

Содержание

Введение	8
Раздел I. ЭКГ	11
Глава 1. Основы электрокардиографии	13
Сущность метода электрокардиографии	13
Немного истории	14
Теоретическое обоснование метода	16
Диагностическое значение электрокардиологического исследования	16
Происхождение биопотенциала сердца	17
Элементы электрокардиограммы	17
Понятие об электрокардиографическом отведении	24
Системы отведений	25
Отведения на все случаи жизни	29
Устройство электрокардиологической аппаратуры	30
Дистанционная электрокардиография	36
Приборы для динамического наблюдения	37
Принципы техники безопасности при работе с электрокардиологической техникой	38
Как узнать класс электробезопасности какого-либо аппарата?	40
Проверка электрокардиографов	42
Условия получения качественной записи	43
Помехи и их устранение	45
Типичные ошибки при работе с электрокардиографами	47
Правила дезинфекции в ЭКГ-кабинетах	49
Научная организация труда в кабинете функциональной диагностики	50
Немного о велоэргометрах и велоэргометрии	53
Оценка давления в легочной артерии	59
Глава 2. Приборы для ЭКГ-диагностики	61
Электрокардиограф ЭК1Т-03М	61
Технические данные	61
Устройство прибора	61
Электрокардиограф ЭК1Т-03М2	64
Технические данные	64
Устройство прибора	64
Принцип работы прибора ЭК1Т-03М2	66
Порядок подготовки работы с прибором	67

Работа с прибором	68
Электрокардиограф ЭК1Т-04	68
Внешний вид и органы управления	70
Меры безопасности	70
Подготовка к работе	70
Характерные неисправности	71
Электрокардиограф Burdik EK10 фирмы Siemens	71
Защита от импульсов при дефибрилляции	72
Защита от помех	72
Связь с другими приборами	72
Уход за аккумулятором	72
Уход за аппаратом и его дезинфекция	73
Взрывобезопасность	73
Тип бумаги	73
Органы управления	74
Работа в ручном режиме	75
Работа в автоматическом режиме	75
Выключение прибора	76
Включение прибора	76
Следящая электрокардиологическая аппаратура	76
Кардиосигнализатор КС-02	77
Назначение прибора	77
Технические данные	77
Устройство прибора	77
Порядок подготовки к работе	79
Правила техники безопасности при работе с КС-02	80
Раздел II. Спирография	81
Глава 1. Исследование дыхательной функции	83
Элементы физиологии дыхания	83
Легочные объемы и емкости	83
Пробы с форсированным дыханием	85
Системы физических условий, в которых могут находиться газовые объемы при спирографии	87
Стандартизация исследований	88
Латеральный тест	88
Глава 2. Методика спирографического исследования	90
Аппаратура для спирографии	90
Оформление протокола спирографического исследования	92

Трактовка результатов исследования	93
Исследование скоростных показателей дыхания	95
Методика пневмотахометрии	95
Анализ петли «поток—объем»	96
Особенности компьютерных анализаторов	97
Глава 3. Аппаратура для спирографии	101
Спирограф закрытого типа «МЕТАТЕСТ-1»	101
Спирограф СПИРО 2-25	106
Порядок работы. Правила техники безопасности	107
Пневмотахометр ЭТОН—01	108
Расшифровка кодов заключений	111
Список регистрируемых параметров	112
Спирограф портативный цифровой «Минитест»	113
Назначение	113
Санитарная обработка	114
Пневмотахометр «Spirosift 3000»	114
Описание клавиатуры.	116
Порядок работы	117
Глава 4. Перевод спирографического заключения	122
I. Обычное исследование	122
Результат исследования функции легких.	
Версия 1.1	122
Приложение 3	127
Вторая квалификационная категория	127
Первая квалификационная категория	127
Высшая квалификационная категория	128
Приложение 4. Перечень специальных знаний и умений медсестры кабинета (отделения) функциональной диагностики	128
Раздел III. Реография	131
Глава 1. Сфигмография	133
Методики сфигмографии	134
Кривые центрального пульса	134
Диагностическое значение исследования центрального пульса	135
Кривые периферического пульса	135
Скорость пульсовой волны	136
Исследование венного пульса.	137

Глава 2. Плетизмография	139
Методы исследования артериального давления	140
Параметры зондирующего тока	144
Базовый импеданс	144
Устройство и типы реографов	146
Калибровка реографов	148
Проверка реографов	148
Компьютерные реоанализаторы	149
Техника реографии	150
Методики реографии	152
Общие принципы анализа реограмм	152
Анализ реовазограмм	156
Реоэнцефалография	159
Проведение и анализ реогепаграммы	164
Реография правой легочной артерии	165
Реография аорты	166
Грудная реография по Кубичеку	166
Расчет ударного объема сердца	173
Интегральная реография тела	177
Вторичные показатели гемодинамики	178
Дополнительные возможности реокардиографии	181
Оценка результатов	183
Исследование гемодинамики методом тетраполярной грудной реографии по Кубичеку	184
Заключение	185
Возможные погрешности и ошибки при проведении реографического исследования	186
Глава 3. Аппаратура для реографии	187
Практическая часть	187
Реоплетизмограф РПГ2-02	187
Конструкция прибора	188
Подготовка прибора к работе	189
Реограф 4РГ-2М	191
Конструкция прибора	193
Порядок работы	193
Реограф Р4-02	195
Общий вид и органы управления	196
Схема подключения регистратора	197
Особенности наложения электродов	198
Техническое обслуживание прибора	199
Дезинфекция	200

Приложения	202
Правила работы в кабинете функциональной диагностики	202
Примерная инструкция по дезрежиму в кабинете функциональной диагностики	202
Правила техники безопасности при работе в кабинете функциональной диагностики	202
Приложение 2 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	204
Положение об отделе, отделении, кабинете функциональной диагностики	204
Приложение 4 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	205
Положение о врачах функциональной диагностики отдела, отделения, кабинета функциональной диагностики	205
Приложение 6 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	207
Положение о медицинской сестре функциональной диагностики отдела, отделения, кабинета функциональной диагностики	207
Приложение 14 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	208
Приложение 16 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	209
Приложение 15 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	209
Инструкция по заполнению журнала регистрации исследований, выполняемых в кабинете (отделении) функциональной диагностики (форма № 157/у-93)	209
Приложение 7 к приказу Минздрава Российской Федерации от 30.11.93 г. № 283	211
Список литературы	221

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется инструментальному методу обследования человека. Современные методы обследования позволяют выявить любые нарушения во всех органах и тканях человека, что помогает более точно поставить диагноз или предупредить развитие болезни на начальных этапах.

