

Основы электрокардиографии.

Основы электрофизиологии.

- Электрокардиография – это графическое изображение электрических процессов, происходящих в сердце.
- Аппарат, с помощью которого происходит графическая запись электрических процессов, называется электрокардиограф.
Электрокардиограмма (ЭКГ) – запись колебаний.



- История электрокардиографии относится к 1786 году, когда Гальвани установил наличие электрических явлений и электрических сил, возникающих при мышечном движении.
- 1903 г. Эйнтховен впервые записал электрокардиограмму, используя струйный гальванометр, который в последующем стал прообразом электрокардиографа.

- 1924 г. Эйнховен за это открытие стал лауреатом Нобелевской премии.
- В основе электрических процессов, происходящих в сердце, лежат процессы возбуждения – реполяризации и деполяризации.

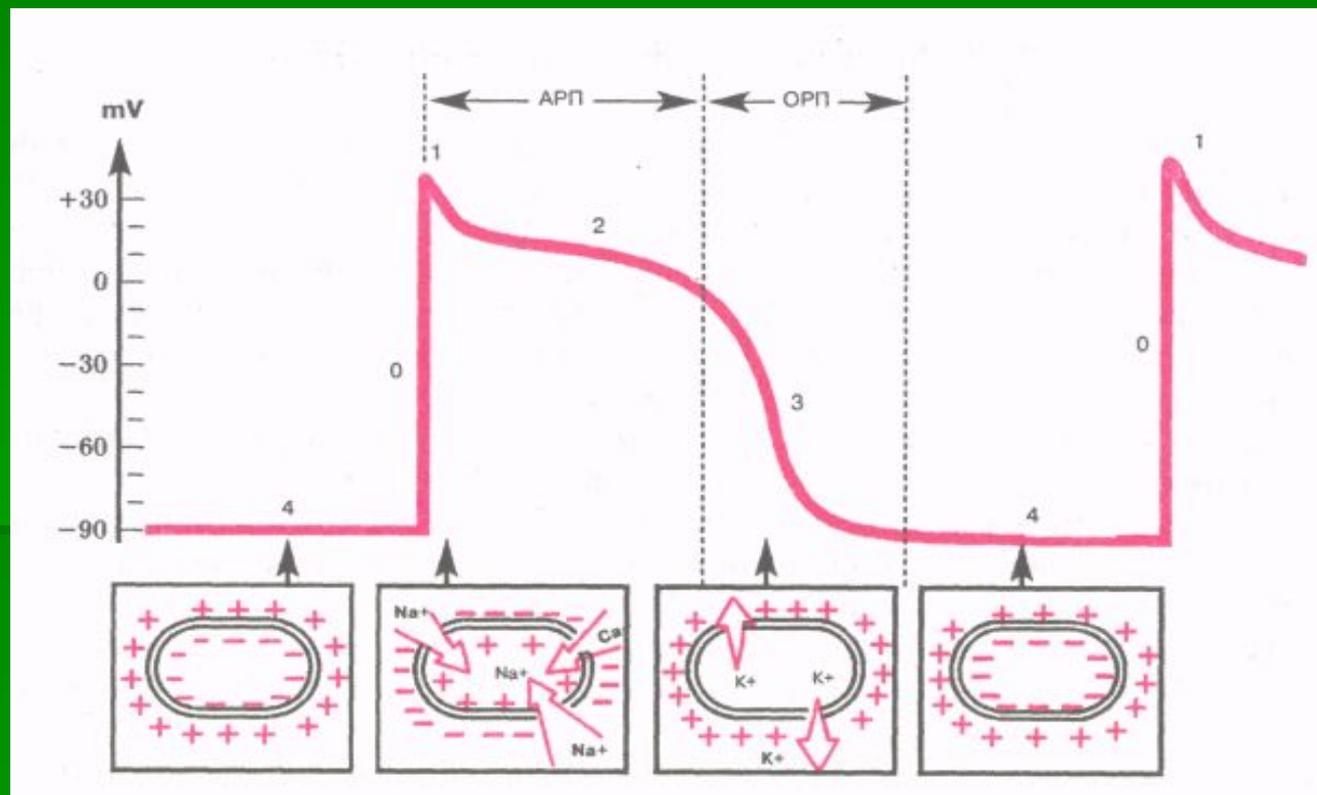
- В покое снаружи клетка имеет положительный заряд, а внутри – отрицательный. Это обеспечивается тем, что концентрация ионов Na^+ снаружи в 10-20 раз выше чем внутри, а K^+ в 30-35 раз больше внутри клетки.
- В клетке K^+ связан с белковым комплексом, имеющим отрицательный заряд и поскольку в покое открыты лишь калиевые каналы, то при выходе калия из клетки внутренняя мембрана приобретает отрицательный заряд.

