Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

Г. М. Алдонин, С. П. Желудько

Системы и устройства в кардиологии

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 201000 «Биотехнические системы и технологии»

Красноярск
СФУ
2014

УДК 616-71
ББК 53.4
А457

Алдонин, Г.М., Желудько С.П.

А457 Системы и устройства в кардиологии: учеб. пособие / Г. М. Алдонин, С. П. Желудько. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 181 с.

В учебном пособии приведены рекомендации по самостоятельному изучению основных разделов дисциплины «Системы и устройства в кардиологии», подготовке к практическим занятиям и контрольным мероприятиям.

Предназначено для студентов программы подготовки 200100.68.17 «Медико-биологические системы и аппараты».

ISBN 978-5-7638-3003-3

Электронный вариант издания см.:
http://catalog.sfu-kras.ru

УДК 616-71
ББК 53.4

ISBN 978-5-7638-3003-3

© Сибирский федеральный университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА 7
1.1. Методы исследования функционального состояния организма 7
1.2. Биопотенциалы и их параметры 11
1.3. Кардиомониторы 16

2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ 24
2.1. Электрокардиография 24
2.2. Генез основных зубцов, интервалов и сегментов ЭКГ 27
2.3. Электрическая ось и электрическая позиция сердца 41
2.4. Устройства съема электрокардиосигнала 49
2.5. Усилитель электрокардиосигнала 51
2.5. Устройства отображения медицинской информации 53

3. РЕОГРАФИЯ 55
3.1. Область применения 55
3.2. Метод интегральной реографии тела 58
3.3. Информативные показатели объемных реограмм 59
3.4. Устройство реографа 62

4. ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИЯ 66
4.1. Биофизические основы метода фотоплетизмографии 66
4.2. Фотоплетизмография на отражение 69
4.3. Окклюзионная фотоплетизмография 70

5. ФОНОКАРДИОГРАФИЯ 73
5.1. Физиологические основы фонокардиографии 73
5.2. Характеристики тонов сердца 75
5.3. Фонокардиографы 79
5.4. Поликардиография 83
5.5. Измерения и анализ поликардиограмм 85

6. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНОГО РИТМА 88
6.1. Анализ вариабельности сердечного ритма 88
6.2. Спектральный анализ ритма сердца 93
6.3. Индекс эффективности коррекции ФСО 95
6.4. Вейвлет-преобразование биосигналов 98

7. ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ 104
7.1. Математические приемы анализа кардиоритма 104
7.2. Динамический индекс напряжения 105

7.3. Оценка лабильности организма 111

8. МОНИТОРИНГ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 115
8.1. Аппаратно-программный комплекс «Валента» 115
8.2. Состав комплекса 117
8.3. Холтеровские мониторы 118
8.4. Мониторинг параметров гемодинамики 122

9. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 129
9.1. Физическая основа ультразвуковых исследований 129
9.2. Классификация аппаратов УЗИ 132
9.3. Методики ультразвукового исследования 134
9.4. Допплерография 135
9.5. Термины, понятия, сокращения 139

10. ТЕОРИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ И АНАЛИЗ БИОСИСТЕМ 142
10.1. Нелинейная динамика биопроцессов и биосистем 142
10.2. Ренормгрупповой анализ биосигналов 149
10.3. Автоволновые модели систем сердца 158
10.4. Визуализация работы проводящей системы сердца 163
10.5. Автоволновые модели работы водителя ритма 167

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 174

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 176

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 179

Введение

Профилактика и ранняя диагностика сердечных заболеваний и их последствий намного эффективнее, чем лечение уже возникшего заболевания. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) является основной причиной смерти в экономически развитых странах и выходит на первое место в структуре смертности и заболеваемости в развивающихся. В России от сердечно-сосудистых заболеваний ежегодно умирает более 1 млн чел., из них от ИБС – около 600 тыс. чел. В общей структуре смертности на долю сердечно-сосудистых заболеваний приходится около 56 %. По данным доклада Европейского регионального бюро ВОЗ, Россия занимает одно из первых мест по смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (рис.В1).