Одним из важнейших проявлений физиологической активности большинства систем живого организма является образование изменяющихся биоэлектрических потенциалов. Особую значимость для медицины имеет изучение биоэлектрических процессов, происходящих в сердце. С этой целью применяется ряд методов, использующих общие физические и физиологические принципы, объединяющихся в электрокардиологическую группу. К ним относятся электрокардиография и ряд ее модификаций (прекардиальное картирование, или электрокардиотопография, электрография проводящих путей, изучение дополнительно усиленной ЭКГ и другие), векторкардиоскопия — наблюдение и регистрация изменений биопотенциалов сердца на экране электронно-лучевой трубки в полярных координатах, телеметрические методы, связанные с передачей данных электрокардиографического исследования на расстоянии с регистрацией и анализом на специально оборудованном принимающем устройстве. Длительная регистрация и автоматический анализ биопотенциалов сердца производятся следящей кардиологической аппаратурой, позволяющей оперативно выявлять опасные нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы с целью их немедленной коррекции. В этой группе приборов широко используются аналоговые и цифровые вычислительные устройства (микропроцессоры). Общность принципов, положенных в основу работы регистрирующей, передающей и следящей электрокардиологической аппаратуры, позволяет применять приборы совместно, используя преимущества каждого метода.

Почему электрокардиография получила такое распространение? Прежде всего потому, что она позволяет изучить явления, совершенно недоступные непосредственному восприятию врача, в отличие от фоно- и механографических методов. Во-вторых, если для регистрации использовать стандартные точки наложения электродов, то результаты исследования отлично воспроизводятся независимо от того, когда, где и на какой аппаратуре они получены. Кроме того, электрический сигнал практически мгновенно

передается на прибор, тогда как во всех механографических методиках имеется неопределенная задержка, связанная со скоростью движения крови и передачи колебаний к приемникам информации. Это позволяет использовать ЭКГ в качестве точки временного отсчета для всех других методов исследования периодических процессов в сердечно-сосудистой системе.

Большая распространенность бронхолегочных заболеваний, их рост в последние десятилетия делают необходимым более широкое внедрение методов исследования дыхательной системы. Раннее выявление нарушений биомеханики дыхания, динамическое наблюдение за больными, выбор средств лечения, наиболее соответствующих установленным нарушениям, позволяют обеспечить современную эффективную терапию.

Широкое внедрение компьютеризованных приборов, отказ от использования простых механических устройств в последние годы имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Подчас возникает эффект «черного ящика», когда производящий диагностическое исследование и оценивающий результаты медработник не вполне понимает, что же именно и каким образом он исследует? Это неминуемо обесценивает исследование, ведет к грубым диагностическим и тактическим ошибкам, нередко наблюдаемым на практике.

Изучение гемодинамики (т. е. движения крови в сосудах) включает характеристику следующих величин: ударного объема сердца, минутного объема крови, объемной и линейной скорости кровотока, скорости и формы пульсовой волны, упруго-эластических свойств сосудистой стенки, тонуса сосудов, кровенаполнения, артериального и венозного давления, а также особенностей капиллярного кровотока. Существует множество методов оценки этих показателей, дающих сходные результаты, несмотря на совершенно отличные физические принципы измерения. Поэтому для понимания сущности одного метода необходимо познакомиться некоторыми родственными, в частности осмысление реографии невозможно без сфигмо- и флебографии.

Врач, начинающий на практике осваивать реографию, сталкивается со значительными трудностями из-за отсутствия доступной литературы по этому предмету. Существующие руководства имели крайне низкий тираж, а такой вопрос, как контурный анализ грудной реограммы, почти не рассматривался отчетливо авторами даже в периодике. Попытки свести дело только к вычислению ударного и минутного объемов сердца практически дискредитировали метод, несмотря на его большую

информативность даже в эпоху триумфа ультразвуковой визуализации.

Начинающему врачу не удастся найти в распространенной литературе ответов на простейшие вопросы, возникающие при освоении реографии. Так, практически нигде не описаны способы соединения реографа с регистраторами трудно научиться правильному распознаванию элементов реограммы. Почти невозможно встретить изображения реальных реограмм, которые подменяются весьма неточными рисунками.

Предлагаемое пособие отчасти восполняет имеющиеся пробелы и дает материал для дальнейшего самостоятельного изучения и возможного развития и совершенствования методов ЭКГ, спирографии, реографии.

Глава 1. Основы электрокардиографии

Сущность метода электрокардиографии

Изучение любой проблемы необходимо начать с ее определения. В литературе можно встретить много вариантов определения данного метода, страдающих односторонностью, неполным охватом всех аспектов, встречаются и вовсе анекдотические, например «исследование сердца с помощью ЭКГ-аппарата».

Рассмотрим наиболее полное, исчерпывающее определение, не содержащее однако излишней информации.

Электрокардиография — метод графической регистрации изменений во времени биопотенциала сердца, отведенного от поверхности тела.

Для иллюстрации значимости всех элементов данного определения предлагается исключить или заменить поочередно каждый из них. Получаются другие методы.

Неграфическая регистрация — сохранение величины биопотенциала в виде цифровой магнитной записи, что применяется при анализе на ЭВМ и при суточном (холтеровском) мониторинговании.

Набор цифр недоступен непосредственному восприятию врача и требует компьютерной обработки или графического вывода на экран или бумагу.

Вывод кривой на экран без ее фиксации на бумаге — мониторное наблюдение, не позволяющее точно измерить элементы кривой, детально изучить изменение ее формы в динамике и т. д., но имеющее иные задачи.

Изменение величины и направления в пространстве электрического вектора сердца изучает векторкардиоскопия, не позволяющая определить смещение горизонтальных сегментов от изолинии, и главное, их длительность. Поэтому-то она и не смогла заменить ЭКГ, оставаясь лишь интересным дополнительным способом ее анализа.