- В норме разность потенциалов между внутренней и внешней мембраной клетки составляет – 90 мВ – потенциал покоя. Любое воздействие (импульс синусового узла – спонтанное возбуждение пейсмекерных клеток), делающее отрицательный заряд еще более отрицательным, приводит к открытию Na^+ – устремляется внутрь клетки.

- При этом происходит деполяризация клеточной мембраны: внутренняя поверхность становится положительно заряженной, а наружная – отрицательной. После деполяризации – реполяризация K^+ выходит из клетки, Ca входит в клетку, способствует высвобождению внутриклеточного кальция из саркоплазматического ретикулума, благодаря чему становится возможным взаимодействие сократительных белков актина и миозина и сокращение кардиомиоцита.

- После фаз деполяризации и реполяризации следует фаза покоя, во время которой включаются Na^+ , K^+ , Ca^+ насосы, работающие с потреблением большого количества АТФ, и восстанавливается начальная концентрация ионов клетки.

Рис. 1. Трансмембранный потенциал действия (ТМПД)



- В состоянии покоя все клетки миокарда снаружи имеют положительный заряд, поэтому разности потенциалов электродвижущей силы между отдельными участками миокарда нет и на ЭКГ фиксируется прямая линия – изоэлектрическая линия.

- С началом деполяризации часть клеток миокарда снаружи приобретает отрицательный заряд, а у части — остается еще положительный заряд, и между этими участками миокарда возникает разность потенциалов, ЭДС, которая может быть зафиксирована на ЭКГ.

- В норме, исходя из синусового узла, электрический импульс приводит в возбужденное состояние сначала правое, а потом левое предсердие.

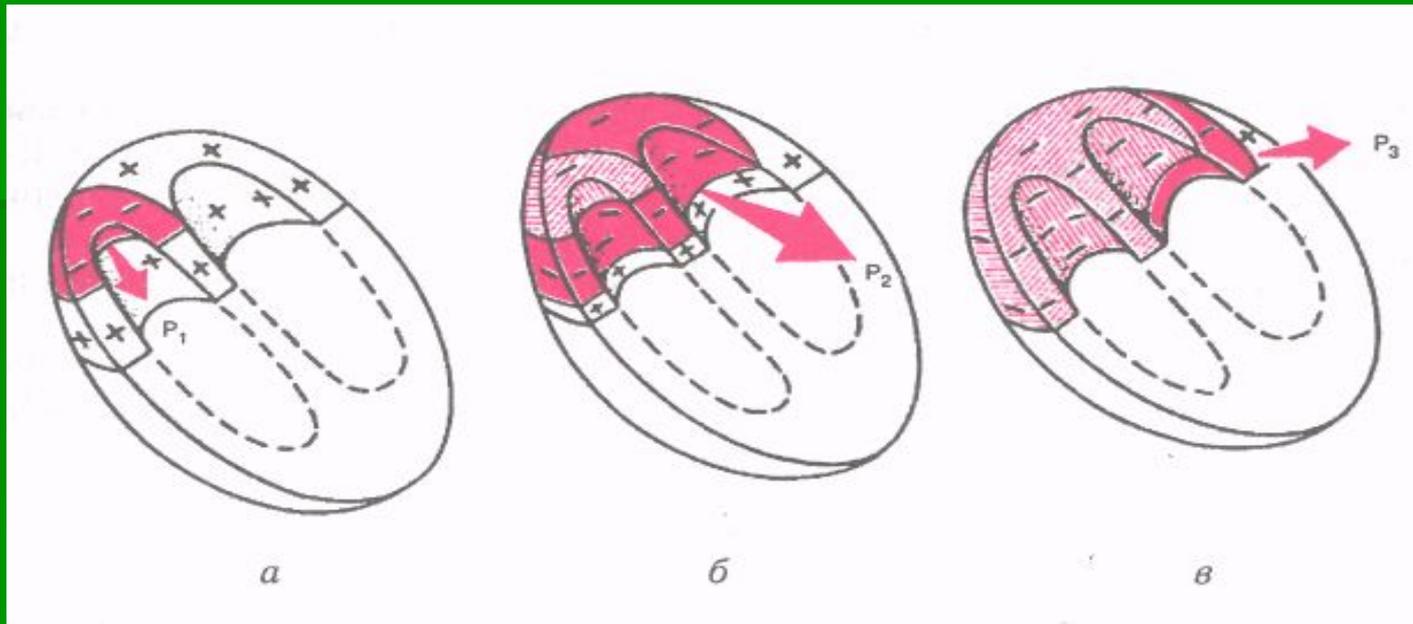
Рис. 2. Распространение возбуждения по предсердиям

