

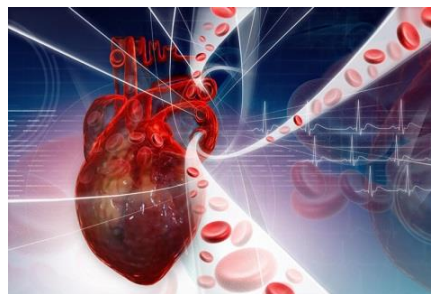
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ
ПОЛТАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра физиологии

Ukraine NOW 



В.Н.Соколенко, Л.Э.Веснина, И.В.Мищенко, Н.Н.Федотенкова,
Н.Н.Шарлай

МОДУЛЬ 2.
ФИЗИОЛОГИЯ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ



ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО - СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

*Учебно-методическое пособие
для студентов медицинских вузов
Издание 2-е, дополненное.*

Полтава-2021

УДК 612.17 (076.5)

Рекомендовано к изданию Ученым советом Полтавского государственного медицинского университета как учебно-методическое пособие для студентов медицинских вузов МЗ Украины (протокол № 3 заседания Ученого совета Полтавского государственного медицинского университета от 08 декабря 2021 года).

ISBN

Авторы:

сотрудники кафедры физиологии Полтавского государственного медицинского университета: доцент, к.б.н. В.М. Соколенко, профессор, д.м.н. Л.Э. Веснина, профессор, д.м.н. И.В.Мищенко, преподаватель Н.Н.Федотенковой, к.пед.н. Н.Н.Шарлай

Рецензенты:

А.Г. Родинский - доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии Днепропетровского государственного медицинского университета

С.Н. Вадзюк - доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующий кафедрой физиологии с основами биоэтики и биобезопасности Тернопольского национального медицинского университета имени И. Я. Горбачевского

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с учебной программой по курсу «Физиология» для студентов медицинских вузов по специальностям 221- Стоматология, 222 – Медицина, 228 – Педиатрия.

Основное предназначение пособия - помощь соискателям в усвоении раздела "Физиология сердечно-сосудистой системы" при подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе, итоговым аттестациям, тестированию.

Учебное пособие содержит основные теоретические положения по данным разделам физиологии и практические работы, в которых изложена информация по клиническим методам исследования. Может быть рекомендован как студентам, так и интернам, ординаторам, врачам и молодым преподавателям

Физиология сердечно-сосудистой системы: учебно-методическое пособие для студентов медицинских вузов Украины; 2-е изд. / В.Н.Соколенко, Л.Э.Веснина, И.В.Мищенко, Н.Н. Федотенкова, Н.Н.Шарлай – Полтава.: Издательство ЧП «Астра», 2021. - 146 с.

ISBN

ВВЕДЕНИЕ

Сердце - источник жизни, начало всего, солнце микрокосмоса, от которого зависит вся сила и свежесть организма. Ничто не может заменить сердце и взять на себя его функции ...

Вильям Гарвей,
английский
физиолог XVII века

Организм человека является открытой термодинамической системой, в которой постоянно происходит обмен веществ, необходимый для его жизнедеятельности. Каждая клетка - это микросистема, которая должна для своего функционирования получать питательные вещества, кислород и воду, а продукты обмена выделять в межклеточное пространство, которые впоследствии выводятся из организма. Именно сердечно-сосудистая система ответственна за доставку кислорода ко всем клеткам, тканям и органам жизнедеятельности.

Непрерывное движение крови в организме обеспечивается системой органов кровообращения - сердцем и сосудами. С участием кровообращения достигается интеграция различных функций организма и его участие в реакциях на изменение окружающей среды.

Для непрерывности кровотока необходимо несколько обязательных условий. Во-первых, емкости полостей сердца и сосудов должны соответствовать объему крови, находящейся в них.

Во-вторых, правый и левый отделы сердца должны работать объединенно и синхронно: оба желудочка во время каждой систолы должны выталкивать в соответствующие сосуды одинаковое количество крови. Как в малом, так и большом круге кровообращения минутный объем крови должен быть одинаковый.

В норме кровоток в каждом органе обеспечивает его потребности в кислороде и других ингрadientsах, которые необходимы для нормального функционирования.