Исследование механического сердечного (верхушечного) толчка называется кардиографией (апекскардиографией). Это сокращенное название может привести к недоразумению, поскольку так же нередко обозначают и электрокардиографию.

Нередко пишут «...потенциалов живого сердца», но неживое сердце не может быть объектом функциональной диагностики. Оно представляет интерес лишь для патологоанатома.

Отведение потенциала непосредственно от сердца (при операции или введении электродов в его полости) требует другой конструкции прибора, гораздо более высоких требований к его электробезопасности (наивысший тип биологической защиты СФ), на кривой выявляются дополнительные элементы. Такой метод называют электрографией сердца, или электрофизиологическим его исследованием.

Различают прямую и обратную задачи электрокардиографии. Под прямой задачей понимают выяснение генеза элементов электрокардиограммы при известном состоянии электрических генераторов сердца, а обратной (диагностической) задачей называют определение состояния сердца при тех или иных изменениях, обнаруженных на ЭКГ.

Немного истории

Метод электрокардиографии разработал Виллем Эйнтховен в 1901—1913 гг. Эйнтховен, впервые применив сверхчувствительный струнный гальванометр, получил запись кривой биопотенциала сердца, описал, обозначил и дал трактовку зубцов ЭКГ, предложил известную теперь под его именем систему отведений, заложил основы векторной теории метода. За разработку основ метода электрокардиографии голландский ученый стал лауреатом Нобелевской премии в 1926 г. Из отечественных ученых первым применил его в клинике и эксперименте профессор Александр Филиппович Самойлов в Казани в 1906 г., опередив большинство физиологов и врачей мира благодаря личному знакомству с автором метода и пониманию его огромной ценности. Самойлов был приглашен для чтения курса лекций по электрофизиологии в США, а в 1930 г. был отмечен Государственной премией СССР.

Надо отметить, что Эйнтховен в своей работе опирался на многих предшественников. Первую запись кривой биопотенциала человеческого сердца получил английский физиолог А. Д. Уоллер в 1887 г. с помощью несовершенного капиллярного электрометра. В 1889 г. с его установкой познакомился Эйнтховен. В 1891 г. соотечественники Уоллера У. Бейлисс и Э. Старлинг, усовершенствовав электрометр, выделили на кривой три основных комплекса. Тогда для получения отдельных зубцов кривую приходилось подвергать математической обработке — вычислению первой

производной, как сегодня обрабатываются реограммы. В 1893 г. В. Эйнтховен впервые употребляет термин «электрокардиография», в 1895 г., усовершенствовав электрометр, выявляет и обозначает на электрокардиограмме зубцы P, Q, R, S и T. В 1897 г. французский инженер К. Адер для приема трансатлантических телеграмм изобретает сверхчувствительный струнный гальванометр. Его-то Эйнтховен в 1901 г. и модифицировал для записи ЭКГ (аппарат весил 240 кг). Первая статья об этом опубликована в 1902 г. на голландском языке. В 1905 г. Эйнтховен начинает передачу ЭКГ из палат клиники к себе в лабораторию по телефонным проводам на расстояние 1,5 км. В 1906 г. появляется первая подробная публикация на французском языке с описанием всех зубцов, включая U, экстрасистолии, мерцательной аритмии, полной атриовентрикулярной блокады, гипертрофии отделов сердца. В том же году начинается изучение метода казанскими учеными. В 1908 г. Э. Шафер из Эдинбурга (Шотландия) первым из западных практических врачей приобрел ЭКГ-аппарат для клинического применения, а через год его примеру последовали коллеги из Нью-Йорка и Лондона. В 1912 г. Эйнтховен описывает три стандартных отведения и впервые употребляет сокращение «ЭКГ». В 1920 г. Г. Манн разрабатывает векторкардиограмму, а Г. Парди впервые описывает изменения ЭКГ при остром инфаркте миокарда. В 1932 г. Ч. Вольферт и Ф. Вуд вводят точки грудных отведений, а Ф. Вильсон — объединенный электрод от конечностей. Наконец в 1942 г. Э. Гольдбергер предлагает отведения aVR, aVL и aVF. С тех пор в клинике принято использовать 12 отведений.

В качестве исторического курьеза можно привести высказывания К. Ф. Венкебаха, который в 1912 г. посчитал, что электрокардиография себя исчерпала(!), так как все известные нарушения сердечной деятельности были и до того описаны механическими методами, и профессора А. Игнатовского, который в 1925 г. писал: «Если принять во внимание высокую стоимость аппарата, трудности манипулирования с ним, то этот метод приходится оценить как дополнительный и специальный. Доминирующего значения в клинической практике он приобрести не может».

Современные тенденции развития электрокардиографии включают как большую инвазивность (эндокардиальные и пищеvodные отведения и стимуляция), так и широкое применение вычислительных методов (исследование прекардиальной пространственно-временной карты потенциалов, variability сердечного ритма, длительной записи ЭКГ на носимый монитор, автоматизация анализа и т. д.), а также модификацию принципов записи

(дополнительно усиленная, фильтрованная и дифференциальная ЭКГ, выявление поздних потенциалов желудочков и предсердий).

Теоретическое обоснование метода

Перечислим основные свойства нормальной сердечной мышцы:

- сократимость (обеспечивает насосную функцию);
- возбудимость;
- проводимость;
- автоматизм (способность генерировать импульс возбуждения);
- лабильность (изменение частоты и силы сокращений);
- рефрактерность (неспособность к возбуждению в определенную часть сердечного цикла);
- гормональная активность (выделение предсердиями натрийуретического пептида при их переполнении кровью).

Из них на ЭКГ фиксируются лишь электрические явления, сократимость (механические проявления) на ней не отражается. Более того, возможно явление электромеханической диссоциации — отсутствие сокращений при сохранении электрической активности. Это происходит при гиповолевическом шоке (кровопотеря, обезвоживание), тампонаде перикарда (быстрое заполнение сердечной сумки кровью) и действии избыточных доз некоторых медикаментов (верапамил, он же изоптин). Иногда к электромеханической диссоциации относят случаи тахиаритмий и фибрилляцию желудочков с прекращением эффективной циркуляции крови.

