

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА В НОРМЕ. ГИПЕРТРОФИИ КАМЕР СЕРДЦА.

Сердце человека является сложной гетерогенной структурой, состоящей из сократимых и несократимых элементов. К сократимым элементам, на которые приходится примерно 50% общей массы сердца, относятся клетки миокарда, миоциты, а к несократимым элементам - клетки и волокна автоматической и проводниковой систем сердца, фиброзный остов, сосудистые и нервные сплетения и жировая ткань. Несократимые элементы составляют вторую половину массы сердца.

Только определённым элементам проводниковой системы сердца присущи автоматические свойства. Автоматическая система сердца образована синусовым узлом, специализированными проводниковыми путями предсердий, атриовентрикулярным соединением, нижней частью пучка Гиса, обеими его ножками и волокнами сети Пуркинье.

Зона доминантного (первичного, главного) водителя ритма сердца - синусовый узел. В электрофизиологическом аспекте синусовый узел принято делить на 2 зоны: условно верхнюю, образованную истинными пейсмекерными клетками (Р) и условно нижнюю, состоящую из потенциально пейсмекерных клеток (Т), которые тесно связаны между собой. Т-клетки анастомозируют одна с другой и контактируют с волокнами Пуркинье возле синусового узла. Синусовый узел является доминантным водителем сердечного ритма, автоматическим центром 1 порядка. В нём, в Р-клетках, через одинаковые промежутки времени генерируются электрические импульсы эквивалентной мощности, возбуждающие миокард предсердий и желудочков и вызывающие сокращение всего сердца. Эти импульсы проводятся Т-клетками в клетки (волокна) Пуркинье, которыми активизируется миокард правого предсердия. По специальным путям импульсы проводятся в левое предсердие и в атриовентрикулярную систему.

В предсердиях есть 3 специализированных пути, соединяющих синусовый узел с атриовентрикулярной системой: передний, средний и задний. *Передний интернодальный* (межузловой) путь делится на 2 ветви: первая, тракт Бахмана, направляется к левому предсердию, а вторая спускается вниз и кпереди по межпредсердной перегородке, достигая верхней части атриовентрику-

лярного узла (AV-узла). *Средний интернодальный путь*, тракт Венкебаха, начинается от синусового узла, проходит сзади верхней полой вены по задней части межпредсердной перегородки, анастомозирует с волокнами переднего тракта и достигает атриовентрикулярного соединения. *Задний интернодальный путь*, тракт Тореля, от синусового узла направляется вниз и кзади над коронарным синусом к задней части атриовентрикулярного узла. Это самый длинный из названных путей. Все 3 тракта тесно анастомозируют между собой вблизи верхней части AV-узла и соединяются с ним. Иногда от интернодальных путей ответвляются самостоятельные волокна, которые достигают нижней части AV-узла и даже начального участка пучка Гиса.

Далее начинается атриовентрикулярная система, состоящая из AV-узла, пучка Гиса, ножек пучка Гиса и волокон Пуркинье. AV-узел находится справа от межпредсердной перегородки над местом прикрепления трёхстворчатого клапана, рядом с устьем коронарного синуса.

AV-узел состоит из 4 типов клеток. Ему присуща способность к управлению ритмом (автоматизм), задержке проведения импульса и сортировке (фильтрации) поступающих в узел синусовых импульсов. AV-узел принято делить на 3 зоны: 1) зону А-N (atrium - nodus), т.е. зону переходную от предсердных волокон к AV-узлу, 2) зону N (nodus) - т.е. компактный узел, и 3) зону N-N (nodus - His), т.е. зону, переходную от AV-узла к пучку Гиса. Импульсы задерживаются в зонах А-N и N. В зоне А-N импульсы немного замедляют движение, а в зоне N это замедление выражено значительно. В зоне N-N проведение импульсов вновь нарастает, а потенциал действия пучка Гиса становится таким же, как потенциал действия волокон Пуркинье с высокой скоростью деполяризации. Такое притормаживание импульсов в AV-узле необходимо для того, чтобы электрическая систола, возбуждение, миокарда предсердий завершилась механической систолой предсердий до начала электрической и механической систолы желудочка. Автоматическая способность AV-узла низка и он является автоматическим центром 2 порядка. Она проявляется только при выключении синусового узла.

