

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

Кафедра биомедицинской техники

Биофизические основы электрокардиографии и техника ее регистрации

Учебно-методическое пособие

Вологда
2014

Биофизические основы электрокардиографии и техника ее регистрации: учебно-методическое пособие / сост. А.Г. Кузьмин. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 31 с.

Рассмотрены физические основы электрокардиографии, устройство и работа составных частей электрокардиографа, а также аналоговые и цифровые электрокардиографы.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Конструкция и основы функционирования медицинских приборов и оборудования терапии и кардиологии» предназначено для студентов II курса направления 20100.62 «Биотехнические системы и технологии» и профиля подготовки «Инженерное дело в медико-биологической практике», очной формы обучения.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель А.Г.Кузьмин, канд. мед. наук, профессор

Рецензент А.Б.Архипов, заведующий ОФД БУЗ ВО «ВОКБ»

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что тело человека является электропроводной средой, внутри которой расположен источник биопотенциалов - сердечная мышца, поэтому разность биопотенциалов может возникать не только непосредственно на сердце, но и на поверхностных покровах тела.

Этот факт и дает возможность регистрировать биопотенциалы не только при непосредственном расположении отводящих электродов на сердце, но и на поверхности тела. Основные положения, принятые в электрокардиографии, были сформулированы А.Д. Уоллером в 1875 г.: 1) сердце - источник ЭДС; 2) организм - проводящая среда; 3) на поверхности тела возникают биопотенциалы.

В. Эйнтховен в 1912 г., рассматривая сердце как источник биотоков в объемном проводнике, предложил концепцию равностороннего треугольника, углы которого образуют три конечности: правая рука, левая рука, левая нога. В настоящее время приняты три основные стандартные отведения, предложенные В. Эйнтховеном: 1-е - правая рука-левая рука; 2-е - правая рука-левая нога и 3-е - левая рука-левая нога.

При дальнейшем развитии электрокардиографии стали применять грудные, пищеводные и другие отведения. В 1912 г. В.Ф. Зеленин впервые выдвинул идею о том, что электрокардиограмма представляет результат алгебраического суммирования сдвинутых во времени и противоположных по знаку двух монофазных кривых правой и левой половины сердца. Далее эта теория получила свое развитие в работах А.Ф.Самойлова.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ МИОКАРДА - РАБОТА СЕРДЦА

Сердце - это полый четырехкамерный мышечный орган конусовидной формы массой около 300 г (его размер соответствует сжатой в кулак кисти руки). Широкое основание сердца направлено вверх, кзади и вправо, а суженная часть - верхушка - вниз, кпереди и влево. Снаружи сердце покрыто перикардом, имеющим два листка: париетальный (наружный) и висцеральный (внутренний). Между листками расположена полость, содержащая небольшое количество жидкости (она уменьшает трение между листками при сокращении сердца). Париетальный листок образует вокруг сердца серозный мешок - околосердечную сумку. Висцеральный листок перикарда является наружной оболочкой сердца - эпикардом. Средняя оболочка - миокард состоит из поперечно-полосатой мышечной ткани.

Особенности строения миокарда следующие: волокна сердечной мышцы состоят из цепочки одно- и двухядерных клеток-миоцитов, между которыми имеются перегородки; соседние волокна связаны между собой цитоплазматическими мостиками. Межклеточные соединения в сердце не препятствуют

проведению возбуждения, благодаря чему мышца сердца подчиняется закону «все или ничего» (на раздражение отвечает либо возбуждением всех волокон, либо не реагирует вовсе; в нервных клетках и скелетных мышцах каждая клетка возбуждается изолированно). Мускулатура в левом желудочке наиболее мощная. Третья, внутренняя, оболочка сердца - эндокард выстилает полость сердца и образует створки - клапаны.

Сердце делится на правую и левую половины сплошной продольной перегородкой. В правой половине течет венозная кровь, в левой - артериальная. Каждая из половин состоит из двух отделов: предсердия и желудочка, полости которых связаны между собой предсердно-желудочковым отверстием. Отверстие в левой половине закрывается двустворчатым клапаном, а в правой - трехстворчатым. С помощью сухожильных нитей створки связаны с сосочковыми мышцами стенок желудочков, это не позволяет клапанам выворачиваться в сторону предсердий и не допускает обратного тока крови из желудочков в предсердия. Кроме створчатых, сердце имеет полулунные клапаны. Они расположены на границе левого желудочка и аорты и правого желудочка и легочного ствола. Эти клапаны открываются в сторону артерий и препятствуют обратному току крови. В правое предсердие поступает венозная кровь от всех органов (кроме легких) по верхней и нижней полым венам и коронарным венам сердца, а в левое предсердие - артериальная кровь по четырем легочным венам.

Сердечная мышца обладает свойством автоматии, т.е. способностью сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце. Импульсы возбуждения возникают в определенных участках миокарда, образующих проводящую систему сердца. В обычных (нормальных) условиях генератором автоматии сердца является синусный узел, который генерирует 60-80 импульсов в минуту, при этом активность остальных очагов автоматии подавлена. Но существуют водители ритма, которые в необычных условиях могут генерировать импульсы с разной частотой в зависимости от определенных участков миокарда: предсердно-желудочковый узел генерирует 40-60 импульсов в минуту, пучок Гиса - 20-30. В правом предсердии (в синусном узле) ритмично возникает возбуждение, которое затем распространяется на волокна всего миокарда. Автоматическое сокращение сердца продолжается и в условиях его изоляции от организма.

Работа сердца заключается в ритмическом нагнетании крови из вен в артерии. Эта функция выполняется благодаря попеременным ритмическим сокращениям и расслаблениям мышечных волокон миокарда. Систола (сокращение) и диастола (расслабление) согласованы и составляют цикл работы сердца. В нем различают три фазы: систола предсердий, систола желудочков, диастола предсердий и желудочков. При частоте сердечных сокращений (ЧСС) 75 ударов в минуту первая фаза длится 0,1 с, вторая - 0,3 с, третья - 0,4 с. Во время общей паузы кровь, вследствие разности давлений, притекает из вен в предсердия, а затем в желудочки. Во время систолы предсердий кровь из

предсердий продолжает поступать в желудочки (обратно в вены она попасть не может, так как при этом устья крупных вен сжимаются кольцевыми мышцами миокарда предсердий). В начале систолы желудочков давление в них повышается, створчатые клапаны захлопываются. Когда давление в желудочках становится выше, чем в аорте и легочном стволе, открываются полулунные клапаны, и кровь поступает в эти артерии. Во время диастолы желудочков полулунные клапаны захлопываются, так как давление крови в артериях становится выше, чем в желудочках.

В норме ЧСС взрослого человека колеблется от 60 до 80 ударов в минуту, у спортсменов 40-50, у новорожденных 140. При больших физических нагрузках частота сердцебиений увеличивается. Таким образом, она зависит от условий, в которых находится организм, а также от возраста человека. Объем крови, выбрасываемый сердцем за одну систолу, называют систолическим объемом. Величина систолического объема зависит от размеров сердца, состояния миокарда и организма в целом. У взрослого человека он равен 120-160 мл, при этом в сосуды из каждого желудочка поступает по 60-80 мл крови. У спортсменов систолический объем может увеличиваться до 170-190 мл. Минутный объем – количество крови, которое сердце выбрасывает в легочный ствол и аорту за 1 мин, равен 4,5-5,0 л. Эти показатели характеризуют функциональное состояние сердечной мышцы.

При работе сердца возникают звуки, называемые тонами сердца. Первый тон (систолический) возникает в начале систолы желудочков и обусловлен сокращением мускулатуры желудочков, а также захлопыванием створчатых клапанов. Второй (диастолический) – высокий и менее продолжительный, чем первый, зависит от замыкания полулунных клапанов. При некоторых заболеваниях характер тонов изменяется и появляются шумы.

Регуляция сердечной деятельности осуществляется блуждающим (парасимпатическим) нервом, который вызывает урежение ритма и уменьшение силы сердечных сокращений, а также симпатическими волокнами, оказывающими ускоряющее и усиливающее действие. Центры, регулирующие деятельность сердца, находятся в продолговатом и спинном мозге. Кроме того, имеются центры регуляции сердечной деятельности в гипоталамусе и коре больших полушарий. Изменение работы сердца происходит рефлекторно в ответ на самые различные раздражения, действующие на организм (тепло, холод, боль, изменения в мышцах во время работы, повышение давления в сосудах и т.д.).

Большую роль в регуляции деятельности сердца играют различные гуморальные влияния. Гормон надпочечников - адреналин учащает и усиливает работу сердца, ацетилхолин (медиатор) обладает противоположным эффектом, гормон тироксин учащает сердечный ритм. При резких физических нагрузках или состоянии эмоционального напряжения мозговой слой надпочечников выбрасывает в кровь большие количества адреналина, что приводит к резкому усилению сердечной деятельности.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ

Наибольшее распространение в медицинской практике в настоящее время получил метод изучения электрической активности сердца – электрокардиография.

Электрокардиограмма была впервые записана Уоллером в 1887 г., но широкое распространение получила после того, как В. Эйнтховен в 1903 г. использовал для регистрации биотоков сердца струйный гальванометр.