Диагностическое значение электрокардиологического исследования

Биопотенциал сердца непосредственно отражает процессы возбуждения и проведения импульса в миокарде, и косвенно — другие изменения состояния сердечной мышцы. Поэтому наибольшее значение его регистрация имеет для диагностики аритмий и блокад проводящей системы сердца. При нарушениях коронарного кровообращения, воспалительных и дистрофических процессах в сердце, гипертрофии и перегрузке его отделов электрокардиологическое исследование также дает ценную информацию, которая, однако, требует уточнения с помощью других методов, позволяющих подтвердить ту или иную форму патологии, отличить заболевания, способные привести к сходным изменениям электрокардиограммы. Потому при составлении заключения предпочтение отдается электрофизиологическим формулировкам, а не безапелляционным клиническим терминам, таким как коронарная недостаточность, гипоксия, дистрофия.

Происхождение биопотенциала сердца

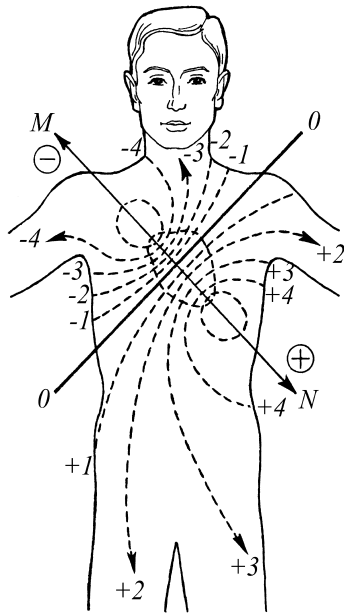


Рис. 1. Изопотенциальная карта Уоллера

В спокойном состоянии клетка миокарда поляризована за счет разности концентраций ионов калия и натрия (калия в клетке в 30 раз больше, чем снаружи, а натрия, наоборот, в 10 раз меньше). При прохождении импульса возбуждения натрий быстро входит в клетку, потенциал этого участка меняется на противоположный, образуя диполь — пару разноименных электрических зарядов. Совокупность потенциалов миокардиоцитов образует суммарные диполи предсердий, желудочков и сердца в целом. Их результирующая, называемая электрическим вектором сердца, изменяет силу и направление во время сердечного цикла, причем в области верхушки находится положительный полюс этого вектора, а отрицательный — у основания сердца (см. рис. 1).

Моментный вектор сердца описывает в пространстве петлю.

Форма электрокардиограммы в различных отведениях определяется проекцией этой петли на ось каждого отведения. Среднее положение сердечного электрического вектора за время активации желудочков называется электрической осью сердца, которая характеризуется величиной угла наклона оси по отношению к горизонтали, направленной влево во фронтальной плоскости.

Элементы электрокардиограммы

Последовательное распространение волны возбуждения по миокарду приводит к формированию характерных элементов ЭКГ. На электрокардиографической кривой выделяют зубцы, сегменты и интервалы. Длительность сегментов отсчитывается от конца предыдущего зубца до начала следующего, а интервалы обычно включают в себя один или несколько зубцов и сегментов. Зубцы обозначаются буквами латинского алфавита от P до U (рис 2).

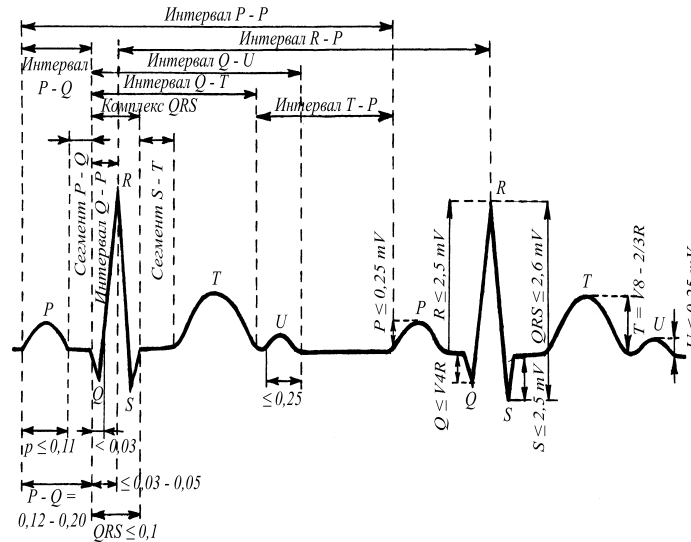


Рис. 2. Схема элементов ЭКГ

Возбуждение возникает в клетках синусового узла — главного водителя ритма сердца, но на обычных ЭКГ этот процесс не регистрируется. Затем возбуждение предсердий формирует первый зубец P. Начальная его часть образуется правым предсердием, а заключительная — левым. Возбуждение достигает левого предсердия по межпредсердным путям. При нарушении межпредсердной проводимости зубец P расширяется и становится двугорбым.

Следует обратить внимание, что нередко (у 12% людей до 20—30 лет!) в нижних отделах предсердий функционирует дополнительный водитель ритма, имеющий в покое более высокую активность, чем синусовый узел, но не способный обычно к изменению частоты импульсации и при нагрузке или волнении «уступающий» роль лидера основному водителю ритма. Это явление связано с незрелостью активационных структур мозга, симпатической иннервации сердца, часто сочетается с «рассеянностью», «невнимательностью», очень глубоким сном вплоть до энуреза, входящими в так называемый синдром дефицита внимания, и устраняется не антиаритмической терапией (!), а длитель-

ным (3—6 месяцев) курсом ноотропных средств симпатотропного действия (М. А. Школьников, 1987 г., 1999 г.). На ЭКГ можно видеть ригидный, строго постоянный ритм с уплощенными или отрицательными зубцами Р в отведениях III и aVF (угол собственной электрической оси предсердий близок к нулю или резко отрицателен), при этом интервал Р—Q обычно укорочен. Впрочем, иногда и этот узел способен слегка изменять свою активность при дыхании, подобно синусовому. Для уточнения следует повторить ЭКГ в положении стоя или после 10—15 приседаний. Если описанные выше зубцы резко (одномоментно) сменяются обычными синусовыми, а по мере успокоения вновь возникают, то диагноз предсердного ритма несомненен. Как правило, такой ритм сам по себе не влияет на состояние здоровья, кроме случаев, когда из-за нарушения моторики предсердий они расширяются и испытывают перегрузку. Тогда восстановившийся после учащения ритма зубец Р увеличен. Дилатация предсердий впоследствии может привести к развитию и других, более серьезных предсердных аритмий.