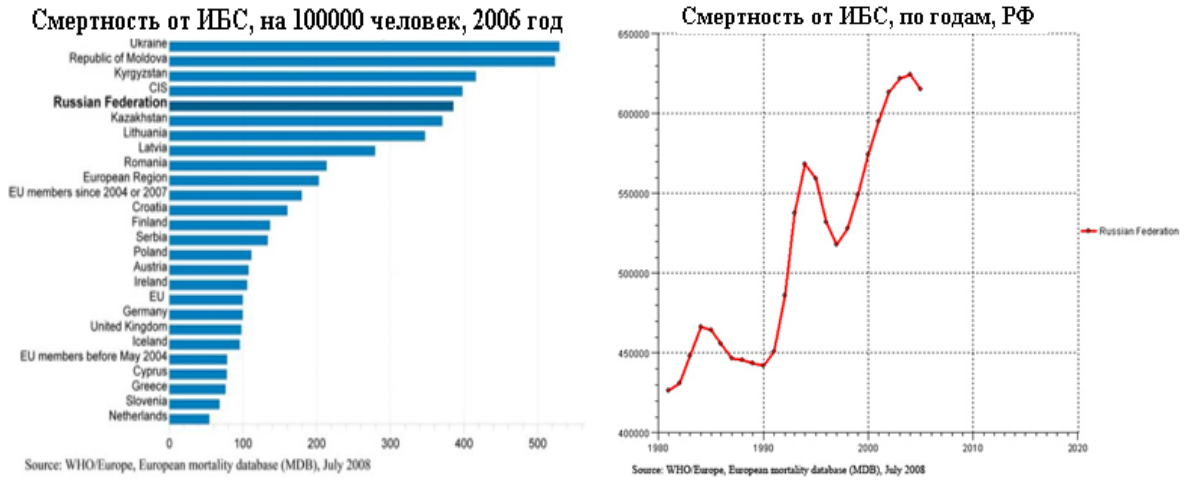


Рис. В1. Состояние заболевемости ИБС в мире и РФ

Эффективность современных медицинских технологий тесно связана с совершенствованием методов и инструментальных средств наблюдения за состоянием больных в процессе лечения. Повышение доступности и эффективности лечения и возвращение пациентов к активной жизни связано со своевременным обнаружением заболеваний и быстрым оказанием квалифицированной помощи. Профилактика и ранняя диагностика сердечных заболеваний и их последствий намного эффективнее, чем лечение уже возникших. Повышение доступности и эффективности лечения и возвращение пациентов к активной жизни связаны со своевременным обнаружением заболеваний и быстрым оказанием квалифицированной помощи [1].

Ранние заболевания кардиологического профиля – реальность наших дней. Необходимо постоянно следить за состоянием больных, совершенствовать методы и технологии диагностики состояния человека, достоверность и оперативность. Для этого необходим системный подход к диагностике на основе комплексного анализа наиболее важных параметров сердечно-сосудистой деятельности.

1. Основные показатели функционального состояния организма человека

1.1. Методы исследования функционального состояния организма

Функциональное состояние организма (ФСО) человека определяется в процессе исследований и описывается комплексом медико-биологических показателей: физических, биологических и психологических. Метод исследования – способ получения целевой информации, основанный на качественной или количественной связи свойства биосистемы с измеряемыми параметрами, характеризующими это свойство. Для реализации метода исследования необходимо соблюдать следующие условия:

1) количественные или качественное описание связи медико-биологического показателя с измеренным физическим параметром;

2) алгоритм приведения измерения;

3) наличие технических средств проведения исследования;

4) наличие алгоритма и средств обработки полученной информации.

Сущность метода:

1) используемое физическое явление или процесс;

2) измеряемый физический параметр;

3) биологические процессы, характеризуемые этим параметром;

4) медицинская значимость метода;

5) количественные или качественные соотношения для примеров значимости соотношения для примеров диагностики, нашедших широкое применение в клинической практике.

Реализация метода исследования – это биотехническая система (аппарат), т. е. совокупность биологических и технических элементов, выполняющих целевую функцию определения медико-биологических параметров [1].

Существующие АПС в основном проводят анализ электрокардиограммы (ЭКГ), артериального давления (АД), реограммы (РГ) и

фотоплетизмограммы пульсовой волны (ПВ), фонокардиосигнала (ФКС) и ряда других физиологических параметров, а также их фурье- и вейвлет-спектров [2] (рис. 1.1).