В норме AV-соединение является единственным путём соединения между предсердиями и желудочками сердца. Однако существуют и другие *пара-*

нормальные пути, минующие AV-узел. Это пучок Джеймса между предсердием и дистальным (нижним) отделом AV-узла или пучка Гиса, пучок Паладино-Кента, соединяющий предсердия и желудочки, и пучок Магайма, который связывает дистальную (нижнюю) часть AV-узла и мышцы желудочков. Функционирование этих дополнительных пучков проведения импульсов приводит к развитию различных синдромов преждевременного возбуждения желудочков (синдромы WPW, CLC)

Общий ствол пучка Гиса продолжается из AV-узла. Он лежит на правой части фиброзного кольца между предсердиями и желудочками, спускаясь по межжелудочковой перегородке. Состоит пучок Гиса из параллельных волокон Пуркинье, слабо анастомозирующих между собой. В своей нижней части пучок Гиса разветвляется на 2 ножки - левую и правую. Левая ножка пучка Гиса делится на верхнюю, или переднюю, ветвь и нижнюю, или заднюю, ветвь. На всём протяжении пучок Гиса и его ножек к ним близко подходят, но не анастомозируют с ними, веточки блуждающего нерва.

Конечные разветвления ножек пучка Гиса соединяются с большой сетью (клеточек) *волокон Пуркинье*, расположенных под эндокардом обоих желудочков. Они непосредственно связываются с клетками миокарда и обеспечивают переход импульсов на сократительные клетки миокарда, вызывая активацию и сокращения желудочков.

Основными функциями сердца являются автоматизм, возбудимость, проводимость и тоничность.

Под функцией автоматизма принято понимать способность сердца без всяких внешних воздействий выполнять ритмичные сокращения. Обычно ритмом сердца управляет синусовый узел, или автоматический центр 1 порядка. При его поражении и выключении функция автоматизма выполняется AV-узлом, или центром автоматизма 2 порядка. Если поражён и AV-узел, функция автоматизма начинает выполняться ножками пучка Гиса, или центрами 3 порядка.

Сердцу, как и всякой живой структуре, присуща *функция возбудимости*, которая характеризуется возникновением потенциала действия и сокращения сердца. Возбудимостью обладают как клетки проводниковой системы, так и

клетки сократительного миокарда. В состоянии покоя мышечная клетка имеет разницу потенциалов порядка 80 -90 мВ по обе стороны мембраны, причём внутренняя часть мембраны заряжена положительно по отношению к наружной. При возбуждении клетки образуется потенциал действия, сопровождающийся изменением полярности зарядов. Во время систолы сердечная клетка рефрактерна, т.е. устойчива к раздражению, невозбудима. В это время происходит восстановление потенциала мышечной клетки. За периодом реполяризации следует диастолический период покоя.

Проводимость свойственна всем клеткам миокарда. Однако скорость проведения импульсов по клеткам различна. Так скорость проведения импульсов в предсердиях равна 0,8 - 1 м/с, в АВ-узле - 0,2 м/с, в пучке Гиса - 0,8 - 1 м/м, в ножках пучка Гиса и в волокнах Пуркинье - 2 - 4 м/с, а в волокнах сократительного миокарда - 0,4 м/с.

Сократимостью реализуются функции автоматизма, возбудимости и проводимости. По сути, это интегральная функция миокарда.

Под функцией *тоничности* понимают способность миокарда к продолжительной, около 100 лет, функциональной деятельности.

Что же такое электрокардиограмма? *Электрокардиограммой (ЭКГ) называется суммарное графическое изображение колебаний электрических потенциалов, возникающих при работе сердца и зарегистрированных с поверхности тела человека.*

Регистрация ЭКГ в настоящее время является едва ли не самым рутинным и часто используемым методом дополнительного обследования больного, необходимая и доступная клиницисту любой специальностью. Любой практикующий врач должен уметь записать ЭКГ и составить по ней заключение.