а — начальное возбуждение правого предсердия;

б — возбуждение правого и левого предсердий;

в — конечное возбуждение левого предсердия.

P1, **P2** и **P3** — моментные векторы деполяризации предсердий.



- В связи с тем, что предсердно-желудочковые клапаны окружает фиброзная ткань, формирующая фиброзное кольцо, отделяющее мышечные волокна предсердий от желудочков распространение электрических импульсов от предсердий к желудочкам возможно только через А-В узел. Как только электрический импульс достигает А-В узла, происходит задержка его дальнейшего проведения на 0,1 секунды. Эта задержка объясняется проведением импульса через А-В узел по медленным каналам.

Пауза в проведении импульса полезна:

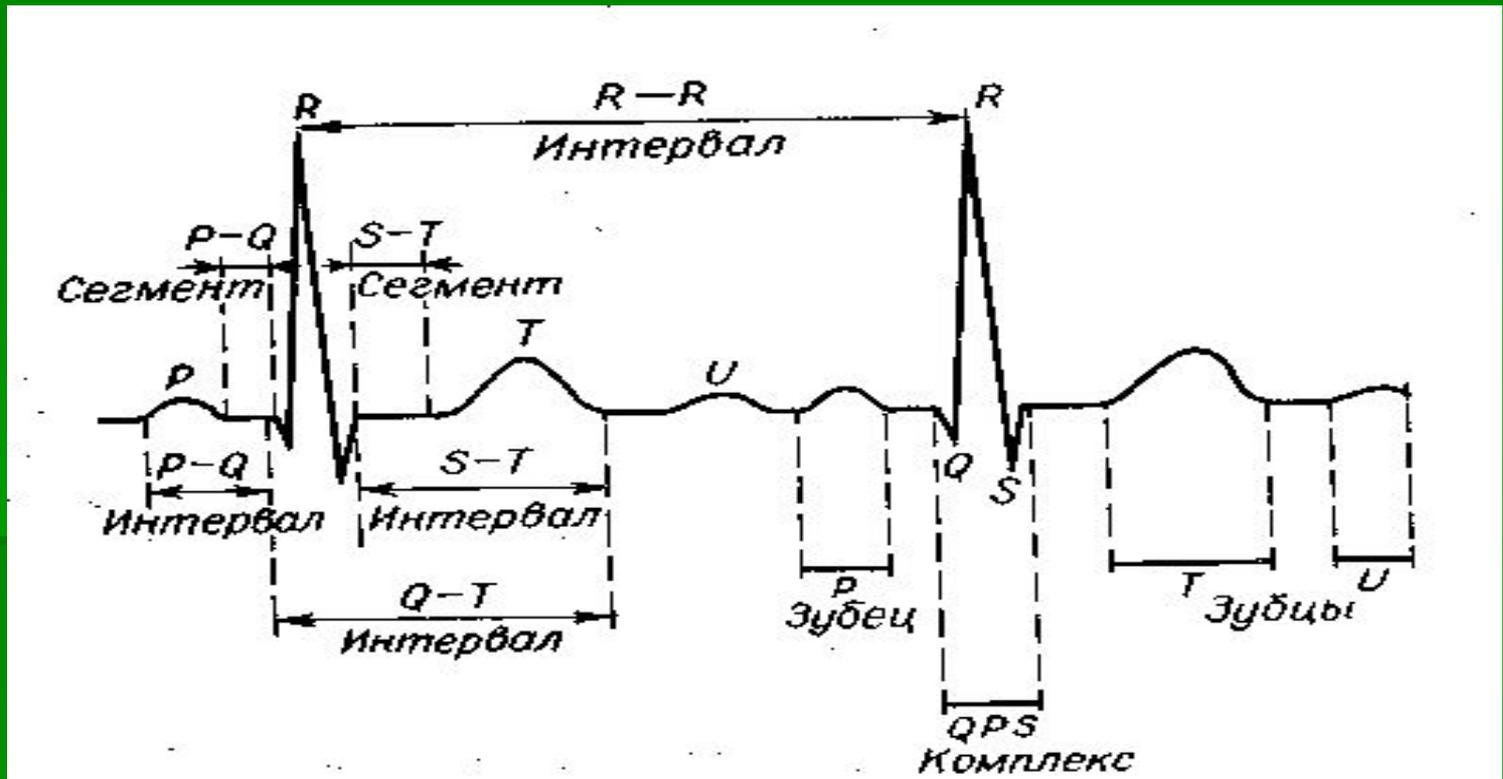
- т.к. она дает предсердиям время для их сокращения до начала возбуждения и сокращения желудочков;
- задержка позволяет А-В узлу выполнить функцию привратника, препятствуя проведению слишком частых импульсов от предсердий к желудочкам при предсердных тахикардиях

- Выйдя из А-В узла, сердечный потенциал действия распространяется по системе Гиса-Пуркинье к основной массе мышечных клеток желудочков, что обеспечивает координированное сокращение кардиомиоцитов.