В атриовентрикулярный узел возбуждение проходит по межузловым проводящим путям (пучки Венкебаха, Бахмана и Торелла). Его роль:

- проведение возбуждения из предсердий к желудочкам (антеградно) и предотвращение обратного (ретроградного) его проведения;
- узел становится водителем ритма, если автоматизм вышележащих отделов снижается;
- при слишком частых импульсах из предсердий узел пропускает только каждый второй из них. Это не следует считать блокадой;
- физиологическая задержка проведения возбуждения в атриовентрикулярном узле приводит к образованию изоэлектричного сегмента PQ, в это время кровь из предсердий заполняет желудочки, обеспечивая их полноценное сокращение.

Нарушение оптимальной паузы (как укорочение, так и удлинение) ведет к снижению сердечного выброса. Это становится важным при наличии сердечной недостаточности и при необходимости производить максимальную работу (в спорте например).

Затем возбуждение по проводящему пучку Гиса и его трем основным ветвям (правой, левой передней и левой задней) и волокнам Пуркинье достигает желудочков и вызывает их деполяризацию, регистрируемую как комплекс QRS. Представляет интерес определение зубцов желудочкового комплекса.

Зубцом Q называют первый зубец желудочкового комплекса, если он имеет отрицательную полярность (направлен вниз). Зубец Q может быть только один и в норме может отсутствовать.

Все положительные зубцы комплекса обозначаются как R, а отрицательные зубцы, следующие после других зубцов, как S. В отведении aVR, где желудочковый комплекс в норме инвертирован, фактические зубцы тоже обозначаются по общим правилам, но оцениваются соответственно их физиологическому смыслу.

При инфаркте миокарда и других тяжелых поражениях сердечной мышцы на ЭКГ может наблюдаться патологически увеличенный зубец Q. Патологическим принято считать зубец Q, ширина которого более 0,03—0,04 с, а глубина превышает 1/4 зубца R (в III отведении — 1/2). Отсутствие этого зубца в левых грудных отведениях свидетельствует либо о нарушении проводимости в левой ножке пучка Гиса, либо об изменениях в миокарде перегородки. В отведениях от противоположной очагу некроза стенки сердца вместо зубца Q выявляется повышенный зубец R (реципрокные изменения), например в правых грудных отведениях при задне—базальном инфаркте.

В первые 0,04—0,06 с форма кривой определяется проведением по левой ножке пучка Гиса, поэтому все зазубрины и прочие изменения комплекса QRS в это время нельзя относить к нарушению проведения по правой ножке! Скорее следует подозревать наличие дополнительных путей проведения, блокаду передне—средней ветви или локальные изменения в мелких ветвях проводящей системы.

В момент, когда желудочки равномерно возбуждены, на ЭКГ записывается изоэлектрический сегмент ST, переходящий в зубец T, отражающий быструю реполяризацию желудочков. У части людей в норме этот сегмент приподнят над изолинией и несколько вогнут, что обозначается как синдром ранней реполяризации желудочков (СРР). Очень редко можно встретить T-негативный СРР, когда в правых или даже во всех грудных отведениях после приподнятого дугой вверх сегмента ST наблюдается отрицательный или двухфазный T. Чтобы отличить это состояние от перикардита или инфаркта миокарда, надо, конечно, при учете всех прочих клинических данных, провести нагрузочную пробу. При СРР на фоне нагрузки или и симпатикотонии иного происхождения ЭКГ может полностью или частично нормализоваться, чего трудно ожидать при органической патологии.

Иногда, особенно при замедленном ритме, чаще у молодых людей и при ваготонии регистрируется и зубец U, генез которого до сих пор не ясен (медленная реполяризация, следовые потенциалы).

Увеличивается он при гипокалиемии, поражениях головного мозга, действии ряда лекарственных средств (кордарон, хинидин, новокаиномид, чемеричная вода и др.). Иногда при мелковолновой мерцательной аритмии его приходится отличать от зубца Р следующего цикла.

Кроме перечисленных нормальных зубцов, на ЭКГ можно увидеть и дополнительные элементы. Так, дельта-волна возникает при синдроме преждевременного возбуждения желудочков (Вольфа—Паркинсона—Уайта, WPW) за счет наличия дополнительных проводящих путей между предсердиями и желудочками, накладывающихся на сегмент PQ и примыкает слева к желудочковому комплексу. Этот феномен встречается на одной ЭКГ из 200—500, но при детальном анализе его рудименты можно обнаружить почти у половины людей. Выглядит этот элемент как прилегающая под тупым углом к началу желудочкового комплекса треугольная, похожая на греческую букву Δ, «ступенька» различной высоты и полярности. Нередко приходится отличать ее от блокады ножек пучка Гиса или патологического Q при инфаркте миокарда. Хуже, если эти заболевания развиваются на фоне синдрома WPW или, наоборот, он впервые проявляется на их фоне. Бывает такое нечасто, но встречается в практике каждого врача-функционалиста! Для того чтобы разобраться, следует помнить о том, что расширение QRS и всего QT при синдроме предвозбуждения желудочков происходит за счет укорочения PQ (PR) из-за возбуждения по пучку Кента какого-то участка желудочков. Можно попытаться убрать на время дельта-волну, подавив проведение по дополнительному пути, с помощью пробы с нагрузкой, атропином, новокаиномидом или полумифическим аймалином (гилуритмалом), входящим, правда, в состав «пульс-нормы» (осторожно!), или, наоборот, увеличить аномальное проведение с помощью верапамила (категорически нельзя при мерцательной аритмии!!!). Кроме того, существуют варианты с пучком Махайма, который соединяет атриовентрикулярный узел с желудочками и не приводит к укорочению PQ, и пучком Джеймса, обходящим узел и приводящим к резкому укорочению PQ без изменения формы зубцов. Все эти пучки — рудименты, в норме исчезающие в ходе развития организма, но не всегда полностью. Иногда они проявляется и после рождения, причем в любом возрасте. Возможно появление дельта-волны после инфаркта миокарда или значительной физической нагрузки и ее исчезновение в этих же случаях.