Экспериментальные данные показывают, что процесс распространения возбуждения по различным частям сердца сложен. Скорости распространения возбуждения варьируются в сердце по направлению и величине. В стенках предсердий возбуждение распространяется со скоростью 30-80 см/с, в атрио-вентрикулярном узле оно задерживается до 2-5 см/с, в пучке Гиса скорость максимальна - 100-140 см/с. В результате длины волн возбуждения $\lambda = Rv$, где R - период рефрактерности. В различных отделах системы проведения возбуждения длины волн будут различаться: в предсердиях $\lambda = 12$ см/с, в атрио-вентрикулярном узле 0,6, в ножках пучка Гиса – 30.

Полное описание электрического состояния сердца, математическое описание распределения мембранных потенциалов по всему объему сердца в каждой клетке и описание изменения этих потенциалов во времени невозможно.

В соответствии с принципом эквивалентного генератора сердце заменяют эквивалентным генератором тока, электрическое поле которого близко по свойствам электрическому полю, созданному сердцем. Токовый генератор с электродвижущей силой E имеет такое большое внутреннее сопротивление $r > R$, что созданный им ток $I = \varepsilon / (r + R)$ не зависит от сопротивления нагрузки R и $I \approx \varepsilon / r$. Для расчета потенциалов электрического поля, созданного генератором тока в однородной проводящей среде, генератор представляют в виде токового электрического диполя - системы из положительного и отрицательного полюса (источка и стока электрического тока), расположенных на небольшом расстоянии l друг от друга. Важнейший параметр токового диполя - дипольный момент:

$$\vec{p} = I l$$

Вектор p направлен от «-» к «+», от стока к источку, то есть по направлению электрического тока во внутренней цепи генератора тока. Если в условиях опыта l можно считать пренебрежимо малым, $l \ll 0$, то диполь называется точечным.

Для расчета потенциалов электрического поля токового диполя сначала рассматривается поле униполя – отдельно рассматриваемого одного из по-

люсов диполя. Потенциал электрического поля униполя можно рассчитать на основе закона Ома в дифференциальной форме.

Таким образом, разность потенциалов двух точек поля точечного электрического диполя, расположенных на одинаковом расстоянии от диполя, пропорциональна проекции дипольного момента на прямую, на которой лежат эти точки.

Исследуя изменения разности потенциалов на поверхности человеческого тела, можно судить о проекциях дипольного момента сердца и о биопотенциалах сердца. Эта идея положена в основу модели В. Эйнтховена, голландского ученого, создателя электрокардиографии, нобелевского лауреата начала XX века.

Основные постулаты модели В. Эйнтховена:

- электрическое поле сердца представляется как электрическое поле точечного токового диполя с дипольным моментом p , называемым интегральным электрическим вектором сердца (ИЭВС) (складывается из диполей разных частей сердца);

- ИЭВС находится в однородной изотропной проводящей среде, которой являются ткани организма;

- интегральный электрический вектор сердца p меняется по величине и направлению. Его начало неподвижно и находится в атриовентрикулярном узле, а конец описывает сложную пространственную кривую, проекция которой на фронтальную плоскость образует за цикл сердечной деятельности (в норме) три петли: P, QRS и T.

Очевидно, в этом случае в разных точках поверхности грудной клетки человека в некоторый момент времени будут возникать различные по величине и знаку электрические потенциалы. В следующий момент времени распределение этих потенциалов на поверхности тела изменится.

Изменение величины и направления вектора p за один цикл сокращения сердца объясняется последовательностью распространения волн возбуждения по сердцу: волна начинает распространяться от синусового узла по предсердиям (петля P), атриовентрикулярному узлу, по ножкам пучка Гиса к верхушке сердца и далее охватывает сократительные структуры к базальным отделам (комплекс QRS). Петле T соответствует фаза реполяризации кардиомиоцитов.

Эйнтховен предложил измерять разности потенциалов между двумя из трех точек, представляющих вершины равностороннего треугольника, в центре которого находится начало ИЭВС. О состоянии сердца судят по регистрируемым разностям потенциалов между вершинами равностороннего треугольника, которые приближенно расположены в правой (ПР) и левой (ЛР) руках и левой ноге (ЛН). По терминологии физиологов регистрируемая между двумя точками разность биопотенциалов называется отведением. Отведения нумеруют и в простейшем случае используют:

первое - ПР-ЛР; второе - ПР-ЛН; третье - ЛР-ЛН.

Руки и ноги рассматриваются как проводники, отводящие потенциалы от вершин треугольника Эйнтховена.

Предполагается, что расстояния от центра треугольника Эйнтховена до вершин одинаковы, и поэтому для расчета разности потенциалов каждого отведения можно воспользоваться формулой

$$U = K\rho \cos \alpha = K\rho:$$

$$\begin{aligned} \text{е:} \quad U_1 &= U_{ab} = \phi(\text{ЛР}) - \phi(\text{ПР}); \\ \text{е:} \quad U_2 &= U_{bc} = \phi(\text{ЛН}) - \phi(\text{ПР}); \\ \text{е:} \quad U_3 &= U_{ca} = \phi(\text{ЛН}) - \phi(\text{ЛР}). \end{aligned}$$

Разность потенциалов i -го отведения прямо пропорциональна проекции интегрального электрического вектора сердца $\mathbf{r}$ на линию этого отведения: $U \sim \mathbf{r}$.

В приближении, что:

- полученный треугольник - равносторонний (рис. 1);
- точка приложения вектора $\mathbf{p}$ находится в центре треугольника и не меняет своего положения;

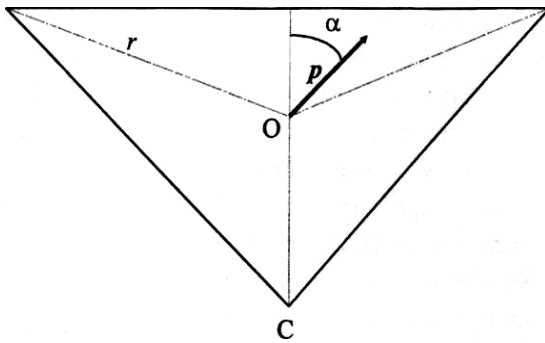


Рис. 1. Треугольник Эйнтховена,
 $OA = OB = OC = r$

– плечо вектора много меньше расстояний от центра диполя до вершин треугольника;

– легко определяется связь разностей потенциалов между точками, лежащими в вершинах треугольника с проекциями вектора дипольного момента на соответствующие стороны треугольника.

Разность потенциалов, например между точками А и В (первое отведение):

$$U_{AB} = U_1 = \varphi_A - \varphi_B = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} (\cos(120^\circ + \alpha) - \cos(120^\circ - \alpha)) = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} (-\sqrt{3} \sin \alpha)$$

$$\begin{aligned} \varphi_A + \varphi_B + \varphi_C &= \frac{P}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} (\cos \alpha + \cos(120^\circ - \alpha) + \cos(120^\circ + \alpha)) = \\ &= \frac{P}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} (\cos \alpha + \cos 120 \cos \alpha + \sin 120 \sin \alpha + \cos 120 \cos \alpha - \sin 120 \sin \alpha) = \\ &= \frac{P}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} (\cos \alpha - 0,5 \cos \alpha - 0,5 \cos \alpha) = 0 \end{aligned}$$

Проекция p на направление AB

$$P_{AB} = \vec{p} \sin \alpha$$

Отношение U_{AB}/P_{AB} не зависит от ориентации диполя. Поэтому при выполнении перечисленных выше условий

$$U_{AB} : U_{BC} : U_{CA} = P_{AB} : P_{BC} : P_{CA}$$

Отведения позволяют, таким образом, определить соотношение между проекциями электрического момента сердца на стороны треугольника и решить задачу о направленности электрической оси сердца.

Электрокардиограмма (рис. 2) – это график временной зависимости разности потенциалов в соответствующем отведении, а значит, и временной зависимости проекции ИЭВС на линию отведения.

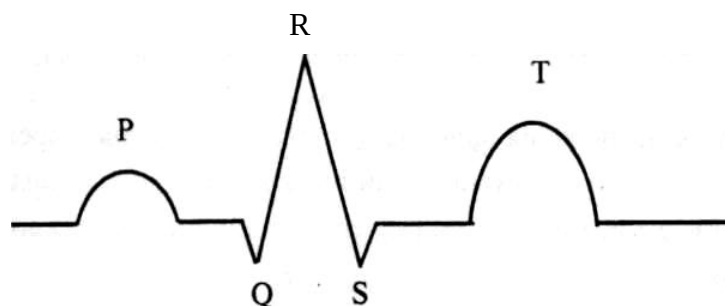


Рис. 2

Электрокардиограмма представляет собой сложную кривую с пятью зубцами P , Q , R , S , T , соответственно петлям, и тремя интервалами нулевого потенциала. Для любого выбранного момента времени направление и модуль интегрального электрического вектора сердца имеют определенную величину, но проекции этого вектора на три отведения различны. Поэтому ЭКГ в первом, втором и третьем отведениях имеют разные амплитуды и конфигурации одноименных зубцов.