Современный электрокардиограф представляет собой многоканальный усилитель электромагнитных колебаний, возникающих при работе сердечной мышцы. Его можно сравнить с обычным радиоприёмником, настроенным на длину волны, генерируемой работающим миокардом. В отличие от радиоприёмника, электрокардиограф трансформирует электромагнитные импульсы не в звуковую картину, а в механическое движение пера самописца. В результате колебания электрического потенциала в течение сердечного цикла фиксируют-

ся на бумажной ленте в виде характерной кривой, несколько раз отклоняющейся вверх или вниз от основной (изоэлектрической) линии.

Воспринимаются электромагнитные колебания с помощью антенн, условно называемых *электродами* электрокардиографа. Электроды можно переставлять по поверхности тела человека для того, чтобы регистрировать биопотенциалы генерируемые различными участками миокарда. В настоящее время перед регистрацией (записью) электрокардиограммы принято размещать на поверхности тела человека сразу несколько электродов, подключение которых к работе производится ручкой селектора отведений в определённом порядке. Это позволяет не совершать во время регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) лишних движений вокруг больного. Электрокардиограф имеет 5 - 10 электродов, что позволяет одновременно регистрировать биопотенциалы от 1 до 6 участков миокарда.

Каждый электрод имеет свою стандартную окраску для того, чтобы расположить его на строго определённом участке тела. Принято маркировать электроды, размещаемые на конечностях, соответственно цветам светофора: красный, жёлтый, зелёный. *Размещают их по часовой стрелке: красный - на правой руке, жёлтый - на левой руке, зелёный - на левой ноге. Нейтральный электрод ("земля") маркирован чёрным цветом. Его размещают на правой ноге. Электрод, размещаемый на грудной клетке, маркирован белым цветом.* Количество белых электродов может быть от 1 до 6 в зависимости от конструкции прибора. Если электрокардиограф имеет только 1 белый электрод, то его приходится последовательно переставлять в разные точки грудной клетки в процессе работы. Если прибор снабжён 6 белыми электродами, то перед началом работы их все сразу размещают в необходимых точках на грудной клетке и в дальнейшем только переключают селектор отведений.

Во время записи (регистрации) ЭКГ двигатель *протягивает ленту со скоростью 50 мм/с.* При этой скорости величина 1 маленькой, миллиметровой, клеточки на ЭКГ составляет 0,02 секунды, а 5 миллиметровых или 1 большой - 0,1 секунды. Современные электрокардиографы предусматривают ступенчатое переключение скоростей лентопротяжного механизма. Если во время записи ЭКГ желательно зафиксировать редко возникающие феномены, например ред-

кие экстрасистолы, то скорость движения ленты может быть снижена до 25 или 12,5 мм/с. Если необходимо получше рассмотреть какой-то участок ЭКГ, то при записи ЭКГ можно увеличить скорость протягивания ленты до 100 мм/с.

Электрокардиограф предполагает стандартное *усиление сигнала*, при котором регистрация потенциала в 1 мВ изображается отклонением пера самописца на 10 мм. Если во время записи ЭКГ фиксируются высоковольтные потенциалы и перо самописца уходит за края ленты, то усиление сигнала может быть уменьшено вдвое. При этом 1 мВ будет вызывать отклонение пера самописца на 5 мм. При регистрации низковольтных потенциалов усиление может быть увеличено вдвое, и 1 мВ будет вызывать отклонение пера самописца на 20 мм.

В настоящее время в обычной клинической практике принято регистрировать ЭКГ в *12 общепринятых отведениях ВОЗ* (Всемирной организации здравоохранения). Они подразделяются на 3 группы.