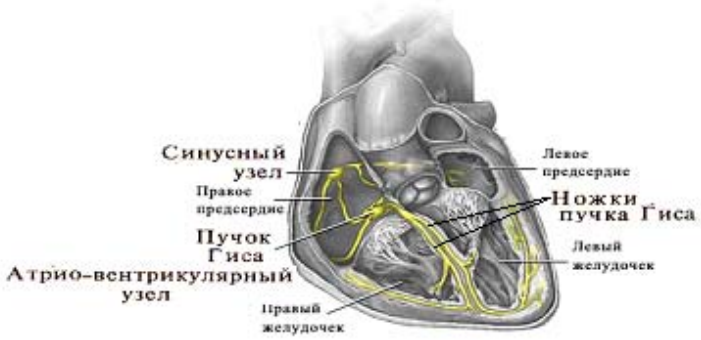
Метод регистрации электрической активности миокарда (*электрокардиография*) был предложенн в начале века Эйнтховеном и остается одним из самых распространенных методов диагностики состояния сердца и в настоящее время [3]. Для сердца (рис. 1.2, *а*) *электрокардиосигнал (ЭКС)* как регистрируемая электрическая волна имеет сложный характер и отражает возникновение в миокарде де- и реполяризации, а не его сокращение. ЭКС человека состоит из пяти положительных и отрицательных колебаний – зубцов цикла сердечной деятельности (рис. 1.1, *б*).

Фонокардиосигнал (ФКС) – кривая, отражающая частоту и амплитуду звуковых колебаний, возникающих в результате деятельности сердца (рис. 1.2, *г*). В клинической практике звуки сердца принято делить на тоны и шумы. Подавляющая часть энергии тонов приходится на частоты 150–200 Гц. Шумы образованы колебаниями более высокой частоты, достигающей 400-1000 Гц.

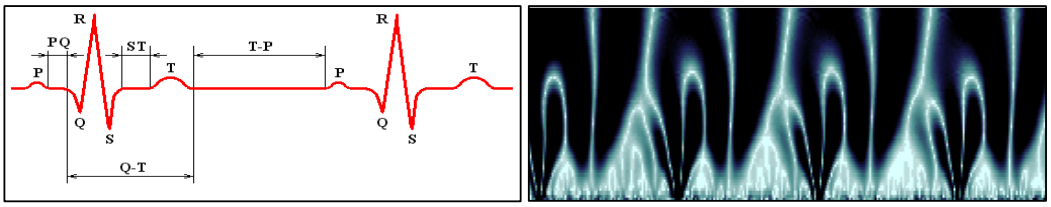
Наличие шумов свидетельствует о пороках сердца [4]. У здорового человека ФКС должен содержать, как правило, только первый и второй тоны. Регистрация паразитических тонов и высокочастотных шумов говорит о наличии тех или иных отклонений в работе сердца. Спектры типичных и наиболее явных патологий можно сравнивать со спектрами регистрируемых сигналов при помощи взаимокорреляционной функции (ВКФ).

Исследование *пульсовой волны (ПВ)* является универсальным, особенно в восточной медицине [5; 6]. Восточный врач, образно говоря, «слушает» артерию, как струну и резонатор различных физиологических процессов в организме, обеспечивающих гомеостаз в нем. Форма ПВ зависит от таких факторов, как систолический выброс, интенсивность кровотока, вязкость крови, состояние сосудистой стенки, пре- и посткапиллярного давления и пр.

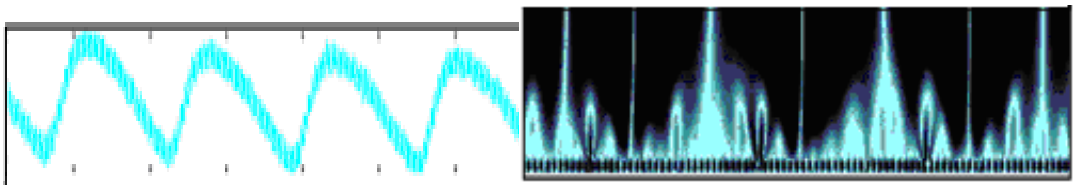
Фотоплетизмография – это технология оптической регистрации изменений объема тела в результате воздействия на него тех или иных факторов (плетизмография – от греч. *plethysmos* – набухание, наполнение и *grapho* – пишу). Она начала применяться медиками еще в XIX веке. Одним из вариантов плетизмографии наряду с механической плетизмографией, электрической и другими видами является фотоплетизмография. Она основана на регистрации изменений интенсивности света после его прохождения сквозь биологическую ткань, обусловленных изменениями ее объема.