Гармонический спектр электрокардиограммы (набор простых синусоидальных колебаний, на которые, согласно теореме Фурье, можно разложить сложное колебание) в основном содержит частоты от 0 до 100 Гц (рис. 3).

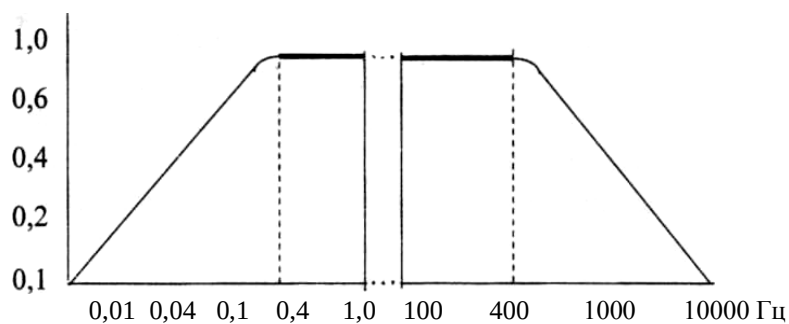


Рис. 3

Три отведения не дают полной информации о работе сердца. Поэтому современная кардиология использует 12 стандартных отведений и ряд специальных.

Однако модель Эйнтховена не является строгой. Она имеет ряд допущений:

- организм не является однородной электропроводной средой: кровь, лимфа, сосуды, мышцы и другие ткани имеют различные удельные проводимости. Кроме того, проводимость меняется со временем, например при вдохе и выдохе;

- вектор p , вращаясь, создает сложную объемную фигуру, а не проекцию лишь на одну плоскость, и начало его может смещаться;

- не представляется возможным точно описать изменения сердца только изменением момента одного точечного диполя.

Однако медицинская практика показывает, что эти недостатки не столь существенны. Модель Эйнтховена успешно используется в электрокардиографии.

В научных исследованиях разработана более точная мультидипольная модель сердца, учитывающая, что сердце имеет конечные размеры. В этой модели сердце представляется не одним, а многими диполями.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ КАК МЕТОД МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Электрокардиография (ЭКГ) – метод графической регистрации изменений разности потенциалов сердца (или электродвижущей силы - ЭДС), возникающей в течение процессов возбуждения (деполяризации) миокарда, продолжающегося в среднем 0,05-0,08 с, и восстановления (реполяризации) длительностью в среднем 0,26-0,36 с. Большое число ЭДС, возникающих в отдельных миокардиальных волокнах, может быть представлено как моментными векторами, характеризующими направление и величину результирующей ЭДС в определенные моменты сердечного цикла, так и в виде интегрального вектора, суммарно отражающего те же параметры ЭДС в течение периода возбуждения.

Наиболее важными моментными векторами считают векторы периода возбуждения - вектор 0,01 с, или вектор Q; вектор 0,03-0,04 с, или вектор R; вектор 0,05-0,07 с, или вектор S, и один вектор периода восстановления - вектор T. Анализ изменений интегрального вектора и главных моментных векторов и их взаимоотношений важен при оценке функционального состояния определенного отдела миокарда или сердца в целом.

Отведение биопотенциалов сердца с определенных участков поверхности тела человека осуществляется с помощью электродов, определенное соеди-

нение которых друг с другом и электрокардиографом формирует систему электрокардиографических отведений.

Обычно используют 12 отведений - 3 стандартных (1, 2, 3-е) и 3 усиленных однополюсных (aVR, aVL, aVF) от конечностей и 6 грудных однополюсных (V1-V6).

Отведения от конечностей дают возможность характеризовать ЭДС сердца во фронтальной плоскости, грудные - в горизонтальной. При подозрении на гипертрофию правого желудочка применяют дополнительно грудные отведения V4R и V3R, иногда для выявления гипертрофии левого желудочка на фоне преимущественной гипертрофии правого желудочка и в некоторых других случаях используют отведение V7 (электрод - по левой задней подмышечной линии).

У детей до 7-8 лет для отведений от конечностей применяют прямоугольные (размером 3-4 x 1,5-2 см) или овальные (диаметром 3,5—4 и 2-3 см) электроды, а для грудных отведений у детей до 3 лет - круглые электроды диаметром 10-15 мм, 4-8 лет - 15-20 мм; у более старших детей используют электроды, применяемые для взрослых.

При записи ЭКГ одновременно регистрируют (путем нажатия специальной кнопки) калибровочный сигнал (К) величиной 1 мВ, амплитуда которого должна быть равна 10 мм (что достигается регулировкой усиления прибора). Однако у детей запись ЭКГ в грудных отведениях в ряде случаев приходится проводить при амплитуде К=5 мм (в связи с высоким вольтажем комплекса QRS). Запись ЭКГ проводят у детей при скорости движения бумаги 50, иногда 100 мм/с.

ТИПЫ ПРИБОРОВ

ЭКГ регистрируют с помощью электрокардиографов (рис. 4) - одноканальных, записывающих последовательно одно отведение за другим (ЭКПСЧ-3, «Малыш»), или многоканальных, записывающих сразу несколько отведений, а также фонокардиограмму, сфигмограмму (система аппаратов ЭЛКАР, 6НЕК-3, «Mingograf-34» или «Mingograf-81»). Все применяемые электрокардиографы подразделяются на приборы с непосредственным воспроизведением ЭКГ - чернильно-пишущие (ЭЛКАР, ЭКПСЧ-3), с тепловой или струйной записью, регистрацией через копировальную бумагу (6НЕК-3) или на специальной бумаге, чувствительной к ультрафиолетовым лучам, и аппараты с фотозаписью (ЭКПС-2). Более удобны приборы с непосредственной записью, однако почти все они недостаточно хорошо воспроизводят высокочастотные компоненты ЭКГ (что особенно важно у детей).

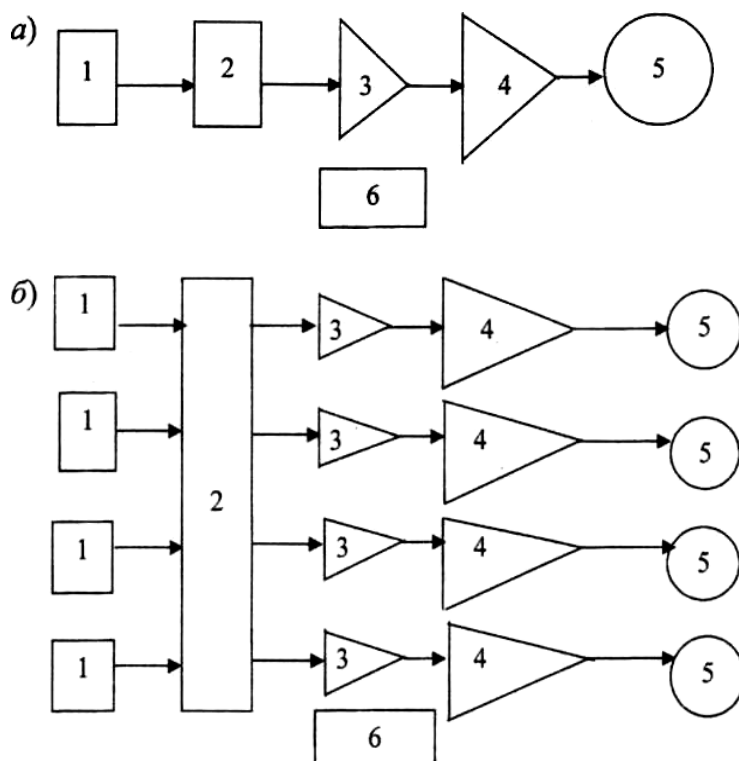


Рис. 4. Блок-схемы одно- (а) и многоканального (б) электрокардиографов: 1 - электроды, накладываемые на определенный участок тела пациента; 2 - входной блок (коммутатор отведений, калибратор); 3 - предварительный усилитель; 4 - блок усилителя мощности; 5 - регистратор; 6 - блок питания

Все электрокардиографы можно разделить (классифицировать) по типу преобразования входного сигнала на аналоговые, цифровые и цифроаналоговые.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ ЭК1Т-03М2

Назначение

Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 - это одноканальный прибор с перьевой записью на теплочувствительной диаграммной ленте, предназначенный для измерения и графической регистрации биоэлектрических потенциалов сердца в медицинских учреждениях и в условиях скорой помощи (рис. 5). Он может быть использован для регистрации электрокардиограмм, переданных по телефонному каналу при помощи комплекса аппаратуры «Салют».