Источником энергии, необходимой для продвижения крови по сосудам, является работа сердца. Сердце - является центральным органом системы кровообращения. Ритмично работая, оно перекачивает кровь по транспортным путям организма - аорте, артериях, венах и капиллярах.

Основные функции сердечно-сосудистой системы:

- Транспортная - переносит кислород (дыхание) и продукты обмена (выделение)
- Интегративная - сердечно-сосудистая система объединяет все составляющие организма в единое целое.
- Трофическая - обеспечивает обмен веществ путем переноса питательных веществ;
- Терморегуляторная - аккумулирует тепло, распределяет по органам, отдает в окружающую среду;
- Гуморальная - регуляция деятельности органов и систем с помощью гормонов, медиаторов, электролитов, клеточных метаболитов, вместе с нервной системой обеспечивает нейрогуморальную регуляцию;
- Защитная - участие в иммунных и воспалительных процессах.
- Гомеостатическая - поддержание параметров гомеостаза.

1. МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИОКАРДА

Сердце (cor) является полым мышечным органом, который размещен в полости грудной клетки (cavitas thoracis) в среднем средостении (mediastinum medium). Верхушка (apex cordis) его направлена вперед, вниз и влево. В противоположную сторону направлена основа сердца (basis cordis).

Стенки сердца образованы тремя оболочками: внутренней соединительнотканной (*эндокардом*), средней мышечной (*миокардом*) и внешней соединительнотканной (*эпикардом*).

Внешне сердце окружено эластичной околосердечной сумкой –

перикардом, который защищает его от перерастяжения при наполнении кровью (Рис.1).

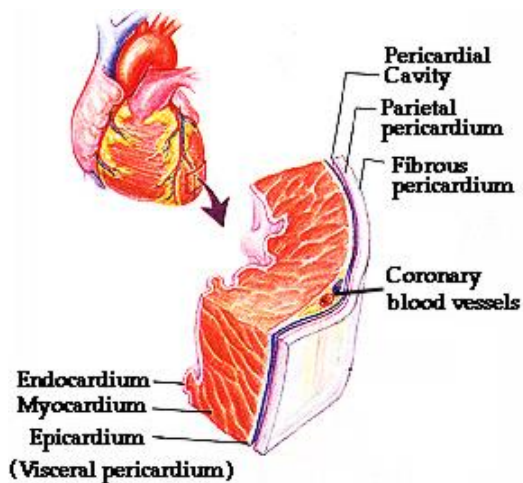


Рис.1 Оболочки сердца

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса

http://physioweb.org/circulation/heart_structure.html)

Между околосердечной сумкой и сердцем содержится жидкость, которая увлажняет сердце и уменьшает его трение во время сокращений. Масса сердца человека колеблется в пределах 250-360 г.