1 группа - стандартные электрокардиографические отведения, или двухполюсные отведения от конечностей. В европейской и отечественной литературе их обозначают римскими цифрами I, II и III. В американской литературе эти отведения принято обозначать L_1 , L_2 , L_3 . При записи ЭКГ в 1 позиции селектора отведений подключены, или являются активными, электроды красный (+) и жёлтый (-) (на обеих руках). Во 2 позиции - жёлтый (-) и зелёный электроды (+) (на левой руке и левой ноге). В 3 позиции - красный (-) и зелёный (+) электроды (на правой руке и левой ноге).

2 группа - усиленные однополюсные отведения от конечностей. Из принято обозначать буквами aVR (правая рука), aVL (левая рука), avF (правая нога). Все они положительные (+). Отрицательным является объединённый электрод Гольдберга (-), образующийся при объединении двух других отведений от конечностей.

3 группа - однополюсные грудные отведения. При этом белый электрод является положительным (+), а отрицательным (-) - объединённый электрод Вильсона, образующийся при объединении трёх отведений от конечностей так, что их суммарный потенциал всегда равен "0". Обычно белый электрод размещается в 6 позициях на грудной клетке человека. Первая позиция обозначается

значком V_1 - электрод находится в 4 межреберье у правого края грудины. Вторая позиция V_2 - электрод находится в 4 межреберье у левого края грудины. Третья позиция V_3 - электрод находится на середине линии между 2 и 4 позициями. Четвёртая позиция V_4 - электрод находится в точке пересечения левой срединно-ключичной линии с 5 межреберьем. Пятая позиция V_5 - электрод находится в точке пересечения горизонтальной линии, проведенной через 4 точку, с левой передне-подмышечной линией. Шестая позиция V_6 - электрод находится в точке пересечения горизонтальной линии, проведенной через 4 точку, с левой средне-подмышечной линией.

Наряду с перечисленными вариантами положений электродов при записи ЭКГ существует ещё много дополнительных вариантов их размещения. Однако на данном курсе мы их пока не будем рассматривать.

Названные отведения ЭКГ позволяют проводить *регистрацию потенциалов последовательно от разных участков миокарда*. При этом исследователь как бы постепенно, по кругу, передвигается по поверхности сердца, анализируя его состояние.

I отведение - потенциалы передней и боковой стенок левого желудочка,

II отведение - потенциалы боковой, передней и задней стенок левого желудочка,

III отведение - потенциалы задней стенки левого желудочка,

aVR - отведение - потенциалы основания левого и правого желудочков, правого предсердия,

aVL - отведение - потенциалы передне-боковой стенки левого желудочка,

aVF - отведение - потенциалы задней стенки левого желудочка,

V_1 }
 V_2 } - потенциалы правых предсердия и желудочка (правые отведения),

V_3 - потенциалы межжелудочковой перегородки,

V_4 - потенциалы верхушки и передней стенки левого желудочка,

V_5 - потенциалы передне-боковой стенки левого желудочка,

V_6 - потенциалы боковой стенки левого желудочка.

Зарегистрировав (записав) ЭКГ у пациента, приступают к анализу записанных кривых и составлению заключения по ЭКГ. Предварительно проводят расчет всех измеряемых параметров ЭКГ. *Измеряют величину зубцов и интервалов ЭКГ, обычно во II стандартном отведении.* Определяют достаточность вольтажа, величину систолического показателя в процентах от должной величины, положение электрической оси сердца или угла α .

Составление заключения по ЭКГ проводится по определённом плану.

1) Определяют ритм сердца, который может быть: синусовый, лево- или правопредсердный, верхне-, средне- или нижнеузловой (из AV-узла), идиовентрикулярный, ритм коронарного синуса, экстрасистолический (с указанием локализации источника экстрасистол), мерцательной аритмии, синусовый, сменяющимся иным (миграция водителя ритма).

2) Определяют правильность ритма сердца, который может быть правильным, ригидным, аритмичным.