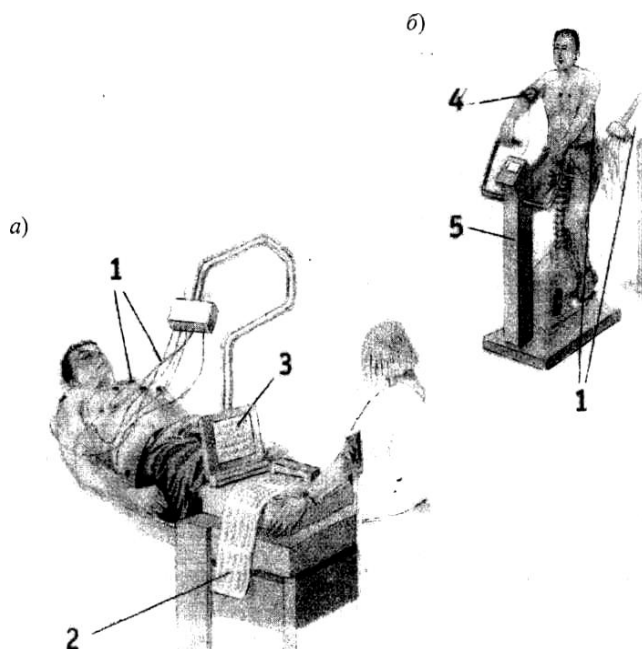


Рис. 5. Регистрирующий электрокардиограф в состоянии покоя (а) и при физической нагрузке на велоэргометре (б): 1 - электроды; 2 - регистрация ЭКГ на бумажной ленте; 3 - кардиомонитор; 4 - тонометр; 5 - велоэргометр

Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 относится к группе 2 (переносной) по ГОСТ 20790-82, выпускается в двух модификациях:

с комбинированным питанием - питание от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 или 60 Гц или от входящего в комплект аккумуляторного блока питания БПА;

с сетевым питанием - питание от сети переменного тока напряжением 220В частотой 50 или 60 Гц.

Изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории 4.2 по ГОСТ 20790-82. Условия эксплуатации: температура окружающей среды от +10 до +35 °С, относительная влажность воздуха 80 % при 25 °С, атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст.

По электробезопасности соответствует классу 2 типа В по ГОСТ 12.2.025-76 и не предназначен для снятия электрокардиограмм с помощью внутрисердечных электродов.

Технические данные

Электрокардиографы ЭК1Т-03М2 обеспечивают регистрацию отведений 1, 2, 3, aVR, aVL, aVF, V. Чувствительность 5, 10, 20 мм/мВ, диапазон регистрируемых сигналов от 0,03 до 5 мВ.

Относительная погрешность измерения напряжения в диапазонах:

от 0,1 до 0,5 мВ - не более ± 20 %;

от 0,5 до 4 мВ - не более ± 10 %.

Относительная погрешность измерения интервалов времени в диапазоне интервалов времени от 0,1 до 1,0 с не более 10 %.

Эффективная ширина записи канала не менее 40 мм, скорость движения носителя записи 25 и 50 мм/с, относительная погрешность скорости движения носителя записи не более ± 5 %.

Амплитудно-частотная характеристика:

в диапазоне частот от 0,5 до 60 Гц линейный размер размаха регистрируемого сигнала должен составлять от 90 до 105 % от линейного размера размаха регистрируемого сигнала на частоте 10 Гц;

на частоте 75 Гц линейный размах регистрируемого сигнала должен составлять от 70 до 105 % от линейного размера размаха регистрируемого сигнала на частоте 10 Гц.

Входной импеданс не менее 5 МОм; коэффициент ослабления синфазных помех не менее 30000; уровень внутренних шумов, приведенный ко входу, не более 25 мкВ.

Мощность, потребляемая от сети переменного тока напряжением (220 $\pm$ 22) В частотой 50 или 60 Гц, не более 20 В А. Мощность, потребляемая от прилагаемого БПА, не более 10 Вт.

Средняя наработка на отказ не менее 2500 ч. Полный установленный срок службы не менее 3 лет. Полный средний срок службы не менее 6 лет. По возможным последствиям отказа относится к классу В по ГОСТ 23256-86.

Габаритные размеры (не более): длина 275 мм; ширина 208 мм; высота 102 мм. Масса (не более): с сетевым блоком питания 3,9 кг; с БПА 4,5 кг.

Электрокардиограф имеет, наряду с основной, дополнительную изоляцию сетевой цепи относительно рабочей части и корпуса прибора, испытанную переменным испытательным напряжением величиной не менее 4000 В и обеспечивающую электрическую безопасность пациента и обслуживающего персонала без применения защитного заземления.

Обеспечена защита электрокардиографа от рабочих импульсов дефибриллятора. Время установления рабочего режима не более 1 мин.

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

Принципы работы блоков

В состав изделия, кроме электрокардиографа ЭК1Т-03М2 с установленным сетевым блоком питания (БПС), входят: футляр; блок питания аккумуляторный (БПА); зарядное устройство БПА; 4 электрода для конечностей; 4 резиновые ленты крепления электродов; 4 кнопки крепления электродов; грудной присасывающийся электрод; 2 кабеля отведений; кабель заземления; трубочина для подключения кабеля заземления; отвертка; ключ; комплект запасных частей.

Примечания: 1. При поставке модификации с сетевым питанием из состава изделия исключаются БПА и зарядное устройство БПА. 2. Комплект запасных частей и их количество указаны в формуляре (паспорте), поставляемом с каждым конкретным изделием. 3. При совместной работе с дефибриллятором применяется специальный кабель отведений, содержащий дополнительные элементы защиты (балластные резисторы), на кабеле имеются символы для обозначения защиты от дефибрилляции (фигура человека между электродами).

При работе без дефибриллятора не рекомендуется пользоваться специальным кабелем.

Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 состоит из следующих частей:

- блока управления, в который входят плата управления с органами управления, усилитель биопотенциалов, усилитель регистратора, стабилизатор скорости;
- лентопротяжного механизма (ЛПМ), в котором размещены лентопротягивающее устройство с электроприводом, поляризованный электромагнитный гальванометр-преобразователь, плата индикации разряда аккумуляторной батареи (АБ) БПА, плата стабилизаторов положительного на-

пряжения (+9 В) и отрицательного напряжения (-9 В) с регулятором смещения пера;

- блока питания (сетевого или аккумуляторного).

Органы управления и индикаторы режимов работы:

- кнопка включения питания;
- индикатор разряда АБ (светится при разряде батареи ниже 11,8 В);
- регулятор смещения пера;
- 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»;
- вилка подключения кабеля отведений;
- индикаторы переключателя отведений;
- кнопка переключения отведений в обратной последовательности;
- кнопка переключения отведений в прямой последовательности;
- индикатор включения успокоения (светится при включении успокоения);
- кнопка включения успокоения «О»;
- кнопка включения калибровочного напряжения «1 mV»;
- индикатор включения скорости движения носителя записи 50 мм/с (светится при включении);
- кнопка включения скорости 50 мм/с «50»;
- индикатор включения скорости движения носителя записи 25 мм/с (светится при включении);
- кнопка включения скорости 25 мм/с «25»;
- кнопка переключения чувствительности ЭК;
- индикаторы чувствительности (светится один из индикаторов, соответствующий включенной чувствительности ЭК).

Примечание. Индикатор разряда АБ отсутствует в модификации с сетевым питанием.

Структурная схема электрокардиографа:

- кабель отведений;
- плата управления;
- плата усилителя биопотенциалов;
- плата усилителя регистратора;
- блок гальванометра-преобразователя с емкостным датчиком отрицательной обратной связи (ООС) по углу поворота ротора;
- плата стабилизатора скорости;
- двигатель коллекторный постоянного тока;
- редуктор;
- ЛПМ;

- оптоэлектронный датчик ООС по скорости двигателя ЛПМ;
- блок питания.

Все режимы работы ЭК определяет плата управления, на которой расположены псевдосенсорные кнопки и схемы управления исполнительными элементами, а также светодиодные индикаторы режимов работы.

Биоэлектрические сигналы, снимаемые электрокардиографическими электродами с тела пациента, через кабель отведений с элементами защиты (балластные резисторы) от воздействия импульсов дефибриллятора поступают на вход усилителя биопотенциалов (УБП).

В УБП сигналы усиливаются, происходит формирование кардиографических отведений. Источник калибровочного сигнала 1 мВ, имеющийся в УБП, позволяет подавать сигнал в любом отведении. УБП, за счет специального схемотехнического решения, имеет большой коэффициент подавления помех.

С выхода УБП биоэлектрические сигналы поступают на вход усилителя регистратора (УР). В УР происходит дальнейшее усиление электрокардиосигналов (ЭКС) до величины, обеспечивающей работу регистрирующего элемента – гальванометра с укрепленным на его оси тепловым пишущим пером. В УР также происходит ограничение ЭКС по величине и скорости для исключения биения теплового пера по механическим упорам, уменьшения величины выброса, формирование необходимой частотной характеристики и чувствительности тракта, а также ускоренное успокоение переходных процессов (при нажатии на кнопку включения успокоения «О» или автоматически при переключении отведений). К выходу УР подключен поляризованный электромагнитный гальванометр-преобразователь (ГТЭП), входящий в блок гальванометра-преобразователя.

На ПЭП, кроме теплового пера, установлен емкостный датчик положения (угла поворота), состоящий из подвижного сектора и двух неподвижных печатных плат. На верхней плате расположены 4 сектора дифференциального конденсатора, к которым подведено напряжение от задающего мультивибратора, а на нижней плате коррекции – обкладка конденсатора кольцевой формы, с которой снимается выходное напряжение датчика, и подключенный к обкладке истоковый повторитель.

