорцию: $A_k - 1 \text{ мВ}$

$$A_{R1} - x \text{ мВ},$$

Где: A_k - амплитуда калибровочного сигнала

A_{R1} - амплитуда исследуемого сигнала.

Тогда напряжение (мВ) исследуемого сигнала будет равна : $X(\text{мВ}) = \frac{A_{R1} \cdot 1 \text{ мВ}}{A_k}$

4. Рассчитайте напряжение зубцов R во всех трёх отведениях.
5. Учитывая, что максимально возможное напряжение зубца R равно **5 мВ**, сделайте вывод.
6. Данные занесите в таблицу:

| Отведение | Амплитуда калибровочного сигнала в мм | Амплитуда калибровочного сигнала в мВ | Амплитуда зубца R в мм | Амплитуда зубца R в мВ | Угол наклона электрической оси сердца |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Вывод:

III. Расчёт временных интервалов (это перевод длительности зубца из мм в секунды).

Для выполнения данного задания приклейте кардиограмму с двумя зубцами R.



1. Для расчёта временных характеристик уточните скорость записи ЭКГ.
2. Измерьте в мм расстояние между интересующими вас точками на оси t.
3. Полученные данные подставьте в формулу: $t = S/V$
4. Рассчитайте длительность интервала **R-R**.
5. Рассчитайте число ударов в мин по формуле: $n = 60 / t$
6. Рассчитайте длительность интервала **Q-T** и зубца **T**.
7. Данные занесите в таблицу:

| № | Вид зубца, интервала | Скорость записи ЭКГ | Длительность зубца (интервала) в мм | Длительность зубца (интервала) в секундах | Число ударов в мин |
|---|----------------------|---------------------|-------------------------------------|---|--------------------|
| 1 | R-R | | | | |
| 2 | Q-T | | | | |
| 3 | T | | | | |

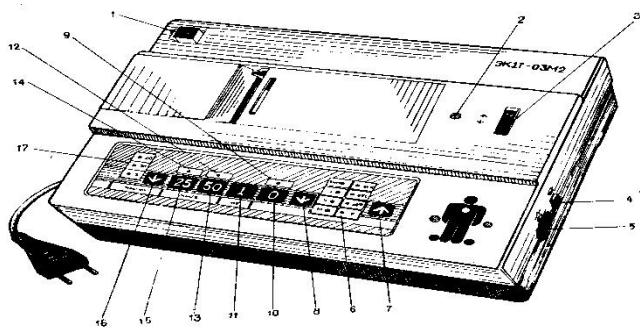
Вывод:

Электрокардиограф ЭК1Т - 03М2

1. Назначение:

1. Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 - это одноканальный прибор с перьевой записью на теплочувствительной диаграммной ленте.
2. Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 предназначен для измерения и графической регистрации биоэлектрических потенциалов сердца в медицинских учреждениях и в условиях "Скорой помощи".

Рис 7



2. Органы управления и индикаторы режимов работы:

- 1 - кнопка включения питания;
- 2 - индикатор разряда аккумуляторной батареи;

- 3 - регулятор смещения пера;
4. переключатель вида работ. Нижнее положение соответствует работе прибора при записи электрокардиограмм в отведениях. Верхнее положение соответствует работе прибора при регистрации электрокардиограмм, переданных по телефонному каналу при помощи комплекса САЛЮТ;
- 5 - вилка подключения кабеля отведения;
- 6 - индикаторы переключателя отведений;
- 7 - кнопка переключения отведений в обратной последовательности "↑";
- 8 - кнопка переключения отведений в прямой последовательности "↓";
- 9 - индикатор включения успокоения (светится при включении успокоения);
- 10 - кнопка включения успокоения "0";
- 11 - кнопка включения калибровочного напряжения "1 mV";
- 12 - индикатор включения скорости движения носителя записи 50 мм/с (светится при включении);
- 13 - кнопка включения скорости 50 мм/с "50";
- 14 - индикатор включения скорости движения носителя записи 25 мм/с (светится при включении);
- 15 - кнопка включения скорости 25 мм/с "25";
- 16 - кнопка переключения чувствительности ЭКГ;
- 17 - индикаторы чувствительности (светится 1 из индикаторов, соответствующий включенной чувствительности ЭКГ).

3. Работа электрокардиографа

1. Включите электрокардиограф, нажав кнопку включения питания, которая должна зафиксироваться в нижнем положении. При этом должны светиться: индикатор включения успокоения, один из индикаторов чувствительности электрокардиографа и индикатор переключателя отведений, указывающий включение калибровочного отведения "1mV".
2. Установите чувствительность электрокардиографа 10 мм/мВ, нажимая кнопку переключателя чувствительности.
3. Установите тепловое перо на середину поля записи регулятором смещения пера.
4. Выключите успокоение, кратковременно нажав на кнопку включения успокоения.
5. Включите протяжку диаграммной ленты со скоростью 25 мм/с, кратковременно нажав на кнопку включения скорости «25».
6. Запишите 2 - 3 калибровочных сигнала, кратковременно нажимая на кнопку калибровки «1mV», указывающих на чувствительность электрокардиографа.
7. Выключите протяжку ленты, кратковременно нажав на кнопку включения скорости "25".
8. Установите переключатель отведений в положении "1", кратковременно нажав на кнопку переключателя отведений "↑".
9. Включите протяжку диаграммной ленты с необходимой скоростью и запишите требуемое число циклов электрокардиограмм.

10. Запишите электрокардиограмму в остальных отведениях, устанавливая переключатель отведений в последующие отведения кратковременным нажатием на кнопку «↑».

Контрольные вопросы

1. Дайте определение электрокардиографии.
2. Объясните схему возникновения и распространения биопотенциалов сердца.
3. Охарактеризовать основные узлы проводящей системы сердца (изобразить схематически).
4. Изложите основные положения теории Эйнтховена.
5. Назовите отведения по Эйнтховену.
6. Изобразить схематически электрокардиограмму здорового сердца, объяснить происхождение зубцов, интервалов, сегментов.
7. Объясните блок-схему электрокардиографа. Назначение блоков.
8. Объясните порядок действий для снятия ЭКГ.
9. Объясните построение вектора ЭДС сердца.
10. Объясните методику определения вольтажа зубцов и расчёта временных интервалов ЭКГ.
11. Объясните роль электрокардиографии в клинической и экспериментальной медицине.

Для выполнения данной работы необходимо иметь:

1. Линейку, карандаш, клей бумажный, ножницы, транспортёр.

Литература:

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика: учебник/Под ред. В.Ф.Антонова.-М.:ГОЭТАР-Медиа, глава 18, стр. 272-282.
2. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, глава 14, стр. 262-265.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», стр.459-471.
4. Мурашко В.В., Струтынский А.В. – Электрокардиография, глава 1,2,3.
5. Конспект лекции по теме: Физические основы ЭКГ.