- Поэтому происходит сокращение сначала предсердий, а потом через 0,12-0,2 секунды желудочков. Когда весь миокард деполяризован, разности потенциалов нет, на ЭКГ фиксируется прямая линия.

- После деполяризации следует реполяризация. Причем процесс реполяризации происходит в обратном порядке, «волна как бы откатывается» назад, на миокарде желудочков, а потом предсердий появляется положительный заряд.
- При этом в процессе реполяризации вновь возникает разность потенциалов (ЭДС) между отдельными участками миокарда.

- Электродвижущая сила, образующаяся в процессе деполяризации и реполяризации (возбуждения) миокарда, проецируется на поверхность человеческого тела и регистрируется с помощью ЭКГ.
- На ЭКГ зубец Р соответствует деполяризации предсердий – комплекс QRS деполяризации желудочков, а зубец Т – реполяризации желудочков. Процессы реполяризации предсердий на ЭКГ не фиксируются.

Рис. 3. Элементы нормальной электрокардиограммы



- На ЭКГ выделяют сегменты PQ, ST, TP. Интервалы P-Q, состоящий из сегмента PQ и зубца P, S-T, состоящий из сегмента S-T и зубца T.

- PQ – соответствует времени охвата возбуждением предсердий распространением через AV (антривентрикулярный) узел, пучок Гиса в норме 0,12-0,2 сек.
- QRS – возбуждению желудочков – длительность 0,08-0,10 сек.
- QT – фаза реполяризации желудочков, длительностью до 0,4 сек.