Между обкладками емкостного датчика перемещается насаженный на вал ротора ПЭП, соединенный с корпусом прибора плоский металлический сектор, изменяющий величину емкостей между собой и печатными обкладками.

Мультивибратор, подающий на вход датчика высокочастотное напряжение прямоугольной формы (частотой 25 кГц), расположен на плате, укрепленной на корпусе ПЭП.

С выхода истокового повторителя сигнал ООС по положению, амплитуда которого зависит от отклонения подвижного сектора от исходного положения, а фаза – от направления этого отклонения, подается на вход фазочувстви-

тельного усилителя, расположенного на печатной плате, также установленной на корпусе ПЭП. Сигнал постоянного тока с выхода фазочувствительного усилителя является выходным сигналом блока гальванометра-преобразователя. Датчик положения применен для охвата части УР и ПЭП отрицательной обратной связью по положению (углу поворота) ротора ПЭП, позволяющей свести к минимуму сигнал ошибки (разность между ЭКС и сигналом датчика положения), обеспечить минимальное значение гистерезиса записи (не более 0,5 мм).

Лентопротяжный механизм (ЛПМ) приводится в движение коллекторным электродвигателем постоянного тока через редуктор. Двигатель управляется импульсным стабилизатором скорости, расположенным на плате стабилизатора скорости. Скорость вращения вала электродвигателя определяется частотой импульсов задающего генератора стабилизатора скорости.

Поддержание стабильности скорости вращения достигается регулировкой длительности импульсов управления электродвигателем, определяемой сдвигом во времени между импульсами задающего генератора и оптоэлектронного датчика скорости, расположенного на валу электродвигателя.

Таким образом, стабилизация скорости достигается охватом двигателя и стабилизатора ООС по скорости двигателя. На плате стабилизатора скорости также расположен импульсный регулятор накала пера, имеющий три автоматически устанавливаемых режима:

- предварительный накал при выключенном ЛПМ;
- средний накал при скорости ЛПМ 25 мм/с;
- максимальный накал при скорости ЛПМ 50 мм/с.

Кроме того, на плате стабилизатора скорости расположены три вторичных источника питания:

- источник отрицательного напряжения 13 В;
- источник отрицательного напряжения 25 В;
- источник питания индикаторов, выдающий прямоугольные импульсы +13 В со скважностью, равной 4.

Система питания электрокардиографа состоит из сменных первичных источников питания (блок питания сетевой или аккумуляторный) и вторичных источников питания (три источника, расположенные на плате стабилизатора скорости, и стабилизаторы напряжений +9 В и -9 В, расположенные на плате стабилизатора напряжения).

Сетевой блок питания (БПС) предназначен для питания электрокардиографа от сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В.

В БПС находится сетевой трансформатор, который понижает питающее напряжение до уровня, необходимого для работы электрической схемы. С одной вторичной обмотки трансформатора через выпрямитель нестабилизированное напряжение +14 В поступает на плату стабилизатора скорости для питания нагревательного элемента теплового пера и электродвигателя ЛПМ. С

другой вторичной обмотки через выпрямитель и стабилизатор стабилизированное напряжение +13 В подается на блок управления электрокардиографа. БПА состоит из 11 герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов емкостью 1,5 Ач. БПА устанавливается вместо БПС. Заряд АБ ведется от специального зарядного устройства. Плата индикации предназначена для контроля напряжения АБ БПА.

При разряде АБ до напряжения $(11,8 \pm 0,2)$ В начинает постоянно светиться индикатор, предупреждая о необходимости окончания работы от БПА и заряда батареи. При дальнейшем снижении напряжения до $(11 \pm 0,2)$ В происходит отключение АБ.

Подготовка к работе

Установить электрокардиограф в удобное для оператора положение. Заправить электрокардиограф диаграммной лентой: приподняв левый край столика ЛПМ, установить столик в вертикальное положение. Выдвинуть столик из-под обремененного валика влево и достать его из прибора;

установить рулон ленты на вращающуюся втулку так, чтобы при вытягивании ленты рулон вращался по часовой стрелке;

придерживая конец диаграммной ленты, уложенной поверх направляющих роликов на рабочей поверхности столика, установить столик в рабочее положение.

Для заправки следует применять ленту диаграммную ТУ 29.01-59-83, реестровый номер 2749.

Установить переключатель вида работ в положение записи электрокардиограмм (нижнее положение).

Подключить сетевой кабель к розетке сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В.

Подключить кабель отведений к электрокардиографу, соединив розетку кабеля отведений с вилкой электрокардиографа до упора и завернув накидную гайку.

Перед наложением электродов на конечности пациента и на грудную клетку согласно общепринятой методике поверхность электродов, контактирующих с телом пациента, продезинфицировать 1 %-ным раствором хлорамина и протереть насухо. Для улучшения контакта под электроды рекомендуется уложить прокладки (по размеру электродов) из марли или фильтровальной бумаги, смоченные физиологическим раствором и слегка отжатые.

Закрепить электроды на конечностях пациента при помощи резиновых лент и кнопок. Соединить провода кабеля отведений с электродами, наложенными на пациента. Провода кабеля отведений подсоединяются к электродам в следующем порядке:

красный (R) - к электроду на правой руке;

желтый (L) - к электроду на левой руке;

зеленый (F) - к электроду на левой ноге;
черный (N) - к электроду на правой ноге;
белый (C) - к присасывающемуся электроду на грудной клетке.

При совместной работе с дефибриллятором необходимо пользоваться только специальным кабелем отведений БИ4.855.879.

Порядок работы

Включить 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 «1 mV».

Установить чувствительность электрокардиографа 10 мм/мВ, нажимая кнопку переключателя чувствительности.

Установить тепловое перо на середину поля записи регулятором смещения пера.

Выключить успокоение, кратковременно нажав на кнопку включения успокоения.

Включить протяжку диаграммной ленты со скоростью 25 мм/с, кратковременно нажав на кнопку включения скорости «25».

Записать два-три калибровочных сигнала, кратковременно нажимая на кнопку калибровки «1 mV», указывающих на чувствительность электрокардиографа.

Выключить протяжку ленты, кратковременно нажав на кнопку включения скорости «25».

Установить переключатель отведений в положение «1», кратковременно нажав на кнопку переключателя отведений «V».

Включить протяжку диаграммной ленты с необходимой скоростью (25 или 50 мм/с) и записать требуемое число циклов электрокардиограмм.

Записать электрокардиограмму в остальных отведениях, устанавливая переключатель отведений в последующие отведения кратковременным нажатием на кнопку «V». При переключении отведений успокоение включается автоматически на время, равное 1 с. В случае необходимости увеличения времени успокоения следует включить успокоение, кратковременно нажав на кнопку «0». Если при регистрации электрокардиограммы размах записи превышает ширину поля записи или, наоборот, размах записи слишком мал, что затрудняет исследование, следует изменить чувствительность электрокардиографа.

Установив чувствительность 5 мм/мВ или 20 мм/мВ, следует снова записать калибровочные импульсы, указывающие чувствительность электрокардиографа, и зарегистрировать электрокардиограмму в нужном отведении. Запись калибровочного сигнала может проводиться в любом отведении.

Для получения качественной записи электрокардиограммы необходимо, чтобы пациент лежал в удобном положении, был расслаблен и спокоен. Во время записи электрокардиограммы пациент не должен касаться корпуса электрокардиографа, а оператору не следует одновременно касаться пациента и электрокардиографа.

ОДНОКАНАЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ ЭК1Т-04

Одноканальный портативный электрокардиограф ЭК1Т-04 – надежный и удобный прибор для повседневной работы в клиниках, в службе скорой и неотложной помощи, при посещении пациента на дому, в частной медицинской практике. Электрокардиограф регистрирует кардиографическое отведение в ручном и автоматическом режимах, может использоваться в качестве усилителя биопотенциалов или регистратора электрических сигналов при подключении внешних устройств через дополнительный вход.