3) Вычисляют частоту сердечных сокращений (ЧСС). При этом можно указывать словесную характеристику: брадикардия (при ЧСС ≤ 60 в 1 минуту), нормосистолия (при ЧСС от 61 до 90 в 1 минуту), тахикардия (при ЧСС ≥ 91 в 1 минуту).

4) Измеряют вольтаж сердца, который может быть, либо достаточным, либо сниженным.

5) Определяют положение электрической оси сердца в словесном выражении.

6) Измеряют длительность систолы и величину систолического показателя в т.ч. с величиной отклонения от должных величин в процентах.

7) В последнюю очередь указывают прочую патологию, описываемую словесно.

Теперь рассмотрим, какие элементы (зубцы, сегменты, интервалы) ЭКГ и как отражают электрические процессы в миокарде.

Элементы ЭКГ.

Прежде всего, запомним названия некоторых терминов.

Изоэлектрической линией называется основная прямая линия, фиксируемая пером самописца в фазу электрической диастолы сердца.

Зубцами называются отклонения пера от изоэлектрической линии вверх (положительные зубцы) или вниз (отрицательные зубцы).

Сегментом называется участок изоэлектрической линии от конца одного зубца до начала другого зубца ЭКГ.

Интервалом называется участок ЭКГ, включающий сегмент и зубец.

Комплексом называется участок ЭКГ, включающий несколько зубцов.

Итак, рассмотрим как происходит распространение волны возбуждения по миокарду, и какие элементы ЭКГ при этом образуются.

Во время электрической диастолы сердца перо ЭКГ пишет прямую линию, называемую изоэлектрической линией. Но вот синусовый узел начинает генерировать электрический импульс. Он распространяется на правое предсердие, вызывает возбуждение миоцитов *правого предсердия*. В это время миоциты левого предсердия ещё не охвачены возбуждением. Положительный заряд диполя по отношению к предсердиям находится справа, а отрицательный - слева. Перо самописца начинает отклоняться вверх и пишет восходящую часть зубца Р.

В то время, как перо самописца доходит до вершины зубца Р, процесс возбуждения по пучку Бахмана достигает левого предсердия. К этому моменту потенциал действия в правом предсердии исчезает, но образуется потенциал действия в *левом предсердии*. Диполь меняет свою полярность и перо самописца совершает движение вниз к изолинии.

Т.о., *восходящая часть зубца Р* отражает движение электрического потенциала в правом предсердии, а *нисходящая часть зубца Р* отражает движение электрического потенциала в левом предсердии. Измеряется зубец Р по высоте и продолжительности. Продолжительность зубца Р составляет 0,06 - 0,1 секунды (0,1") (3 - 5 маленьких, миллиметровых, клеточек или не больше 1 крупной, 5-миллиметровой), а по высоте зубец Р в норме не больше 2 мм.

Исходя из этого, можно представить, что *при гипертрофии правого предсердия* потенциал восходящей части зубца Р будет выше, более вольтажным. Но зубец Р не удлинится по времени, поскольку формирующийся потенциал левого предсердия своим противоположным зарядом будет быстро заканчивать его.

При гипертрофии левого предсердия вольтаж (высота) зубца Р будет обычным, не более 2 мм. Однако продолжительность зубца Р увеличится (более 0,11 секунды). Это связано с тем, что гипертрофированное, большое, левое предсердие дольше, чем обычно, охватывается возбуждением. По мере того, как генерация потенциала в правом предсердии уже прекращается, генерация потенциала в левом предсердии только начинается. Из-за различного соотношения этих процессов форма зубца Р при гипертрофии левого предсердия может быть куполообразная, прямоугольная или двугорбая. Обязательным признаком его гипертрофии будет увеличение продолжительности зубца Р более 0,1 секунды.

Гипертрофия обоих предсердий приведёт к появлению двугорбого, удлинённого ($>0,1''$) зубца Р с высокой, более 2 мм, восходящей частью.

После того, как импульс прошёл через предсердия и приостановился в АВ-узле, на ЭКГ фиксируется участок изоэлектрической линии, называемый сегментом PQ. Продолжительность его составляет 0,06 - 0,1''. Если сегмент PQ продолжается $\geq 0,11''$, то говорят о блокаде АВ-узла.