Основные преимущества ЭКГ метода обследования:

- доступность
- безопасность
- информативность

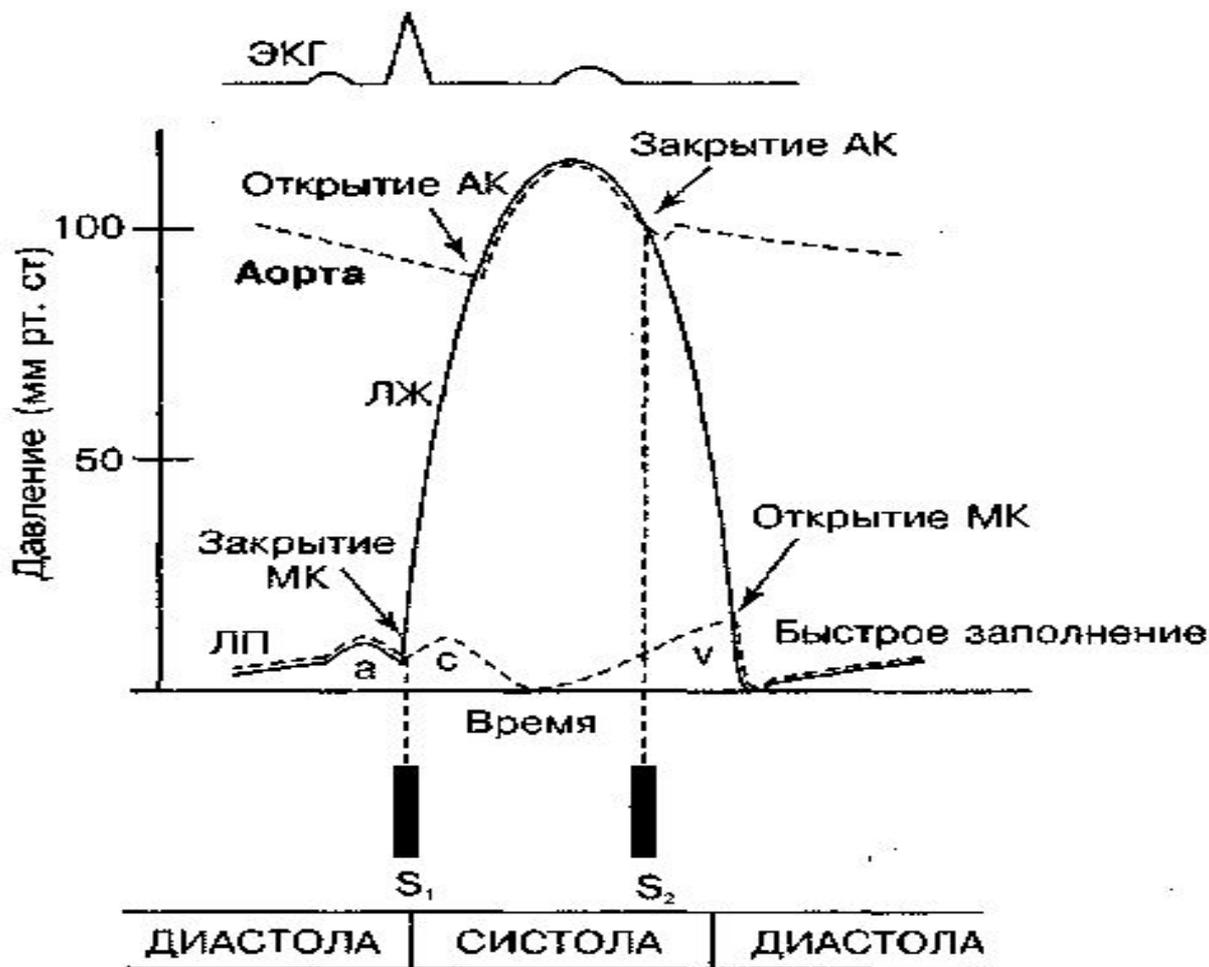
При анализе электрокардиограммы следует оценивать:

- регулярность сердечных сокращений;
- подсчет числа сердечных сокращений (600:количество больших клеток между комплексами);
- наличие и последовательность следования зубца Р по отношению к комплексу QRS;
- форма и ширина желудочков комплексов QRS.