Регистрируемые отведения: 1, 2,3, avr, avl, avf, V1-V6; диапазон регистрируемых сигналов: от 0,03 до 5 мВ; чувствительность: 5, 10, 20 мм/мВ; скорость движения носителя записи: 25, 50 мм/с; входной импеданс: не менее 5 МОм; питание от сети переменного тока: 200 В, 50 Гц; потребляемая мощность: не более 30 Вт; электробезопасность: II класс, тип BF; масса: не более 3,5 кг; масса блока питания: не более 1,5 кг; габаритные размеры прибора: 265х222х85 мм; блока питания 195х80х85 мм; комплект поставки: электрокардиограф, блок питания, кабель пациента, кабель заземления, 4 конечностных прижимных электрода, 6 грудных присасывающихся электродов, футляр.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ Delta 3 Plus

Наилучший образец в семействе электрокардиографов Delta. Delta 3 Plus производится в трех различных версиях: базовая трехканальная версия, 3/6 канальная версия, 3/6 канальная версия с интерпретацией. Все версии прибора имеют основные свойства семейства Delta: регистрация ЭКГ происходит в реальном времени с синхронизацией отведений ЭКГ, возможность работы как в автоматическом, так и в ручном режимах. Высокочувствительный термопринтер производит исключительно четкую запись ЭКГ. Встроенные фильтры обеспечивают защиту от мышечного тремора и сетевых помех, слежение за изолинией. Регистрация ЭКГ на бумаге дополняется указанием использованных параметров (фильтры, ЧСС, скорость, чувствительность, время и дата регистрации). Дополнительно возможно запрограммировать имена врача и пациента. Устройство работает как от сети, так и от встроенных аккумуляторных батарей. Буквенно-цифровой LCD-экран показывает ЧСС и текущие операционные сообщения. Дополнительно возможна комплектация трехка-

нальным LCD-дисплеем и стандартным интерфейсом RS-232 для подключения к персональному компьютеру с использованием программного обеспечения Delta-Link. Техническая характеристика: отведения: 12; каналы: 1/3;

печать: автоматические режимы: программируемый режим, автоматический поиск аритмии, режим интерпретации;

записывающая система: термозапись 8 точек/мм; термобумага: Z-образная 112x100x300 мм;

скорость записи: 6,25-12,5-25-50 мм/с; чувствительность: 5-10-20 мВ; LCD-дисплей: знаково-цифровой;

цифровые фильтры: 50/60 Гц сетевой фильтр, 0,5 Гц фильтр дрейфа, 3 переключаемых фильтра мышечного тремора;

вход/выход: последовательный RS-232, 2 входа 0,25-0,5-1В/см, 3 выхода 0,25-0,5-1 В/мВ;

частотный диапазон: 0,05-120 Гц (-3 дБ); постоянная времени: > 3,2 с; С.М.Р.Р.: >100 дБ; входное сопротивление: > 100 МОм; ток утечки: < 10 мА;

защита от дефибрилляции: в соответствии с требованиями IEC 601-1; источник питания: 230 В, 50 Гц, 115 В, 60 Гц, встроенные аккумуляторы;

предохранители: 2 типа Т250 мА, 5x20 мА (230 В);

потребляемая мощность: 30 Вт;

автотест: функциональный тест и тест принтера;

класс защиты: IEC 601-1, класс I;

габаритные размеры: 313x239x61 мм;

масса: 2,9 кг.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ «ЛЕКАРД»

Портативный трехканальный электрокардиограф «Лекард» предназначен для диагностических обследований в любых условиях. Современное микропроцессорное управление позволяет автоматизировать процесс регистрации ЭКГ. Диалог с пользователем отображается на жидкокристаллическом дисплее. Помимо синхронного ввода и регистрации электрокардиосигнала, 12 стандартных отведений, возможен съем любых дополнительных отведений, а также отведений по Франку и Нэбу.

Отображение результатов ЭКГ-исследования осуществляется в любом известном формате, как отечественном, так и европейском или американском, в виде «представительных» кардиоциклов, что значительно облегчает проведение сравнения результатов нескольких исследований у конкретного пациента. Растровая термопечать гарантирует высокое качество отображения электрокардиографических кривых.

В электрокардиографе «Лекард» реализована оригинальная функция «минихолтеровского» мониторингирования с применением лекарственных проб. Возможен съем ЭКГ у пациентов с имплантированным кардиостимулятором.

Энергонезависимая память сохраняет ЭКГ на 16 пациентов в полном объеме в течение 24 часов после отключения электропитания. Это позволяет проводить плановые обследования по палатам, а анализ электрокардиограмм осуществлять в кабинете функциональной диагностики, подключив электрокардиограф к компьютеру со стандартным интерфейсом RS-232. Экспертная система «СКАЗ» обеспечивает клиническую интерпретацию ЭКГ.

Высокие технические характеристики и широкие возможности «Лекарда» ставят его в один ряд с лучшими электрокардиографами данного класса:

отведения: 12 общепринятых, ортогональные по Франку и любые дополнительные отведения;

вид печати: цифровой терморегистратор с высоким разрешением, бумага рулонная шириной 112 мм;

скорость регистрации: 25, 50 мм/с; чувствительность: 10, 20 мм/мВ; количество разрядов АЦП: 12;

печать: выбор параметров печати, получение любого числа копий;

распечатываемая информация: идентификационный номер пациента, скорость, чувствительность, постоянная времени;

безопасность: класс II, тип BF по МЭК 601 с защитой от импульсов дефибриллятора;

автотестирование: система автотестирования основных узлов прибора;

индикация: отображение на ЖКИ информации о работе прибора;

память: до 16 ЭКС по методике 12 общепринятых отведений длительностью 10 с в течение 24 ч после отключения электропитания;

цифровой выход RS 232.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ AR600 adv

1-3 канальный электрокардиограф; принтер с термоголовкой; буквенно-цифровая клавиатура; ИК-порт для связи с ПК; память последней ЭКГ. Дополнительные возможности: память на 20 ЭКГ; 3-канальная печать ЭКГ; автоматическое измерение интервалов; интерпретация;

анализ variability сердечного ритма; выявление аритмий; архивация ЭКГ на ПК;

мониторинг ЭКГ в режиме реального времени.

Техническая характеристика: запись: ручная / авт.;

кол-во отведений: 12; каналы печати: 1-3;

тип печати: цифровая термоголовка;

ширина бумаги: 60 мм; тип бумаги: рулон /пачка;

скорость протяжки: 25-50 мм/с; чувствительность: 5-10-20-авт. (мм/мВ);

функция копирования; контроль отсоединения электрода;

диапазон частот: 0,05-150;

фильтры: сетевой / антидреф; входное сопротивление: > 100 МОм;

клавиатура: буквенно-цифровая; графический дисплей: 32x120;
запись данных пациента;
запись данных пользователя; дата и время записи;
ИК-порт; ЧСС на дисплее;
размер: 250x185x60 мм; вес: 1,0 кг.

Опции: измерение интервалов; интерпретация; выявление аритмий; вариабельность сердечного ритма; дополнительная память: 20 ЭКГ; архивация на ПК; мониторинг ЭКГ.

12-КАНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ CARDIOMAX FX-4010 FUKUDA (Япония)

12-канальный электрокардиограф, измеряет и анализирует данные 12 стандартных отведений, используя микропроцессорную технологию. Cardiomax FX-4010 - компактный и портативный прибор. Благодаря дополнительной перезаряжаемой батарее он может использоваться для проведения медицинского обследования в любом месте.

Прибор поставляется в 3 модификациях в зависимости от установленных в аппарате картриджей:

FX-4010 (без картриджа) - ручной и автоматический режимы регистрации;

FX-4010 (с картриджем PC-4010) - дополнительные функции: программа измерения, тестирование R-R, архивирование;

FX-4010 (с картриджем PC-4011) - электрокардиоанализатор: измерения, анализ и интерпретация результатов с регистрацией в ручном и автоматическом режимах, регистрация аритмий, R-R тренда, память.

Основные измерения: ЧСС, R-R интервал, QRS, QT, QTc, электрическая ось, SV1, RV5(6).

Интерпретация и код: приблизительно 110 типов. Код Миннесоты: приблизительно 130 типов. Оценка Grade judgment: 4 типа. Оценка Exercise judgment: 3 типа (только состояние покоя). Возможности:

синхронная регистрация 12 отведений;

термопринтер высокого разрешения, рулонная или Z-образная термобумага шириной 210 мм;

фильтры изолинии и сглаживания; встроенное зарядное устройство; размеры: 378x338x101 мм; вес: 8 кг;

сеть: 220-240 В, 50 Гц; встроенные Ni-Mg аккумуляторные батареи;

потребляемая мощность: максимально 120 Вт;

ЖК дисплей с подсветкой 320x240 точек для графических сигналов ЭКГ, цифр, букв, меток;

скорость подачи бумаги: 10-25-50 мм/с; термопечать: 8 точек/мм;

термобумага: рулонная 210x30 м, Z-образная 210x154x30 м;

температура эксплуатации: 10—40° С;
относительная влажность: 25-95 % (без конденсации);
давление воздуха: 70-106 кПа; блок ЭКГ;
вход пациента полностью изолирован, защита от дефибриллятора;
ток утечки: стандарт безопасности CF по IEC 601-1;
класс защиты I по IEC 601-1;
фильтры мышечной активности: 25/35 Гц (-3 дБ);
фильтры сетевые: 50 или 60 Гц (-20 дБ);
синхронная запись активных сигналов от электродов;
цифровое разрешение: 5 мкВ;
частота выборки: 4000 Гц;
динамический разброс: +/-18 мВ AC;
максимальный электродный потенциал: +/-300 мВ DC;
постоянная времени: 3,2 с;
полоса пропускания: от 0,05 до 150 Гц (-3 дБ);
входной импеданс: >50 МОм.
Базовая конфигурация: кардиограф;
10-электродный кабель пациента; 4 электрода для конечностей; 6 грудных электродов; регистрационная бумага; сетевой кабель; гель для ЭКГ.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ KARDI (цифровой компьютерный электрокардиограф)