Интервал PQ, включающий в себя зубец Р и сегмент PQ, отражает время прохождения импульса от синусового узла до желудочков сердца. Продолжительность интервала PQ составляет 0,12 - 0,2''. Продолжительность его увеличится при гипертрофии левого предсердия (увеличение продолжительности зубца Р) или блокаде АВ-узла (удлинение сегмента PQ).

После того, как импульс выходит из АВ-узла, он двигается по пучку Гиса и в это время возбуждение захватывает межжелудочковую перегородку. На ЭКГ изображается в норме маленький отрицательный зубец Q длиной $< 0,03''$. Этот зубец является первым элементом желудочкового комплекса QRS. Абсолютный размер его не может превышать $1/4$ от следующего за ним положительного высокого зубца R.

Далее возбуждение переходит на желудочки сердца. В связи с тем, что сеть волокон Пуркинье в левом желудочке гуще, чем в правом, деполяризация охватывает вначале левый желудочек. Стремительно формируется диполь с положительным зарядом слева и отрицательным - справа. Образуется круто восходящая часть зубца R. Это самый высокий зубец ЭКГ, направленный вверх.

После того, как деполяризация охватывает *правый желудочек*, и диполь переворачивается положительным зарядом вправо, завершается формирование острой вершины зубца R и записывается относительно более пологая его нисходящая часть и зубец S.

Таким образом, зубец Q отражает деполяризацию межжелудочковой перегородки, восходящая часть зубца R отражает деполяризацию левого желудочка, а нисходящая его часть и зубец S - деполяризацию правого желудочка. Весь комплекс QRS адекватен фазе полной деполяризации желудочков. Заканчивается он специально обозначаемой точкой j после которой регистрируется изоэлектрическая линия. Продолжительность комплекса QRS в норме составляет 0,06 - 0,1".

Затем начинается период восстановления исходного состояния миокарда после его полной деполяризации, когда нет ещё разности потенциалов на мембранах клеток. Формируется *сегмент ST*. В это время желудочки ещё возбуждены.

Желудочковый комплекс заканчивается закруглённым *зубцом T*, отражающим процессы реполяризации в миокарде обоих желудочков. Чаще всего зубец T направлен вверх. Его восходящая часть пологая, а нисходящая более крутая. Таким образом, зубец T асимметричен, верхушка его смещена ближе к концу. Продолжительность интервала QT зависит от пола человека и от числа сердечных сокращений. При ЧСС 60 - 80 в 1 минуту у мужчин она составляет 0,32 - 0,37", а у женщин - 0,35 - 0,4". При урежении сердечных сокращений интервал QT удлиняется, а при тахикардии - укорачивается. для определения должных величин интервала QT используются специальные формулы или таблицы.

Для суждения об электрической систоле сердца используется величина, называемая *систолическим показателем (СП)* - процентное отношение длительности электрической систолы (QT) к величине сердечного цикла R-R.

Систолический показатель определяют по формуле:

$$\text{СП} = \text{QT} : (\text{R} - \text{R}) \cdot 100 (\%).$$

У здоровых людей СП при ЧСС 60 - 80 в 1 минуту составляет у мужчин 37 - 43 %, а у женщин - 40 - 46 %, т.е. всегда меньше 50%. Поскольку электрическая систола сердца почти совпадает по длительности с механической систо-

лой, то по величине СП можно косвенно судить о сократительной активности миокарда.

Следом за зубцом Т у некоторых людей фиксируется невысокий пологий зубец (или волна) U. Возникает она в начале диастолы. Происхождение её точно не установлено. Есть версия, что она совпадает по времени с появлением 3 тона сердца и может отражать реакцию миокарда на кровь, поступающую в желудочки в протодиастолу, в фазу быстрого заполнения их.