J-волна наблюдается при синдроме ранней реполяризации, когда она замещает зубец S, причем от нее начинается сегмент S-T, проходящий выше изолинии. Данный синдром встречается в одном случае из 20, в некоторых популяциях — и гораздо чаще. Как

уже говорилось, при физической нагрузке возможна частичная или полная временная нормализация ЭКГ. Аналогичные описанному синдрому сдвиги наблюдаются и при гипотермии.

Иногда при удлинненном интервале P-Q или полной A-V блокаде можно встретить небольшой отрицательный зубец Ta, вызванный реполяризацией предсердий. Интервал P-Ta составляет 0,15—0,45 с, поэтому предсердный T обычно совпадает с желудочковым комплексом и не виден. Считается, что именно Ta обуславливает якоробразную депрессию сегментов P—Q и S—T при тахикардии.

Следует упомянуть появившиеся в мировой медицинской периодике сообщения о том, что M-образная зазубренность (scochetage) восходящего колена зубца QRS в отведениях II, III, aVF указывает на высокую (до 70%) вероятность наличия у пациента дефекта межпредсердной перегородки или персистирующего овального окна. Интересно, что после успешной операции она исчезает. По другим источникам, при этом могут наблюдаться также частичная или полная блокада правой ножки пучка Гиса и нередко нижнепредсердный ритм.

Интервал от начала желудочкового комплекса (зубца R или Q) до конца зубца T называется электрической систолой. При значительном увеличении электрической систолы появляется опасность развития фатальных аритмий. Обычно длительность электрической систолы сравнивают с должной по специальным таблицам или по формуле Базетта, где $K = 0,37$ для мужчин и $0,4$ для женщин) или вычисляют систолический показатель по Фогельсону, отнеся длительность электрической систолы ко всему кардициклу (QT к RR). Систолический показатель не вполне корректен, так как предполагает линейную зависимость там, где на самом деле наблюдается дробно-степенная, поэтому в настоящее время им практически не пользуются. Чтобы соотнести частоту ритма и электрическую систолу, лучше использовать скорректированную электрическую систолу QT_c . В норме при ритме не реже 50 уд./мин она не превышает 0,40—0,42. По сути, QT_c равна фактическому индивидуальному коэффициенту Базетта:

$$QT_c = QT \sqrt{(R - R)}$$

Нередко определяют еще один интервал — время внутреннего отклонения. Этот показатель отсчитывают от начала первого зубца желудочкового комплекса до вершины его последнего положительного зубца. Он характеризует проведение импульса в стенке желудочков и увеличивается при их гипертрофии и блокадах.

В стандартном ЭКГ-заключении рекомендуется указывать угол альфа, т. е. отклонение вектора сердца во фронтальной плоскости от горизонтали. Определяется он по номограммам (схема Дьеда, аксонометр), таблицам Письменного (уточненная на ЭВМ таблица приведена в приложении) или же графически — с помощью треугольника Эйнтховена или 6-осевой системы Бейли (круга Кабрера). Для этого получают алгебраические суммы положительных и отрицательных(!) зубцов комплекса QRS в I и III отведениях (в общем случае — любой пары отведений от конечностей, лучше — биполярных):

$$\operatorname{tg}(\alpha) = a_{aVF} / a_1$$

Эти величины откладывают на соответствующих осях, из полученных точек строят перпендикуляры, пересечение которых дает положение результирующего сердечного вектора, начинающегося в начале координат — центре треугольника Эйнтховена. Полученный результат порой сильно отличается от определенного на глаз и нередко помогает в диагностике, например, острой перегрузки правого желудочка, когда ось начинает отклоняться по часовой стрелке во фронтальной плоскости.

Приведем для справки формулы, по которым построены таблицы:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = (a_1 + 2 \times a_3) / (a_1 \times \sqrt{3})$$

$$\operatorname{tg}(\alpha) = (2 \times a_2 - a_1) / (a_1 \times \sqrt{3})$$

где a_1 — сумма зубцов в первом отведении,

a_2 — во втором

и a_3 — в третьем.

Расчеты легко могут быть выполнены на микрокалькуляторе, причем не обязательно программируемом (всего шесть действий).

Однако амплитуда усиленных однополосных отведений в действительности может отклоняться от теоретической до 30%, что, естественно, приведет к ошибкам, поэтому-то расчеты и ведутся по любой паре двухполосных отведений.

Точно так же можно определить и углы для зубцов Р и Т, но для этого нужно более точно определять их амплитуду. Вручную это сделать трудно, если вообще возможно, даже при дополнительном усилении, но наилучшие компьютеризованные электрокардиографы это делают (см. рис. 3). Угол Р — отличный критерий диагностики предсердных ритмов и гипертрофии (перегрузки)

предсердий, а угол Т очень полезен для количественной оценки динамики изменений реполяризации.

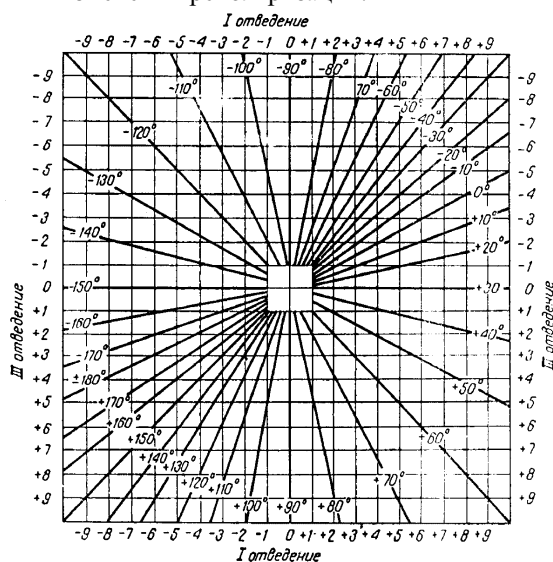


Рис. 3. Схема Дьёда

Понятие об электрокардиографическом отведении

Электрический потенциал сердца распространяется на поверхность тела человека. На рис. 1 показана известная изопотенциальная карта Уоллера. Размещая положительный и отрицательный электроды на различных участках, можно измерять разность потенциалов между ними. Такая пара электродов называется электрокардиографическим отведением, а воображаемая линия, соединяющая места их наложения, — осью данного отведения. Проекция сердечного вектора на ось отведения определяет величину и направление зубцов ЭКГ в этом отведении. Как уже упоминалось, можно определять и положение оси зубцов Р и Т, что реализовано в программном обеспечении лучших компьютерных ЭКГ-аппаратов. Изменение угла наклона вектора помогает количественно оценивать динамику этих зубцов, например для выявления описанных выше предсердных ритмов.