Созданный с использованием самой современной элементной базы ведущих фирм (22-разрядных параллельных S-D-преобразователей, микро-мощных программируемых логических матриц, модульных источников питания) электрокардиограф серии KARDI обладает уникальными техническими и эксплуатационными характеристиками, позволяющими эффективно применять прибор в различных областях медицины - от научных исследований до рутинной клинической электрокардиографии и прикроватного мониторинга:

полное исключение элементов регулировки плюс автоматическая диагностика аппаратуры в процессе работы и, как следствие, высокая надежность и отсутствие необходимости в плановых проверках;

высокопрочный сменный тонкий витой кабель отведений длиной 7,5 м (возможно до 15 м, в «расслабленном» состоянии 1-1,5 м) не критичен к уровню внешних помех и механическим перемещениям во время съема электрокардиограммы. Варианты как для стационарных компьютерных комплексов (PC AT), так и для мобильных систем на базе компьютеров класса NoteBook (PCMCIA Type II). Технические параметры:

частота оцифровки 512 000 Гц синхронно по всем каналам, далее цифровая фильтрация и прореживание; разрешение не ниже 2 мкВ;
динамический диапазон сигнала ±600 мВ (22 разряда АЦП);

полоса пропускания 0-150 Гц (по уровню -3 дБ);
программные ВЧ фильтры 0,02; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1 Гц, режекторный на 50 Гц, интеллектуальная система поканального удержания изолинии;
входное сопротивление не менее 90 МОм;
коэффициент ослабления синфазных сигналов не менее 110 дБ; защита от дефибриллятора;
электробезопасность: класс II-CF согласно МЭК 601-1;
сопряжение с компьютером ISA: адаптер для стационарного компьютера; PCMCIA карта для NoteBook;
контроль качества наложения электродов непрерывно в процессе съема;
размеры 100x65x23 мм; программное обеспечение KARD;
сертификат Министерства здравоохранения № 185 от 12.01.96. База данных исследований: поиск и отбор данных; любое число баз данных пациентов; копирование и перенос записей из одной базы данных в другую; работа в сети. Стандартная ЭКГ: съем 12-канальной ЭКГ; пять возможных схем отведений:
12 стандартных;
по Франку;
по Нэбу;
биполярные ортогональные;
Мак Фи;
до 100 участков на одно исследование, длительность участков от 4 до 60 с каждый;
мониторинг R-R интервалов; сжатие ЭКГ без потерь; автоматический анализ; просмотр:
от 1 до 12 каналов по выбору;
скорости развертки 1,25; 2,5; 5; 10 см/с;
различные масштабы по амплитуде;
мониторинг R-R интервалов;
автоматическое (с возможностью коррекции) или ручное измерение параметров ЭКГ;
формирование ЭКГ-заключения в зависимости от возраста (в том числе и детского) и пола пациента; мониторинг ЭКГ; ритмокардиография; неограниченная по длительности; полный обмер всех кардиокомплексов; вычисление моды, амплитуды моды, индекса напряжения; классификация аритмий и экстрасистол;
контроль параметров измерений или тренда R-R сигналом тревоги; печать результатов: на любом матричном, струйном или лазерном принтере (до 600 dpi включительно);
печать ЭКГ: стандартные масштабы от 1,25 до 10 см/с и от 0,5 до 4 мВ/см; печать заключений по шаблону; печать списка пациентов.

Подробная документация: встроенная система помощи; руководство пользователя; файл read me; описание применения; формуляр. Дополнительные методики ЭКГ высокого разрешения: анализ поздних потенциалов желудочков; анализ поздних потенциалов предсердий; спектрально-временное картирование.

Вариабельность сердечного ритма: во временной области; в частотной области; Wavelet-анализ.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ 12-КАНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФ «КАРДИОМЕТР-МТ»

Сфера применения - для комплексного исследования сердечнососудистой системы взрослых и детей. Автоматически выполняет:

- синхронный съем ЭКГ в 12 общепринятых отведениях и интегральной реограммы тела (ИРГТ) по М.И. Тищенко с 10 электродов, наложенных по схеме съема ЭКГ;

- отображение снимаемой информации в реальном времени и результатов обследования на видеомониторе;

- измерение амплитудно-временных параметров ЭКГ и ИРГТ; построение кардиоинтервалограммы, скотерограммы, гистограммы; вычисление статистических характеристик ритма сердца; вычисление параметров центральной гемодинамики по ИРГТ; запись снятых ЭКГ и ИРГТ, а также результатов обследования в электронный архив;

- документирование снятых ЭКГ и ИРГТ и результатов обследования. Автоматически формирует:

- синдромальное диагностическое заключение по ЭКГ; заключение о типе вегетативной регуляции ритма; заключение о типе кровообращения;

- оценку функционального состояния системы кровообращения для здоровых и больных;

- функциональный класс для больных с кардиальной патологией; оценку степени адаптации системы кровообращения для больных с острой патологией в палате интенсивной терапии.

Техническая характеристика: частота дискретизации 500/2000 Гц (устанавливается программно); число разрядов АЦП 12;

- связь с компьютером через последовательный порт RS-232 FIFO (протокол INTEL 16550A);

- скорость передачи данных 115 кбод;

- электробезопасность: класс I, тип BF(b соответствии с рекомендациями МЭК);

- размеры УСИ 185x120x40 мм;

- размеры УСИ с подключенным жгутом отведений ЭКГ-РГ 185x120x50 мм;

- масса УСИ 700 г;

масса УСИ с подключенным жгутом отведений ЭКГ-РГ 900 г;
электропитание через интерфейс клавиатуры компьютера: 4,5- 5,5 В/0,3 А.
Состав аппаратных средств:
портативное интеллектуальное устройство сбора информации (УСИ);
комплект отводящих жгутов и электродов для съема ЭКГ: жгут ЭКГ-К (конечностей);
жгут ЭКГ-Г (грудные);
электроды для съема ЭКГ с конечностей;
электроды для съема ЭКГ грудные;
комплект отводящих жгутов и электродов для одновременного съема ЭКГ с конечностей и ИРГТ:
жгут ЭКГ-РГ для съема ЭКГ и ИРГТ;
электроды комбинированные для съема ЭКГ и ИРГТ с конечностей;
кабель для связи УСИ с компьютером;
IBM-совместимый компьютер, принтер.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой отдел проводящей системы сердца является водителем ритма сердца и имеет самую высокую частоту автоматизма?
2. В какой фазе сердечного сокращения самый большой электрический потенциал?
3. Какая реакция сердца происходит при регуляции сердечной деятельности блуждающим (парасимпатическим) нервом?
4. Откуда в норме начинает распространяться волна возбуждения по проводящей системе сердца?
5. Из чего создается ЭДС как один суммарный диполь, изменяющий в течение цикла возбуждения свою величину?
6. Почему потенциал в разных точках поверхности тела человека имеет различную величину, зависящую от расположения суммарного диполя сердца?
7. От каких технических характеристик прибора зависит качество регистрации ЭКГ?
8. Какова природа артефактов?
9. В чем преимущество цифровых электрокардиографов?
10. В чем преимущество аналоговых электрокардиографов?
11. Перечислите электрокардиографы, имеющие защиту от дефибриллятора.
12. Для каких условий работы в медицине необходим электрокардиограф с защитой от дефибриллятора?
13. Для чего необходим калибровочный сигнал 1 мВ в электрокардиографе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Освоение приемов работы на электрокардиографе ЭК1Т «Малыш»

Цель работы: приобрести навыки работы на электрокардиографе ЭК1Т «Малыш».

Устройство прибора

Общий вид приведен на рис. 6. В нижней части корпуса под съемной нижней крышкой имеется отсек для блоков питания - блока аккумуляторов или блока стабилизатора. Эти сменные блоки имеют одинаковые габариты и присоединительные контактные устройства. В комплект электрокардиографа входят 4 плоских электрода, присасывающийся электрод, 4 резиновых ремня, провод рабочего заземления, зарядное устройство.