Здесь необходимо обратить ваше внимание на то, что чуть раньше было указано, что величину сердечного цикла отражает интервал R - R. Конечно, физиологически правильнее было бы считать за величину сердечного цикла интервал P - P. Однако во многих случаях зубец P бывает низким, сглаженным, а при мерцательной аритмии, когда процесс возбуждения не захватывает предсердия целиком, зубец P вообще отсутствует. Между тем, зубец R всегда выражен чётко, его вершина острая и все изменения вести от неё очень удобно. Поэтому величину сердечного принято измерять по интервалу R - R.

Для определения по ЭКГ частоты сердечных сокращений в 1 минуту необходимо воспользоваться очень простой формулой:

$$\text{ЧСС} = 60 / \text{интервал R - R, измеренный в секундах.}$$

Для определения достаточности вольтажа используют 2 правила.

1 правило - вольтаж считается достаточным, если величина любого из зубцов R в I, II или III стандартном отведениях ≥ 10 мм ($R_I, R_{II}, R_{III} \geq 10$ мм). Если ни в одном из стандартных отведений величина зубцов R не превышает 10 мм, то используют второй правило.

2 правило - вольтаж считается достаточным, если сумма вольтажа зубцов R в I, II, III отведениях ≥ 15 мм ($R_I + R_{II} + R_{III} \geq 15$ мм).

Положение электрической оси сердца в соответствии с векторной теорией ЭКГ принято определять с помощью треугольника Эйнтговена. Правила его построения описаны в учебниках физики, физиологии, пропедевтики, во всех руководствах по ЭКГ.

Однако значительно проще и быстрее ориентироваться в положении электрической оси сердца по величине зубцов R в стандартных отведениях. Если зубец R во II стандартном отведении выше, чем в I и II, говорят о *нормо-*

грамме. У здорового нормостеника зубец R максимален во II отведении ($R_I < R_{II} > R_{III}$). При этом говорят о нормограмме с *нормальным* положением электрической оси. Если при этом в I стандартном отведении зубцы R и S равны по величине ($R_I = S_I$), то это указывает на, нормограмму с *вертикальным положением* ЭОС сердца. Скорее всего, такая ЭКГ будет отмечаться у астеника. Если при зубце R максимальном во II отведении, но в то же время зубец R в III отведении будет равен зубцу S ($R_{III} = S_{III}$), говорят о нормограмме с *горизонтальным положением* электрической оси. Скорее всего, такая ЭКГ будет регистрироваться у здорового гиперстеника.

У больного с *гипертрофией левого желудочка* будет регистрироваться отклонение ЭОС влево или *левограмма*. В этом случае зубец R будет максимальным по вольтажу (высоте) в I стандартном отведении, несколько меньшим - во II, самым низким - в III стандартном отведении ($R_I > R_{II} > R_{III}$).

У больного с *гипертрофией правого желудочка* сердца будет регистрироваться отклонение ЭОС вправо или *правограмма*. При этом зубец R будет максимальным в III стандартном отведении, меньше - во II, самым низким - в I стандартном отведении ($R_{III} > R_{II} > R_I$).

Гипертрофии камер сердца.

Механизм формирования ЭКГ-изменений у больных с гипертрофией предсердий мы уже разобрали. Ещё раз остановлюсь на ЭКГ-признаках этих изменений. При *гипертрофии правого предсердия* на ЭКГ регистрируются остроконечные и необычно высокие (более 2,5 мм) зубцы P во II, III и aVF отведениях. Это так называемые зубцы P-pulmonale, которые обнаруживаются у больных хроническими заболеваниями лёгких и лёгочной гипертензией. Зубец P_{V1-2} высокий или двуфазный (\pm) с увеличенным положительным компонентом.

При *гипертрофии левого предсердия* на ЭКГ регистрируются широкие, более 0,11", и расщепленные или двугорбые зубцы P в I и III стандартном отведениях. Это так называемые P-mitrale, поскольку встречаются чаще у больных с митральными пороками сердца. Зубец P_{V1-2} чётко двуфазный с выступающей или отрицательной второй частью.

