

## **7. Электрокардиография**

### **7.1. Основы электрокардиографии**

#### **7.1.1. Что такое ЭКГ?**

Электрокардиография — самый распространенный метод инструментального обследования. Ее проводят, как правило, сразу же после получения результатов анализа крови и мочи.

Этот метод пользуется среди врачей заслуженным уважением благодаря своей информативности, простоте, доступности и безопасности, а также невысокой себестоимости. При этом электрокардиография с успехом применяется не только в кардиологии, но и в других областях медицины — например, для обследования пациентов с заболеваниями эндокринной системы, печени и желчевыводящих путей, патологией легких, почек, также системы кровообращения.

Установлено, что сердце человека вырабатывает небольшое количество электричества. Электрическая активность сердца является результатом циклического передвижения ионов в клетках и межклеточной жидкости миокарда. С увеличением или уменьшением разности

электрических зарядов (электрических потенциалов) изменяется величина электрического тока в цепи.

Разность потенциалов, характерная для электрической активности сердца, весьма мала и измеряется в милливольтгах. Эта величина векторная, то есть определяется численным значением и направлением в пространстве, что позволяет регистрировать ее с помощью электрокардиографа.

Термин «электрокардиография» состоит из трех частей, каждая из которых имеет свое значение:

- «электро» — определяются электрические потенциалы;
- «кардио» — исследуется сердце;
- «графия» — ведется запись.

*Электрокардиография* — метод графической регистрации разности потенциалов электрического поля сердца с помощью особого прибора — *электрокардиографа*.

Он состоит из:

- усилителя, улавливающего токи чрезвычайно малого напряжения;
- гальванометра, измеряющего величину напряжения;

- системы питания;
- записывающего устройства;
- электродов и проводов, соединяющих пациента с аппаратом.

Результат обследования — *электрокардиограмма* (ЭКГ). Это графическая запись в виде кривой, отражающая электрическую активность сердца.

### **7.1.2. Немного теории**

Мышца сердца состоит из нескольких видов клеток.

Это *миокардиоциты* (клетки сократительного миокарда), а также *соединительнотканые клетки* соединительнотканного каркаса, *клетки проводящей системы сердца*, передающие возбуждение.

Совокупность кардиальных клеток обладает набором специфических свойств, к основным из которых относят *автоматизм*, *проводимость*, *возбудимость* и *сократимость*.

*Автоматизм* — способность сердца вырабатывать электрические импульсы при отсутствии внешних раздражителей. Возникновение импульсов связано с прохождением ионов, прежде всего калия и натрия, через клеточную мембрану.

Этой функцией обладают:

- синусовый узел (узел Кейса–Фляка), расположенный в верхней части правого предсердия (центр автоматизма первого порядка) и вырабатывающий 60–80 электрических импульсов за 1 мин;
- участки в предсердиях, зона перехода атриоventрикулярного узла (Ашоффа–Товара) в пучок Гиса (центр автоматизма второго порядка), генерирующие 40–60 импульсов за 1 мин;
- нижняя часть пучка Гиса, его ветви и волокна Пуркинье (центр автоматизма третьего порядка), обладающие низкой активностью (25–45 импульсов за 1 мин).

Благодаря своей *проводимости* миокард проводит импульсы от места их возникновения к другим отделам сердечной мышцы.

Этим свойством обладают волокна специализированной проводящей системы сердца и, в меньшей степени, сократительный миокард.

Волна возбуждения, которое генерируется в клетках синусного узла, распространяется по трем специализированным путям (трактам Бахмана, Венкебаха и Торреля) к атриоventрикулярному узлу и по межпредсердному пучку

Бахмана. Зародившись в синусовом узле, импульс возбуждения передается по проводящей системе предсердий и возбуждает их, а затем при движении по проводящей системе желудочков возбуждает межжелудочковую перегородку, верхушку и основание сердца. Процесс возбуждения в миокарде завершается восстановлением исходного состояния миокардиоцитов.

Функция *возбудимости* подразумевает возбуждение сердца под влиянием импульсов. Соответствующим свойством обладают клетки как проводящей системы сердца, так и сократительного миокарда.

Возбуждение сердечной мышцы сопровождается возникновением электрического тока, который регистрируется кардиографом в виде кардиограммы.

*Сократимость* — способность сердечной мышцы сокращаться под влиянием импульсов и работать подобно насосу. Этим свойством в основном обладает сократительный миокард.

Итак, у сердца четыре функции, и любые нарушения каждой из них могут быть выявлены на ЭКГ.

Например, признаки снижения проводимости — различные блокады (атриовентрику-

лярная, синоатриальная, блокада ножек пучка Гиса), а нарушение функции автоматизма проявляется в виде аритмий (экстрасистолия, мерцание и трепетание предсердий, желудочковая тахикардия, брадикардия).

В нормальных условиях биоэлектрические процессы, регистрируемые электрокардиографом, протекают следующим образом.

*Исходное состояние.* Внутри клетки больше ионов калия, а натрий находится во внеклеточном пространстве, поэтому поверхность клеточной мембраны имеет положительный заряд снаружи и отрицательный внутри.

*Период возбуждения.* Из-за спонтанного возбуждения синусового узла клеточная мембрана становится проницаемой для ионов натрия, которые устремляются внутрь клетки. В итоге меняется заряд мембраны (происходит деполяризация). Теперь уже внутренняя поверхность клеточной мембраны заряжена положительно.