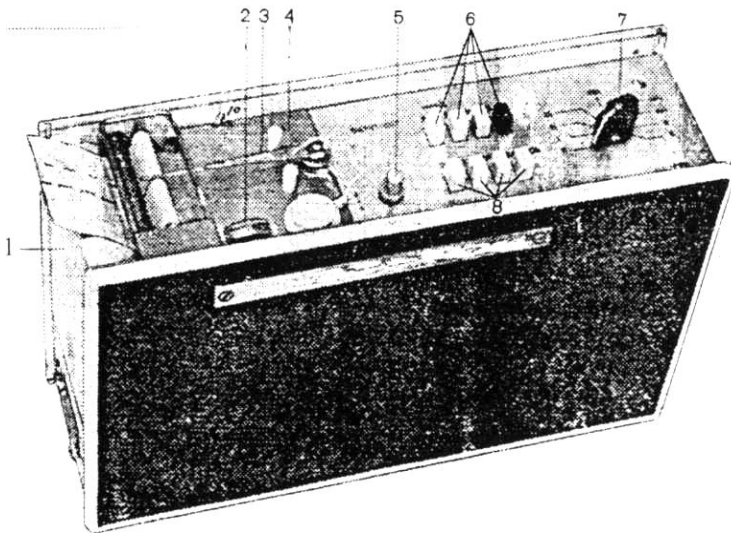


Рис. 6. Общий вид электрокардиографа ЭК1Т «Малыш»: 1 - откидывающаяся каретка, на которой установлены втулка для диаграммной ленты, ролики для поджатия ленты и нож для ее обрезки; 2 - индикатор напряжения питания; 3 - тепловое перо с клеммой питания нагревателя; 4 - столик; 5 - ручка для смещения пера; 6 - блок кнопочных переключателей, состоящий из кнопок «Вкл.» (включение питания), «1 mV» (калибровка), «50» (скорость протяжки 50 мм/с), «25» (скорость протяжки 25 мм/с);

7 - переключатель отведений, с помощью которого выбирается любое из семи отведений, а также в положении «К» при нажатой кнопке «1 mV» на вход усилителя подается калибровочное напряжение; 8 - блок кнопочных переключателей, состоящий из кнопок «Запись» (включение лентопротяжного механизма и подогрев пера), «Усп.» (уменьшение времени переходных процессов), «1:2» (чувствительность 5 мм/мВ), «2:1» (чувствительность 20 мм/мВ)

Порядок выполнения работы

При работе прибора с питанием от сети в него вставляют блок стабилизатора и устанавливают переключатель – предохранитель блока в положение, соответствующее напряжению сети. Контакт рабочего заземления

на боковой стенке прибора соединяют с контуром заземления. Затем, установив все кнопки на панели управления в выключенное (не нажатое) положение, а переключатель отведений в положение «К», включают вилку сетевого шнура в розетку питающей сети. Откинув каретку, устанавливают в прибор рулон диаграммной ленты и заправляют конец ленты в щель над но-

жом. Закрывают каретку и нажатием кнопки «Вкл.» включают питание прибора (стрелка индикатора должна установиться в пределах красного сектора). Через 1 мин включают кнопку «Запись» и нажатием кнопки «1шУ» записывают калибровочный сигнал.

Закрепляют ремнями электроды с увлажненными прокладками на конечностях пациента и присоединяют к ним наконечники кабеля отведений в соответствии с их цветом: правая рука - красный (R); левая рука - желтый (L); левая нога - зеленый (F); правая нога - черный (N); грудная клетка - белый (C).

Устанавливают переключатель отведений в положение «1» и включают кнопку «Запись». После записи нескольких циклов электрокардиограммы производят переключение отведений. При включении записи и переключении отведений срабатывает автоматическое устройство, выключающее лентопро-тяжный механизм и блокирующие переходные конденсаторы усилителя на время около 3 с. Перед переносом присасывающего электрода на новое место кнопку «Запись» следует выключать.

После окончания работы все кнопки следует установить в отжатое положение и вынуть вилку сетевого шнура из розетки. При использовании блока аккумуляторов их следует вначале зарядить с помощью зарядного устройства. Блок аккумуляторов вставляется в нишу зарядного устройства, которое включается в сеть. При этом должны гореть сигнальные лампы «Сеть» и «Заряд». До полной емкости аккумуляторы заряжаются в течение 15 ч. После заряда аккумуляторов блок вставляется в прибор. Если до этого использовался блок стабилизатора, то перед заменой блоков необходимо отключить прибор от сети. Полученные результаты занести в таблицы 1, 2 и сравнить с нормативными величинами.

Таблица 1

Амплитуды зубцов

Зубец	P	Q	R	S	QRS	T
Амплитуда мВ в норме	<0,25	<-0,2	0,5-2,5	<-2	<2,2	0,3-0,6
собственный результат						

Таблица 2

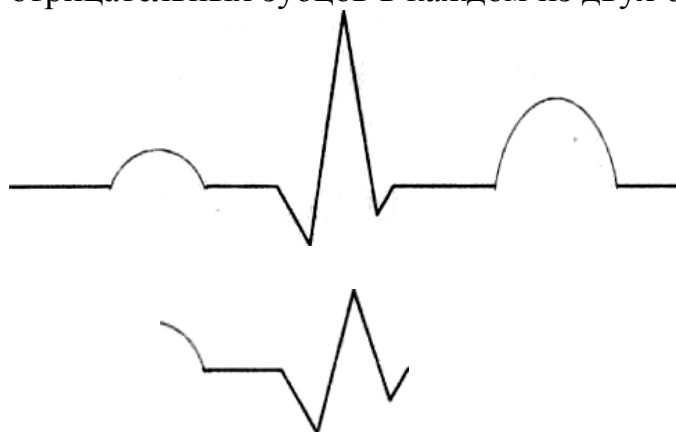
Длительность зубцов

Зубец	P	Q	R	S	QRS	T
Длительность мс в норме	< 100	<30	40	<30	60-80	100-250
собственный результат						

Частота пульса при скорости движения ленты 50 мм в секунду 1 мм соответствует 0,02 с (5 мм - 0,1 с), а при скорости 25 мм в секунду 1 мм соответствует 0,04 с (5 мм - 0,2 с).

Положение оси сердца во фронтальной плоскости определяют по соотношению величин зубцов R и S в отведениях от конечностей. Положение электрической оси дает представление о положении сердца в грудной клетке. Кроме того, изменение положения электрической оси сердца является диагностическим признаком ряда патологических состояний. Поэтому оценка этого показателя имеет важное практическое значение.

Электрическую ось сердца выражают в градусах угла α , образованного в двухосевой косоугольной системе координат этой осью и осью первого отведения, которая соответствует 0° . Для определения величины этого угла подсчитывают соотношение амплитуд положительных и отрицательных зубцов комплекса QRS в двух любых отведениях от конечностей, чаще в отведениях 1 и 3 (рис. 7). Вычисляют алгебраическую сумму величин положительных и отрицательных зубцов в каждом из двух отведений с учетом знака.



*Рис. 7. Электрокардиограмма
в отведениях 1 и 3
от конечностей*

Например, на ЭКГ, представленной на рис. 8, в 1-м отведении высота зубца R равна 8 мм; высота зубца Q - 1 мм, т.е. искомая величина составит +7. В отведении 3 амплитуда зубца Q составляет - 1 мм, а зубца R - 4 мм (со знаком плюс). Алгебраическая сумма этих зубцов в данном отведении составит $(-1) + (+4) = +3$. Эти величины откладывают на осях соответствующих отведений в двухосевой системе координат от центра в сторону соответствующего знака. Из вершин полученных векторов восстанавливают перпендикуляры и находят точку их пересечения. Соединив эту точку с центром, получают результирующий сектор, соответствующий направлению электрической оси сердца, и подсчитывают величину угла α (рис. 8).

У здоровых людей электрическая ось сердца располагается обычно в пределах от 0° до $+90^\circ$, хотя в некоторых случаях может выходить за эти пределы. Положение электрической оси в пределах от $+30^\circ$ до $+69^\circ$ называют нормальным.

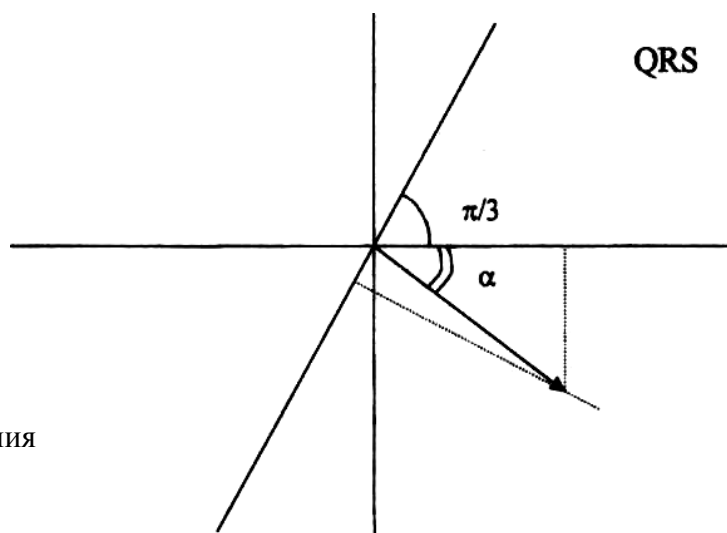


Рис. 8. Определение положения электрической оси сердца

По полученным результатам определяют положение электрической оси сердца и делают вывод.

Контрольные вопросы

Каково устройство электрокардиографа ЭК1Т «Малыш»?

Какова методика выполнения работы?

При каких условиях не следует эксплуатировать прибор?

Библиографический список

1. Биология: учеб. пособие / под ред. В.Н. Ярыгина. - М.: Юрайт, 2011. – 452 с.
2. Кузьмин, А.Г. Основы функциональной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний / А.Г. Кузьмин. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 163 с.
3. Биофизика / под ред. В.Ф. Антонова. - М.: Владос, 2000. – 287 с.
4. Справочник по функциональной диагностике в педиатрии / под ред. Ю.Е. Вельтищева, Н.С. Кисляк. - М.: Медицина, 1979. – 624 с.
5. Ливенсон, А.Р. Электромедицинская аппаратура /А.Р. Ливенсон. -М.: Медицина, 1981. - 344 с.

Подписано в печать 6.03.2014.	Усл. печ. л. 1,94	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ №	_____.

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15