При *гипертрофии обоих предсердий* на ЭКГ регистрируются и высокие по вольтажу (амплитуде) и широкие зубцы P.

У больных с *гипертрофией левого желудочка* электрическое возбуждение будет захватывать левый желудочек сердца несколько медленнее обычного. Значит, расстояние от начала зубца R до точки проекции его вершины на изоэлектрическую линию будет несколько больше, чем у здорового человека. К тому же более мощный левый желудочек будет генерировать более высокий вольтаж, что проявится увеличением амплитуды зубца R во всех отведениях, регистрирующих биопотенциалы от левого желудочка сердца.

ЭКГ-признаки гипертрофии левого желудочка следующие:

1. Очень высокие зубцы R и/или глубокие зубцы S, которые удовлетворяют одному или более из следующих критериев:

- а) амплитуда зубца $R_{V_{5-6}} \geq 25$ мм,
- б) амплитуда зубца $S_{V_{1-2}} \geq 30$ мм,
- в) зубец $R_{V_{5-6}} +$ зубец $S_{V_{1-2}} \geq 35$ мм,
- г) амплитуда зубца $R_I \geq 15$ мм,
- д) зубец $R_I +$ зубец $S_{III} \geq 25$ мм,
- е) зубец $R_{aVL} \geq 11$ мм,
- ж) зубец $R_{aVF} \geq 20$ мм.

2. В отведениях V_{1-2} комплекс QRS типа rS или QS, а в V_{5-6} - типа Rs или qRs.

3. На ЭКГ признаки левожелудочкового "растяжения", т.е. снижение сегмента ST и инверсия зубца T в некоторых или во всех отведениях. I, III, aVL, aVF, V_{4-6} . При этом сегмент ST имеет косонисходящую форму или выгнут вверх. Зубец T асимметричен, с нисходящим коленом менее крутым, чем восходящее колено. Часто отмечается подъём сегмента ST и вертикальный зубец T в V_{1-2} .

4. Увеличение времени возбуждения желудочка, выражающееся в увеличении интервалов QR до 0,05" и более в отведениях V_{5-6} и расширение комплексов QRS до 0,09" и более.

5. Отклонение ЭОС влево (левограмма).

У больных с *гипертрофией правого желудочка* электрическое возбуждение будет захватывать правый желудочек сердца несколько медленнее обычного. Значит, расстояние от вершины зубца R до точки j будет несколько больше,

чем у здорового человека. К тому же более мощный правый желудочек будет генерировать более высокий вольтаж, что проявится увеличением амплитуды зубца R во всех отведениях, регистрирующих биопотенциалы от правого желудочка сердца.

ЭКГ-признаки гипертрофии правого желудочка следующие:

1. Очень высокий зубец R или R' в отведениях V₁₋₂ и/или очень глубокий зубец S в отведении V₅₋₆, удовлетворяющий одному или нескольким из перечисленных ниже критериев:

а) амплитуда зубца R в отведении V₁ ≥ 7 мм,

б) амплитуда зубца S в отведении V₁ < 2 мм,

в) амплитуда зубца S в отведении V₅₋₆ ≥ 7 мм,

г) зубец R_{V1} + зубец S_{V6} ≥ 10,5 мм,

д) соотношение R/S в отведении V₁ ≥ 1, а в отведении V₅₋₆ ≤ 1.

2. Вектор QRS направлен вправо и вперед или назад, в связи с чем в правых грудных отведениях (V₁₋₂) регистрируются комплексы QRS типа R, Rs, RS, RSR' и их варианты или R_I, а в левых грудных отведениях (V₄₋₆) регистрируются комплексы QRS типа Rs, RS, rS.

3. Правожелудочковое "растяжение", т.е. снижение сегментов ST и инверсия зубца T в нескольких отведениях - II, III, aVF, V₁₋₄.

4. Увеличение интервала QR до 0,03" и более в отведениях V₁₋₂, расширение комплекса QRS до 0,09" и более.

5. Положение ЭОС либо не изменено, либо может быть правограмма.