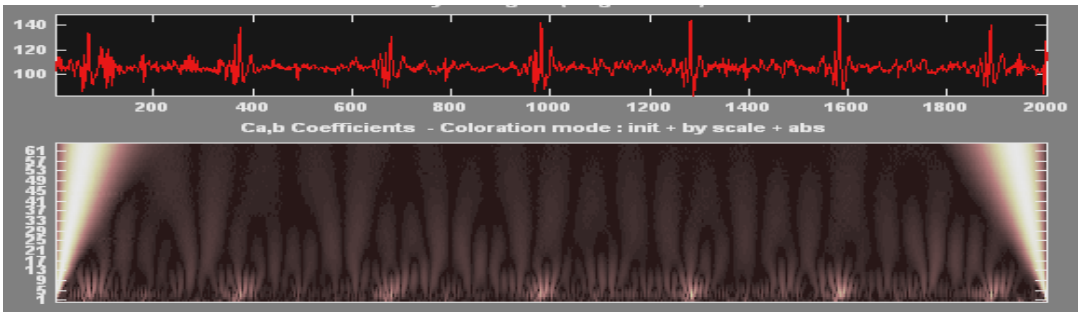
а



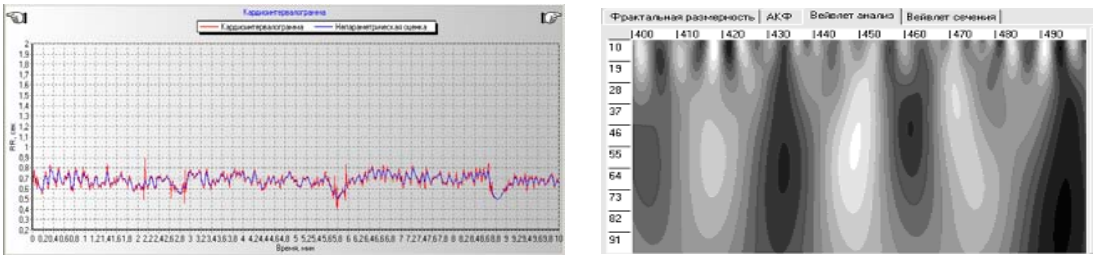
б



в



г



д

Рис. 1.1. Сердце – *а,* его основные биосигналы и их вейвлет-спектры: ЭКС– *б*, ПВ – *в*, ФКС – *г,* кардиоритм (КР) – *д*

В клинической практике фотоплетизмография чаще всего применяется для наблюдения т. н. «пульсовых волн» – изменений объема участка тела, обусловленных толчковыми притоками крови в фазе систолы.

Реография (от *rheos* – поток, *graphein* – записывать) – неинвазивный метод исследования кровообращения, регистрирующий электрическое сопротивление тканей, меняющееся при колебаниях кровенаполнения во время сердечного цикла в момент пропускания через них переменного тока [7, 8].

Поликардиография (ПКГ) – метод исследования фазовой структуры сердечного цикла по изменению интервалов между элементами, синхронно регистрируемыми СФГ сонной артерии, ФКГ и ЭКГ.

Разделение сердечного цикла на фазы связывают с выделением этапов функционирования сердца как насоса, а именно с изменением давления в его полостях. При использовании метода ПКГ для фазового анализа принимают, что длительность волны центрального пульса на сфигмограмме сонной артерии равна периоду изгнания крови из левого желудочка сердца, регистрируемого на ФКГ.

Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является простым и удобным способом оценки нервных влияний на сердце, что сделало этот метод весьма популярным в клинической практике, в частности на основе применения т. н. кардиомониторов (КМ). Одним из направлений в этой области является изучение вариабельности сердечного ритма (ВСР) и характерных элементов кардиоциклов [9]. Для проведения такого анализа необходимо преобразование оцифрованного сигнала, представляющего собой последовательность измерений разности потенциалов с определенной частотой дискретизации в вектор параметров кардиоциклов. В этом случае каждый кардиоцикл представлен набором параметров, отражающих величину его зубцов и интервалов.

Аускультация – метод исследования, основанный на выслушивании акустических феноменов, связанных с деятельностью внутренних органов. Аускультативные признаки – характерные звуки, используемые для диагностики деятельности внутренних органов, – представляют собой шумы различной длительности. Для каждого из таких признаков было выявлено наличие характерного диапазона частот, где он сохраняет свою мелодию без искажений.

Сфигмография – графическая регистрация пульсовых колебаний стенки кровеносного сосуда (СФГ).

Магнитокардиография (МКГ) – метод регистрации изменений магнитного поля, обусловленных циклической работой сердца. По-

скольку величина возникающих биотоков пропорциональна разности биопотенциалов, то эта же пропорциональность будет существовать и для индукции биомагнитного поля. Поэтому форма и способы анализа магнитокардиограммы аналогичны электрокардиографическим исследованиям.