Различают однополюсные, двухполюсные и скорректированные типы отведений. В двухполюсных отведениях участвует пара электродов, в однополюсных — измеряется разность потенциалов между активным электродом и индифферентным, образованным

при соединении 2—3 других точек, потенциал которых взаимно выравнивается и принимается за нулевой. Корректированные отведения применяются обычно для получения трех взаимно перпендикулярных осей, как правило, при векторэлектрокардиографии, при автоматизированном анализе ЭКГ и при массовых осмотрах (ЭКГ-4, система КАСМОН). Поскольку физически разместить так электроды не удастся, то оси формируются соединением нескольких проводников и корректируются сопротивлениями. Считается, что 3—5 таких отведений дают полную информацию о биопотенциале сердца. Кроме того, по Leshchkin, отведения могут быть прямыми (от поверхности сердца), полупрямыми (из полостей организма — пищеводные) и непрямые (с поверхности). При размещении электродов на участках, удаленных от границ сердца не более чем на 9 см, небольшое смещение электродов существенно изменяет форму ЭКГ, в более удаленных, в том числе от конечностей, — влияет мало.

Системы отведений

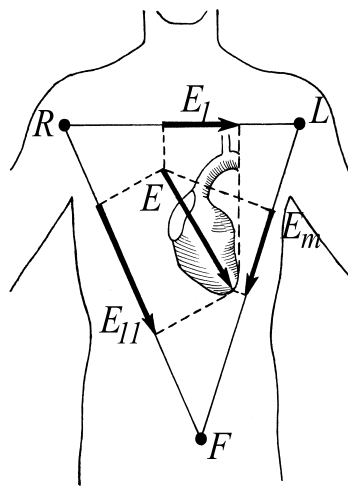


Рис. 4. Треугольник Эйнтховена

Общепринятая система включает 12 отведений. В первом ЭКГ-аппарате в качестве контактов применялись емкости с солевым раствором. Поэтому три стандартных двухполюсных отведения Эйнтховена образуются путем наложения электродов на обе руки и левую ногу (см. рис. 4). Полярность выбрана так, что при нормальном расположении электрической оси сердца во всех отведениях наблюдаются в основном положительные зубцы. Для этого в первом (I) отведении положительный электрод устанавливается на левой руке, отрицательный — на правой руке, во втором (II) отведении положительный электрод — на левой ноге, отрицательный — также на правой руке.

В третьем (III) отведении положительный электрод — на левой ноге, а отрицательный — на левой руке. Глядя на схему треугольника Эйнтховена, можно увидеть, что на правой руке находятся только отрицательные электроды, а на левой ноге — только положительные.

Как же понимать, что электрод на левой руке одновременно положителен для первого отведения и отрицателен для третьего? Эти отведения снимаются или не одновременно, или разными усилителями (при многоканальной регистрации).

Биполярные отведения регистрируют разность потенциалов двух электродов. Для выяснения потенциала конкретной точки на поверхности тела необходимо в качестве отрицательного электрода выбрать участок с нулевым потенциалом. Такая точка, возможно, существует в электрическом центре сердца и недоступна для исследователя. По закону Кирхгофа соединение всех трех электродов от конечностей искусственно создает такой виртуальный электрод с нулевым потенциалом. К сожалению, в получившемся однополюсном отведении вольтаж очень мал, так как само это соединение «закорачивает» исследуемый участок. Выход из положения нашел Гольдбергер в 1942 г. Предложенные им три усиленных однополюсных отведения (aVR, aVL, aVF) образованы теми же электродами на конечностях в качестве положительных полюсов, а отрицательный полюс каждого из отведений получен соединением электродов от двух других конечностей (рис. 5). Амплитуда кривой увеличилась в полтора раза, а погрешность из-за исключения третьего электрода оказалась пренебрежимо малой (все же для более точного определения электрической оси принято использовать биполярные отведения). Все шесть отведений от конечностей образуют взаимосвязанную систему, где по любой паре отведений можно (в идеальном случае) математически вычислить кривые в оставшихся четырех. Так часто и делается в современных компьютеризованных электрокардиографах и приставках с целью весьма сомнительной «экономии» (для грудных-то отведений все равно нужно шесть усилителей!). Проблема заключается в том, что реальная ЭКГ может все же иногда отклоняться от теоретической (до 30% амплитуды некоторых зубцов!), поэтому предпочтение следует отдавать аппаратам, «честно» снимающим все отведения.

На правую ногу накладывается черный электрод, не участвующий ни в одном из отведений, но необходимый для устранения электромагнитных (сетевых) помех в любой системе отведений. Этот электрод определяет опорный, нулевой, потенциал для применяемых симметричных усилителей. Тогда внешняя помеха, проходящая на рабочие входы в одной фазе, сама себя гасит.

Шесть грудных однополюсных отведений Вильсона также используют объединенные электроды от конечностей в качестве отрицательного полюса, а положительный электрод размещается поочередно:

- V1 — в IV межреберье у правого края грудины;
 V2 — в IV межреберье у левого края грудины;
 V3 — на середине отрезка, соединяющего точки 2 и 4 отведений;
 V4 — в V межреберье по левой срединно-ключичной линии;
 V5 — на том же уровне (!) по передней подмышечной линии;
 V6 — на том же уровне (!) по средней подмышечной линии.
 Дополнительно можно снять еще три отведения:
 V7 — на том же уровне по задней подмышечной линии;
 V8 — на том же уровне по лопаточной линии;
 V9 — на том же уровне по паравerteбральной линии.
 В англоязычной литературе эти отведения обозначаются как «C1»—«C9» (Chest — «грудная клетка»).