*Окончание возбуждения и период покоя.* Окончание возбуждения сопровождается двумя противоположными явлениями — проницаемость мембраны уменьшается для натрия и, наоборот, возрастает для калия, который устремляется во внеклеточную жидкость. В состоянии покоя срабатывает «калиево-натриевый насос» и калий возвращается в клетку.

Чтобы понять, как формируются элементы ЭКГ, нужно знать, как происходит возбуждение в сердечной мышце.

Возникая в синусовом узле, возбуждение через предсердия достигает атриовентрикулярного узла и распространяется дальше — на ствол пучка Гиса. Последний состоит из двух ножек, причем левая представлена передней и задней ветвями. В результате изнутри (от эндокарда) кнаружи (к перикарду) возбуждаются желудочки сердца. Возбуждением последовательно охватываются левая половина межжелудочковой перегородки и миокарды сначала правого, а затем левого желудочка.

Процесс угасания возбуждения идет в обратном направлении — от наружной поверхности сердца в направлении эндокарда.

### **7.1.3. Показания к проведению электрокардиографии**

При медицинском обследовании электрокардиография должна быть обязательно назначена пациентам старше 40 лет.

ЭКГ нужна также в случае лечения:

- сердечно-сосудистой системы;
- органов дыхания;
- печени и почек;

- центральной нервной системы.
- острых заболеваний органов брюшной полости;
- инфекционных болезней.

Кроме того, ЭКГ делают:

- при необходимости оказать неотложную терапевтическую помощь;
- перед хирургическим вмешательством и после него (в первый день после сложных операций);
- беременным;
- проходящим освидетельствование на профессиональную пригодность и МСЭК.

#### **7.1.4. Методика записи ЭКГ**

Исследование проводится в теплом помещении, пациент должен быть спокоен и ровно дышать. Сеанс длится около 10 мин и не требует специальной подготовки больного.

В каждом отведении записывают от трех до пяти сердечных циклов (комплексов PQRST).

Отведением называется запись разности потенциалов электрического поля сердца с двух точек поверхности тела.

Скорость записи ЭКГ составляет обычно 25 или 50 мм/с.

Для стандартизации зубцов ЭКГ в начале каждой записи регистрируется контрольный милливольт, амплитуда которого составляет 10 мм/мВ.

Регистрация осуществляется в 12 отведениях, к которым относятся:

- три стандартных (двухполюсных) отведения;
- три усиленных стандартных (однополюсных) отведения от конечностей;
- шесть однополюсных грудных отведений.

При использовании двухполюсного отведения к электрокардиографу подключают по два электрода. При использовании однополюсного отведения один электрод (активный) помещается на выбранную точку тела, второй является объединенным.

Если активный электрод расположен на конечности, отведение называют однополюсным, усиленным от конечности. Помещение электрода на грудь — это однополюсное грудное отведение.

При регистрации стандартных отведений Эйнтховена (I, II и III) электроды накладывают на конечности следующим образом: на правую руку — электрод с красным проводом, на

левую — с желтым, на левую ногу — с зеленым, на правую — с черным (заземление).

Запись осуществляется поочередно. Сначала записывают ЭКГ в стандартных отведениях (I, II, III), затем — в усиленных отведениях от конечностей (aVR, aVL и aVF) и грудных отведениях (V1–V6).

Для записи отведения I подключают электроды правой и левой рук, отведения II — электроды правой руки и левой ноги, а отведения III — электроды левой руки и левой ноги. При регистрации усиленных отведений от конечности активный электрод располагают на правой руке (aVR), левой руке (aVL) или на левой ноге (aVF).

Для записи грудных отведений (по Вильсону) активный электрод помещают на грудной клетке.

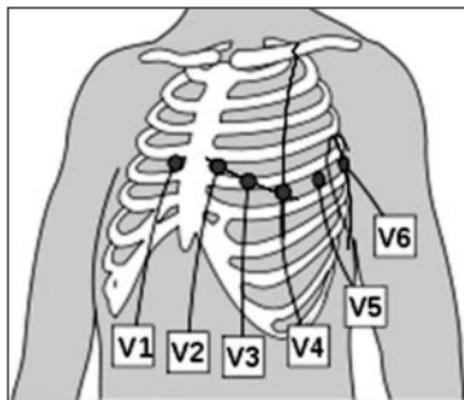
Схема расположения электродов на груди представлена на рис. 3.

Иногда нужна регистрация дополнительных отведений (не входящих в стандартный набор. К ним относятся:

1. Дополнительные отведения по Вильсону для снятия потенциалов с задней стенки левого желудочка — электроды (нумерация соответственная) располагают по

аналогии с грудными отведениями, продолжая в левую подмышечную область и заднюю поверхность левой половины грудной клетки.

2. Дополнительные отведения — по Небу. Три электрода образуют приблизительно равносторонний треугольник, все стороны которого соответствуют трем областям — задней стенке сердца, передней стенке, участку, прилежающему к перегородке.



**Рис. 3.** Расположение электродов при регистрации передних грудных отведений: V1 — у правого края грудины в межреберье IV; V2 — у левого края грудины в межреберье IV; V3 — по левой окологрудной линии между межреберьями IV и V; V4 — по среднеключичной линии в межреберье V; V5 — по передней подмышечной линии в межреберье V; V6 — по средней подмышечной линии в межреберье V