Скорость пульсовой волны. Ритмические сокращения миокарда образуют ритмические расширения сосудистой стенки (пульс), которые под действием распространения волн давления от начальной части аорты к артериолам и капиллярам вызывают распространение пульсовых волн. С увеличением жесткости сосуда скорость пульсовой волны возрастает. С возрастом эластичность сосудов снижается и скорость распространения пульсовой волны растет. Величина скорости зависит от давления крови и состояния функции сосудистого эпителия.

1.2. Биопотенциалы и их параметры

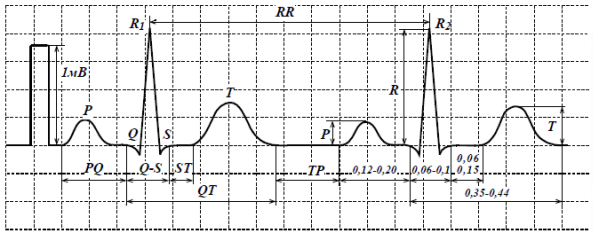
Биопотенциалы – это электрические потенциалы, возникающие в живых клетках и тканях. Определяются разностью электрических потенциалов между двумя точками живой ткани. Основными их видами биопотенциалов являются следующие: мембранный (покоя), действия, постсинаптические. Мембранный потенциал L (покоя) регистрируется между наружной и внутренней сторонами мембраны живой клетки. Для клеток нервной ткани его величина составляет 60–80 мВ, клеток мышечных волокон – 80–90 мВ, клеток волокон сердечной мышцы – 90–95 мВ. При неизменном функциональном состоянии потенциал покоя не изменяется.

Под влиянием различных факторов физического или химического происхождения величина мембранного потенциала может изменяться, эти изменения описываются потенциалом действия. Амплитуда потенциала действия у большинства нервных клеток млекопитающих составляет 100–110 мВ (при длительности 1–2 мс), для скелетных и сердечных мышечных волокон – 110–120 мВ (при длительности 3–5 мс для скелетных и 50–600 мс для сердечных). В мышечном волокне потенциал действия способствует осуществлению цепи физико-химических и ферментативных реакций, лежащих в основе механизма сокращения мышц. Постсинаптические потенциалы возникают на небольших участках клеточной мембраны, входящих в состав

синапса. Величина этих потенциалов составляет несколько милливольт при длительности 10–15 мс.

Электрокардиография (ЭКГ) – это метод регистрации электрических потенциалов, возникающих в сердце во время сердечного цикла. Распространение возбуждения от водителя ритма по проводящей системе сердца и самой сердечной мышце сопровождается возникновением на поверхности клеток отрицательного потенциала [2]. В силу высокой проводимости прилежащие к сердцу ткани становятся электроотрицательными.

Для сердца *электрокардиосигнал (ЭКС)*, как регистрируемая электрическая волна, имеет сложный характер и отражает возникновение в миокарде деполяризации и реполяризации, а не его сокращение.

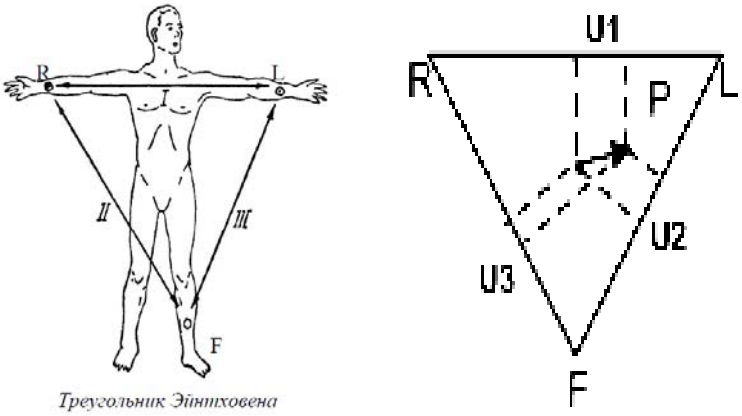


Зубцы и интервалы ЭКГ в норме (II стандартное отведение)

Показатели нормальной ЭКГ человека

Наименование параметра	Значение параметра элементов ЭКГ									
	Зубец P	Интервал PQ	Сегмент PQ	Зубец Q	Комплекс QRS	Зубец S	Интервал QT	Сегмент ST	Зубец T	Интервал RR
Амплитуда, мВ	0,05 … 0,25	–	–	0 … 0,02	0,3 … 1,6	0 … 0,03	–	–	0,25 … 0,6	–
Длительность, с	0,06… 0,11	0,12… 0,2	0,04… 0,08	0,02… 0,03	0,06… 0,1	0,03… 0,06	0,35… 0,44	0,06… 0,15	0,1… 0,25	0,3…2