Сердечный цикл

- Сердечный цикл состоит из очень точно синхронизированных электрических и механических событий, которые приводят к ритмичному сокращению предсердий и желудочков.
- Механическая систола отражает сокращение желудочков, а диастола – их расслабление и наполнение кровью.

Рис. 7. Нормальный сердечный цикл, показывающий взаимосвязь изменений давления в левых камерах сердца



- Во время сердечного цикла кровь из системных и легочных вен непрерывно поступает в сердце через правое и левое предсердия.
- Во время диастолы кровь поступает из предсердий в желудочки через открытые трехстворчатый и митральный клапаны. В конце диастолы сокращение предсердий проталкивает кровь в желудочки.

- Сокращение желудочков означает начало механической систолы. Как только желудочки начинают сокращаться, давление в них становится выше, чем в предсердиях, что приводит к быстрому закрытию трехстворчатого и митрального клапанов. Это создает первый сердечный тон – S_1

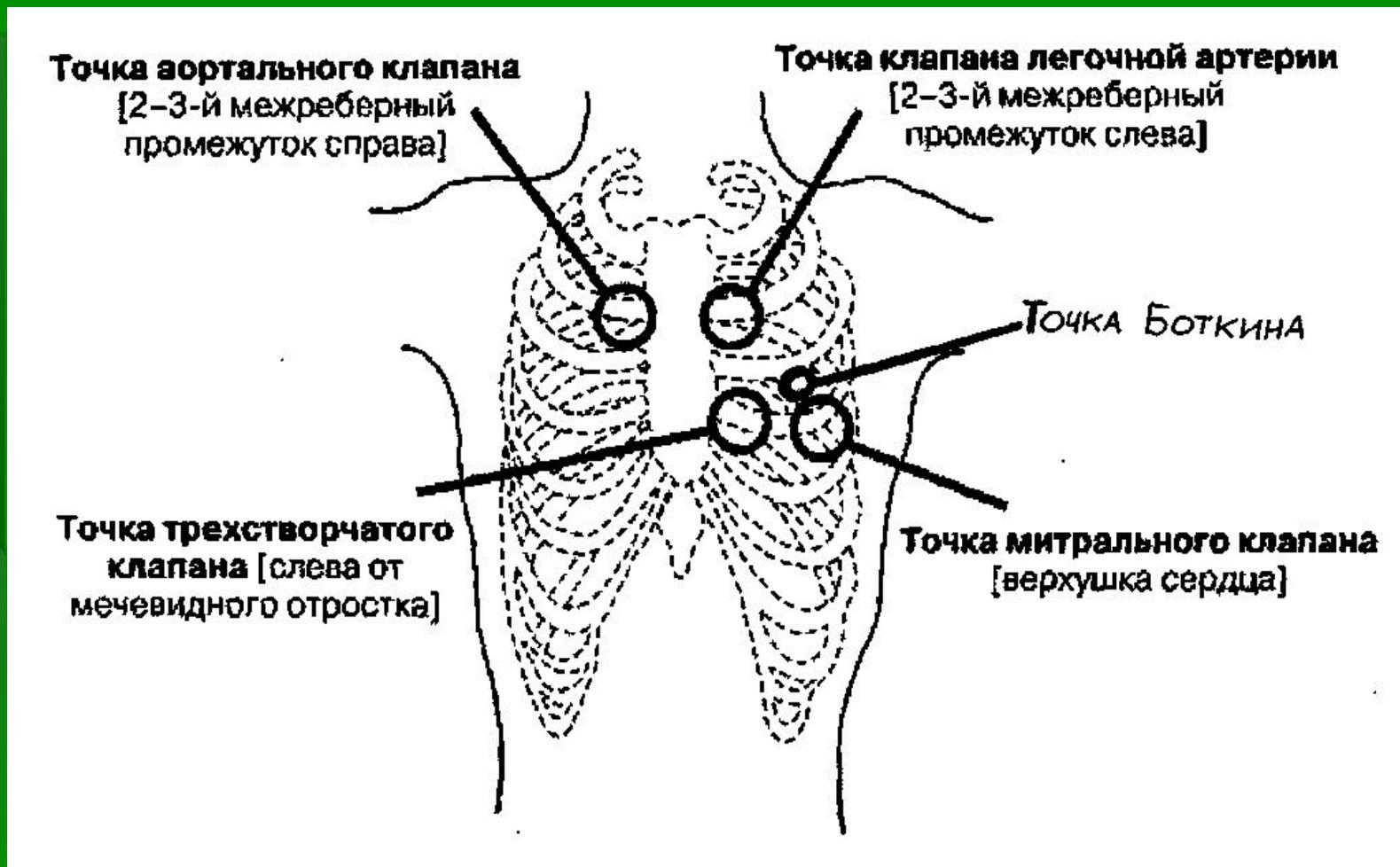
- Быстрый рост давления в желудочках приводит к тому, что давление в них становится выше, чем диастолическое давление в легочных артериях и аорте. В результате легочный и аортальный клапаны открываются. Кровь при этом выбрасывается в системы малого и большого круга кровообращения.