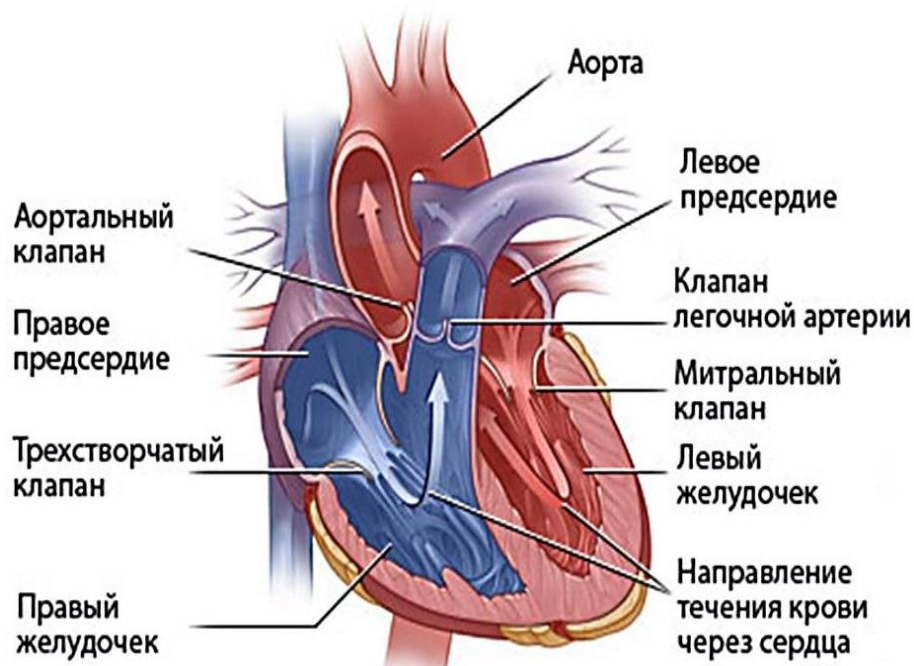


Рис.2 Строение сердца в фронтальном разрезе

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса

<https://kardiologdoma.ru/aritmija/pervaya-pomoshh-pri-aritmii-serdca.html>)

Сердце человека четырехкамерное: состоит из двух **предсердий** (верхняя часть сердца) и двух **желудочков** (нижняя часть сердца)

(Рис.2). Левая (системная) и правая (легочная) его части разделены сплошной перегородкой. Их функциональное разъединение происходит только после рождения. Между предсердиями и желудочками находятся атриовентрикулярные отверстия, закрытые соединительнотканными клапанами.

Со стороны желудочков к клапанам прикрепляются сухожильные нити, с помощью которых клапаны присоединяются к внутренней оболочке сердца. Это позволяет клапанам открываться только в сторону желудочков. Кроме клапанов, отверстия имеют кольцевые мышцы, участвующие в их замыкании. При наполнении предсердий кровью и повышении гидростатического давления в них клапаны открываются и пропускают кровь в желудочки. При сокращении желудочков клапаны закрываются, не пропуская кровь обратно в предсердия.

Таким образом, кровь в сердце движется только в одном направлении - от предсердий к желудочкам.

Клапаны имеют форму створок, поэтому их называют *створчатыми*. В левой части клапан имеет две створки (двустворчатый, митральный, лат. *valva mitralis, valve atroiventricularis*), в правой - три створки (трехстворчатый, трикуспидальный, лат. *valva atrioventricularis dextra, valva tricuspidalis*).

От левого желудочка отходит аорта (**aorta**)- начало большого круга кровообращения, а от правого желудочка – легочной ствол (truncus pulmonalis), раздваивающийся на правую и левую легочные артерии (arteriae pulmonales dextra et sinistra), является началом малого круга кровообращения (Рис.3). Отверстия, которыми начинаются эти сосуды, закрытые полулунными (карманными) клапанами, которые открываются только во время сокращения желудочков и не пропускают кровь обратно из сосудов в желудочки.

Через левую половину сердца протекает артериальная кровь, а через правую половину - венозная кровь.

В правое предсердие (atrium dextrum) впадают:

- верхняя полая вена (vena cava superior)
- нижняя полая вена (vena cava inferior).

В левое предсердие (*atrium sinistrum*) открываются отверстия четырех легочных вен (*ostia venarum pulmonalium*), которые не имеют собственных клапанов.