а



Треугольник Эйнтховена

б

Рис. 1.2. Электрокардиосигнал (*а)* и электрическая модель (*б)* сердца по Эйнтховену

Современные ЭКГ-исследования основаны на модели, предложенной В. Эйнтховеном (треугольник Эйнтховена, рис. 1.2, *а*). Согласно этой модели сердце – токовый диполь с дипольным моментом РС, который изменяет свое положение и точку приложения во время

сердечного цикла и расположен в центре равностороннего проводящего (σ = const, ε = const) треугольника, вершинами которого является правая (*R*) и левая (*L*) руки и левая (*F*) нога. Запись ЭКС производится с помощью электрокардиографа (рис. 1.3).

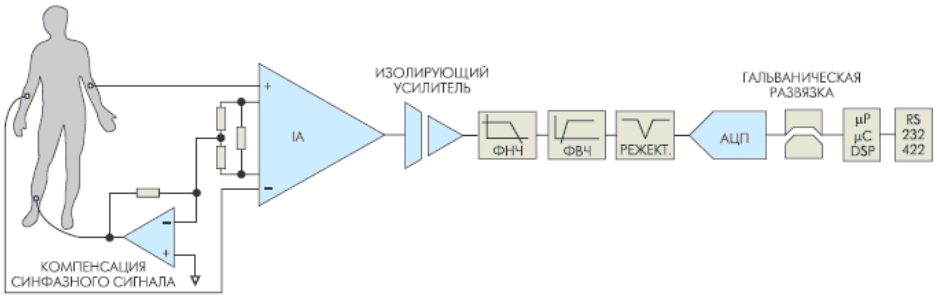


Рис. 1.3. Электрокардиограф с цифровой обработкой ЭКС

Считается справедливым соотношение URL: URF: UFL = U1: U2: U3, где URL, URF, UFL – разности потенциалов, измеряемые между правой и левой руками, правой рукой и левой ногой, левыми рукой и ногой соответственно. Разность биопотенциалов, регистрируемая между двумя точками биоструктуры (точками наложения электродов), называется отведением. Гипотетическая линия, соединяющая два электрода, участвующие в образовании электрокардиографического отведения, называется осью отведения.

Поликардиография (ПКГ). Нормальные показатели ПКГ – среднестатистические интервалы времени между фазами сердечного цикла (рис. 1.4) для лиц, не имеющих патологии. Выделяют статические и динамические показатели ПКГ. Статические показатели – показатели, зависящие слабо от частоты сердечных сокращений, например фаза асинхронного сокращения

$$AC = t_Q(\text{ЭКГ}) - t\ 1\text{-го тона}(\text{ФКГ}),$$

фаза изоволюмического сокращения

$$IC = t_{sa}(\text{ФКГ}) - t_{cf}(\text{СФГ}).$$

Динамические показатели – показатели, зависящие от периода T сердечных сокращений (в секундах), например:

период изгнания $t_e = 0{,}109T + 0{,}159$,

длительность механической систолы $S_m = 0{,}114T + 0{,}185$.

С помощью ПКГ диагностируют нарушения сосудистой системы, синхронность работы клапанного аппарата сердца.