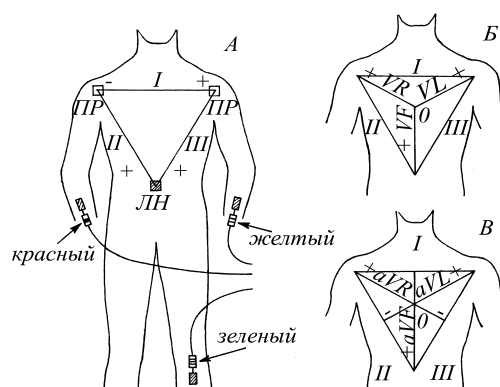


Рис. 5. Отведения от конечностей и их оси:
 а — двухполюсные, б — однополюсные, в — усиленные

Здесь небольшое смещение электрода приводит к существенному изменению ЭКГ, поэтому необходимо строго соблюдать общепринятые позиции! Необходимо отметить, что в ряде руководств по физиологии и учебников для студентов тиражируется досадная неточность: в качестве уровня размещения пятого и шестого электродов указано пятое межреберье, имеющее на самом деле косой ход и проходящее заметно выше, чем надо. На практике медсестры, проводящие исследование, нередко неправильно ставят еще и третий электрод. Все это требует периодического контроля за правильностью установки электродов в кабинетах ЭКГ со стороны как врача-функционалиста, так и кардиолога (!).

Кроме того, первоначально в руководствах оговаривалось, что отведение V4 располагается «на уровне верхушечного толчка», а позже укоренилось «5-е межреберье». В случае значительного изменения положения верхушечного толчка есть смысл разместить электроды V4—6 на его уровне, но обозначить это на ленте (см. рис. 6).

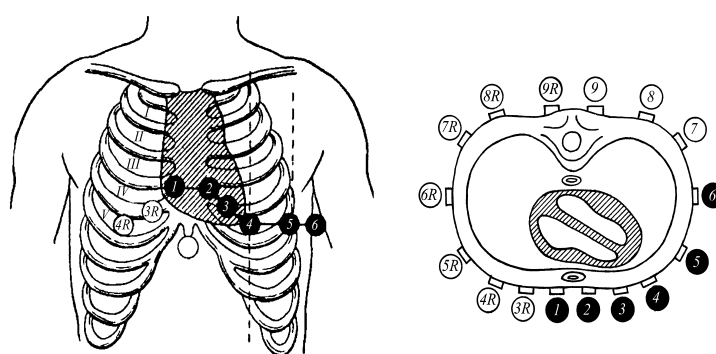


Рис. 6. Грудные отведения по Вильсону

Иногда на практике приходится заменять однополюсные грудные отведения на устаревшие двухполюсные, например при обрыве в грудном электроде. Следует отрицательный электрод любого (!) отведения установить на любой конечности, а положительный — в точках V1—6. Такие отведения обозначаются CR, CL или CF в зависимости от того, где находится отрицательный электрод (правая рука, левая рука, левая нога соответственно). На форме кривых это отражается мало, но в отведениях CF1—3 в норме нередко имеется отрицательный зубец Т.

Аналогично, если оборван провод одного из электродов для конечностей, можно по старинке, оставив переключатель в положении исправного отведения, переставлять пару его электродов, с учетом полярности, для получения трех стандартных отведений. Однополюсные отведения Гольдбергера придется пропустить, а грудные — снять на этом же исправном отведении в режиме CR, CL или CF, как описано выше.

Иногда электроды не могут быть размещены на стандартных участках конечностей (заболевания кожи, повязки, ампутации, проведение нагрузочных проб). Тогда их можно поставить на любых других точках вдоль оси этих отведений, даже на грудной клетке. ЭКГ при этом искажается очень мало.

Отведения на все случаи жизни

Предложено также много дополнительных отведений, позволяющих оценить те или иные проекции сердечного вектора лучше, чем стандартные. Следует упомянуть отведения по Нэбу, Клетену, Лиану и Слапаку-Партилла, а также правые грудные.

Рассмотрим правые грудные отведения. Их положительный электрод ставится на такие же точки, что и обычные отведения по Вильсону, но — справа, зеркально симметрично. Они обозначаются как V3R, V4R, ..., V9R (см. рис. 6). Прибегают к их использованию для диагностики поражений правого желудочка и части задней стенки левого желудочка (чаще всего совместных).

Нередко приходится размещать и обычные грудные отведения на одно-два межреберья выше или ниже, чем обычно, — при вертикальном расположении сердца (эмфизема легких) или горизонтальном (высокое стояние диафрагмы, ожирение), при ограниченном по размеру повреждении миокарда высоких отделов передней стенки. Номер межреберья принято указывать верхним индексом или штрихом, а лучше — словесным пояснением на ленте.

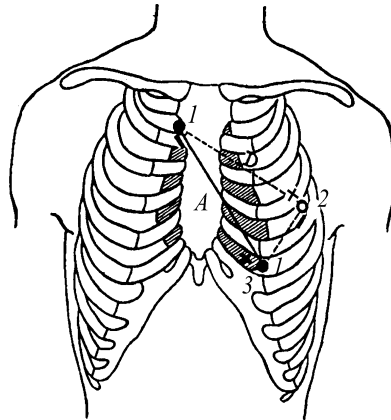


Рис. 7. Схема отведений по Нэбу

Для диагностики поражений задне—базальных отделов и при велоэргометрии часто прибегают к двухполюсным отведениям по Нэбу (Nehb), образующим «малый треугольник» на грудной клетке. Для этого электрод от правой руки (красный) помещают во второе межреберье справа от грудины, от левой ноги (зеленый) — на верхушку сердца, от левой руки (желтый) — на том же уровне по задней подмышечной линии (V7). В положении переключателя «I отв.»

записывается отведение D (dorsalis), как раз характеризующее потенциал высоких задне—базальных отделов, на «II отв.» — A (anterior) — передней стенки, а в «III отв.» — I (inferior) — передне—боковой области левого желудочка (см. рис. 7). По предложению И. А. Серафиновича (1991 г.), целесообразно записывать также униполярное отведение «aVL-N», в положении переключателя «aVL», более информативное в отношении состояния базальных отделов, чем отведение D.