- При завершении выброса крови из желудочков давление в них падает ниже уровня давления в легочной артерии и аорте, способствуя закрытию их клапанов. Процесс закрытия клапанов сопровождается вторым сердечным тоном – S_2 .

- Давление в желудочках продолжает снижаться во время фазы расслабления, и, как только оно станет ниже уровня давления в правом и левом предсердиях, трехстворчатый и митральный клапаны открываются, что сопровождается диастолическим наполнением желудочков и повторением всего сердечного цикла.

Сердечные тоны

Рис. 8. Стандартные положения стетоскопа для аускультации сердца



- Первый сердечный тон S_1 , происходит вследствие закрытия МК и ТК в начале систолы, он имеет максимальную громкость над верхушкой сердца. Закрытие МК происходит на 0,01 секунду раньше ТК, но ухом это воспринимается как один тон.
- Второй сердечный тон S_2 происходит из-за закрытия аортального и легочного клапанов и состоит из аортального и легочного компонентов.

Шумы сердца

Шум – это звук, производимый турбулентным током крови. При нормальных условиях движение крови в сосудистом русле ламинарное и бесшумное. В основе шумов лежат следующие механизмы:

1. Ток крови через суженый участок (например, при стенозе аорты).

2. Ускорение тока крови через нормальную структуру (например, аортальный систолический шум может возникать вследствие увеличения минутного объема сердца, в частности, при анемии).
3. Поступление крови в расширенный участок (например, аортальный систолический шум, обусловленный аневризматическим расширением аорты).

4. Регургитация при недостаточности клапана (например, митральная регургитация).
5. Патологический сброс крови из камеры с высоким давлением в камеру с более низким давлением (например, при дефекте межжелудочковой перегородки).

Область выслушивания – это зона максимальной интенсивности шума, обычно используют специальные точки аускультации.

- Точка аортального клапана (2-3 межреберья у правого края грудины).
- Точка клапана легочной артерии (2-3 межреберья у левого края грудины).

- Точка трехстворчатого клапана (у левого края грудины на уровне мечевидного отростка).
- Точка митрального клапана (верхушка сердца).
- Точка Боткина 3-4 межреберье слева от грудины – аорта.

- Шумы подразделяются на систолические, выслушиваемые после S1 – I тона и диастолические, выслушиваемые после S2 – II тона.

Систолические шумы выслушиваются при следующих пороках сердца:

- стеноз аорты;
- стеноз легочной артерии;
- недостаточность МК;
- недостаточность ТК;
- дефект межжелудочковой перегородки;
- пролапс митрального клапана;

Диастолические шумы выслушиваются при следующих пороках сердца:

- недостаточность аортального клапана;
- недостаточность клапана легочной артерии;
- стеноз МК;
- стеноз ТК.