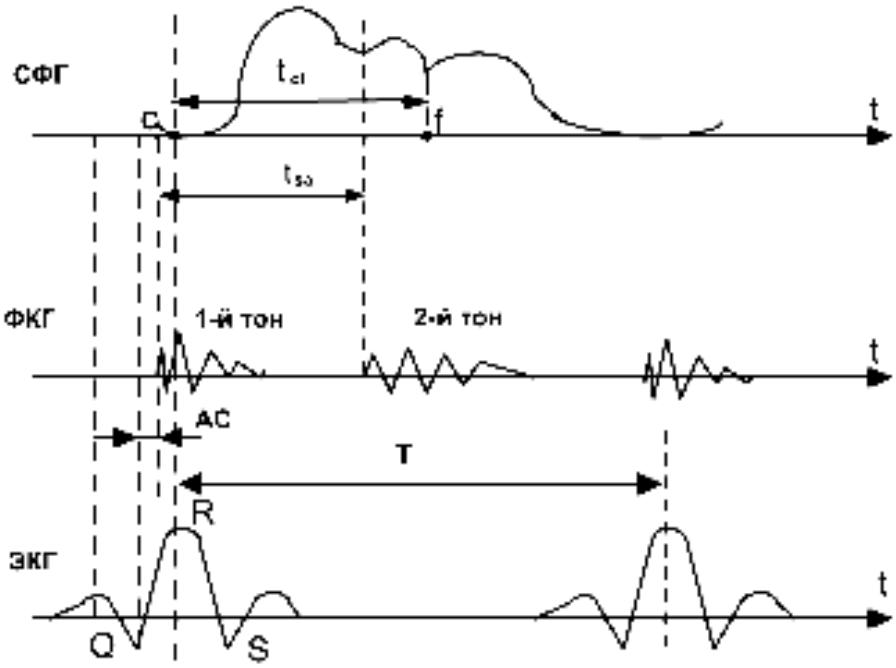


Рис. 1.4. Фазовая структура поликардиографии

Гемодинамика сердечно-сосудистой системы (ССС). Гемодинамику ССС определяет основные механические характеристики кровотока:

1) объемная U (расход);
2) внутрисосудистое давление;
3) вязкость крови;
4) скорость распространения пульсовой волны.

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{\infty \eta L},$$

Q – объем крови; η – вязкость крови.

$$Vn = \sqrt{\frac{Eh}{2\rho cr}} \; Моенс - Кортеева$$

E – модуль упругости артериальной стенки сосуда; h – толщина стенки; r – внутренний радиус артерии; ρc – плотность вещества сосуда кровотока

$U = 60 см / с - U \; в \; артериях$

$U \; вент = 20 см / с$

$U = 0.5 мм / с$

Основное уравнения Пуазейта жr^{4}AP Q-объем крови ccr/L г)-вязкость крови

Основное уравнения Пуазейта:

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{\infty \eta L},$$

где Q – объем крови; η – вязкость крови.

Аускультация. Для каждого из аускультативных признаков было выявлено наличие характерного диапазона частот, где он сохраняет свою мелодию без искажений. Наиболее полно разработана классификация таких признаков для сердечной деятельности (табл. 1.1) и системы дыхания (табл. 1.2).

Таблица 1.1

Наименование признака	Характерный диапазон частот, Гц	Общий диапазон частот, Гц
Нормальный I тон	90…180	20…2800
Глухой I тон	45…90	
Хлопающий I тон	180…355	
Нормальный II тон	90…180	
Металлический II тон	180…355	
Нормальный III тон	20…90	
Щелчок открытия митрального клапана	180…355	20…5600

Таблица 1.2

Наименование признака	Характерный диапазон частот, Гц	Общий диапазон частот, Гц
Везикулярное дыхание	180…355	45…2800
Бронхо-везикулярное дыхание	355…710	
Бронхиальное дыхание	710 ..1400	
Сухие хрипы жужжащие	180 ..710	20…5600
Сухие хрипы свистящие	355…710	
Мелкопузырчатые хрипы	710…1400	

Основным прибором для проведения аускультации является стетофонендоскоп (фонендоскоп). Он состоит из раструба (звукоулавливателя), звукопровода и ответвителя для бинаурального прослушива-

ния. Амплитудно-частотная характеристика этого прибора имеет неравномерность + 10 дБ в диапазоне частот 20–2 000 Гц.

1.3. Кардиомониторы

Разнообразное применение кардиомониторов (КМ) в медицинской практике привело к специализации приборов. Их можно разделить на виды и группы, отличающиеся друг от друга контролируемыми параметрами, эксплуатационными свойствами, методами обработки и представления информации. Предлагаемая классификация является в какой-то мере условной, но дает представление о сферах применения и особенностях КМ: клинические, кардиологические, хирургические, скорой помощи, акушерские, тестирующие, реабилитационные, амбулаторные (носимые), холтеровские, санаторно-курортные.

Клинические предназначены для стационаров и могут в зависимости от назначения быть нескольких типов.

Кардиологические применяются в палатах интенсивного наблюдения за кардиологическими больными в острый период заболевания. Основное назначение – сигнализация о нарушениях ритма и проводимости сердца. Такие КМ обычно работают в автоматизированной системе оперативного врачебного контроля за несколькими больными.

Хирургические применяются во время операций на сердце и сосудах и в послеоперационных палатах. В отличие от остальных типов они измеряют ряд дополнительных параметров кровообращения и дыхания (систолическое, среднее и диастолическое кровяное давление; минутный объем сердца; периферический пульс; температура тела; газовый состав и т. д.). Особенностью хирургических КМ является использование в основном прямых методов измерения параметров.

Акушерские устанавливаются в родильных залах, предродовых палатах и отделениях интенсивного ухода за новорожденными. Кардиомониторы применяются при патологиях сердечно-сосудистой системы рожениц и контроле за новорожденными. Такие кардиомониторы позволяют измерять ЧСС матери и плода по прямому ЭКС и доплеровскому эхокардиосигналу, обнаруживать нарушения ритмов и измерять силу маточных сокращений. Кардиомонитор для новорожденных (переношенных, недоношенных и травмированных в родах) и детей до двухлетнего возраста, страдающих воспалением легких, измеряет ЧСС, частоту дыхания и сигнализирует о нарушениях ритма сердца и остановках дыхания.

Кардиомониторы скорой помощи предназначены для контроля состояния сердечной деятельности, восстановления утраченного или нарушенного ритма сердца на дому и в машине скорой помощи. Все КМ позволяют вести наблюдение ЭКГ, измерять частоту сердечных сокращений (ЧСС), проводить дефибрилляцию или стимуляцию сердца. Кардиомониторы должны работать от аккумулятора машины, внутренней батареи и от сети. Масса КМ около 5–8 кг.

Тестирующие предназначены для функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы здоровых и больных людей. Они позволяют автоматизировать процесс ЭКГ-исследований под нагрузкой по нескольким отведениям и определять газовый состав выдыхаемого воздуха. Обычно поставляются с велоэргометрами или бегущей дорожкой для дозировки нагрузки.

Реабилитационные необходимы для контроля сердечно-сосудистой системы в условиях возросших нагрузок и проверки эффективности назначенных лекарственных препаратов. Для этой цели возможно применение амбулаторных КМ, но более удобно пользоваться мониторированием по радиоканалу или телефону. На больном укрепляется передатчик ЭКС с электродами – и ЭКС преобразуется в частотно-модулированный сигнал (для радиоканала) или в частотно-модулированный акустический сигнал (для передачи ЭКС по телефону). Анализ ЭКС ведется кардиологом или автоматически в центре наблюдения.

Санаторно-курортные находят применение в кардиологических санаториях для контроля лечения, особенно в бальнеологических условиях; при грязе- и светолечении, лечебных ваннах и других процедурах. Электроды ЭКГ могут быть опущены в ванну и не крепиться на больном. Для дозировки нагрузки (терренкур) может быть использован КМ, который выдает сигнал тревоги при уходе ЧСС за установленные пределы.

Амбулаторные используются в стационаре и после выписки из него для контроля таких изменений состояния сердечной деятельности за весь период суточной активности, которые не могут быть выявлены во время непродолжительного ЭКГ-исследования в покое. На основании полученных данных производится выбор и дозировка лекарственных препаратов и определение допустимых физических нагрузок.

Обратимся к *холтеровским*. Метод, предложенный Холтером, обеспечивает многочасовую непрерывную запись ЭКС на магнитную ленту с очень малой скоростью (1 мм/с). Для этого производится транс-

формация низкочастотного спектра ЭКС область частот, регистрируемых магнитным носителем. Обычно применяется широтно-импульсная и реже амплитудная или частотная модуляции ЭКС. При помощи специального устройства кассета с записью просматривается кардиологом со скоростью, превышающей скорость записи в 60–120 раз.

В кардиомониторе Холтера малые габаритные размеры, масса и автономное питание позволяют носить КМ на себе с укрепленными электродами в течении суток. В дальнейшем метод Холтера был усовершенствован путем автоматического машинного скоростного анализа ЭКС. Обычно диагностируются основные типы аритмий и параметры смещения *ST*-сегмента.

Рис. 1.5. Кардиомонитор Холтера

Применение в КМ Холтера полупроводниковых запоминающих устройств и микропроцессоров позволило провести автоматический анализ аритмий и смещения сегмента *ST* непосредственно в приборе с запоминанием патологических фрагментов ЭКС (рис. 1.5). Удобство КМ с полупроводниковой памятью заключается в том, что данные обработки можно получить оперативно в любой момент времени, а запуск может быть осуществлен самим больным при плохом самочувствии или во время сердечного приступа.

Запись идет в двух отведениях. Во время мониторирования пациент ведет дневник, в котором отмечает свои действия и самочувствие. В случае возникновения симптомов заболевания пациент может сделать отметку в записи, нажав на кнопку на приборе. Далее запись ЭКГ анализируется с помощью специальной компьютерной программы, которая может автоматически диагностировать различные пато-