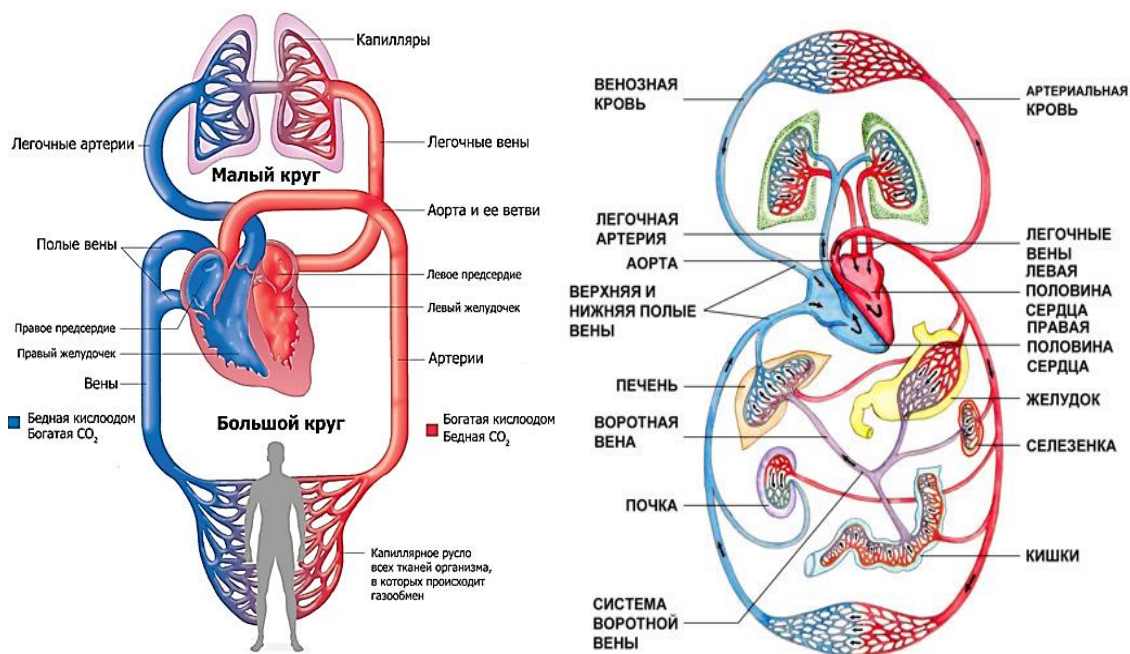


Рис. 3. Схема малого и большого кругов кровообращения. Схема кровообращения

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
<https://www.grandars.ru/college/medicina/krugi-krovoobrashcheniya.html>)

Основную массу сердца образует миокард, который имеет наиболее сложное строение. Его образуют отдельные мышечные волокна, каждое из которых является **функциональной единицей**. Миокарда представляет собой цепочку клеток, объединенных последовательно (конец в конец) и имеют общую мембрану.

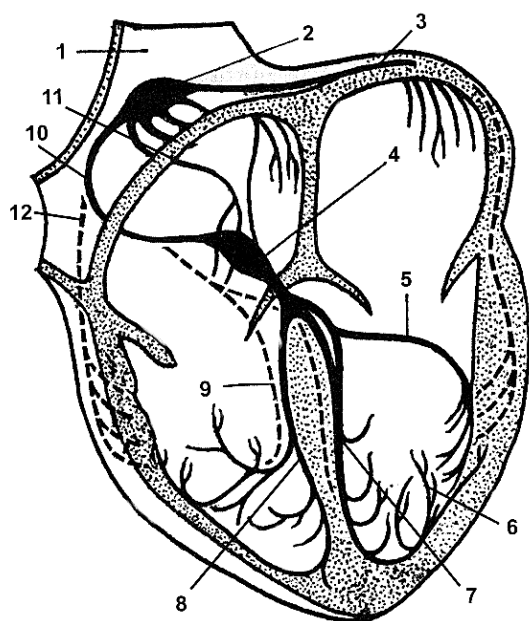
Ткань миокарда имеет как общие черты с поперечно-полосатой скелетной мускулатурой, так и существенно отличается от нее группой признаков, таких как:

- особой насыщенностью кардиомиоцитов митохондриями, что отражает высокий уровень метаболизма ткани, обладающей непрерывной активностью;
- волокна рабочего миокарда соединяются друг с другом с помощью вставочных дисков - *нексусов*, обладающих незначительным электрическим сопротивлением;

- нексусы служат местом перехода возбуждения между клетками, обеспечивая функциональное единство миокарда.

Таким образом, сердечная мышечная ткань **является функциональным синцитием**. Эта особенность организации служит основой для проявления закона «все или ничего», что существенно отличает данную ткань от скелетных мышц и нервов, в которых каждая клетка возбуждается изолированно.

В миокарде, кроме сократительных (рабочих) волокон, есть особая система мышечных единиц, обладающих способностью к генерации **спонтанной ритмической активности**, распространению возбуждения ко всем мышечным слоям и координации последовательности сокращения камер сердца. Эти специализированные мышечные волокна образуют **проводящую систему сердца** (атипичная мышечная ткань): сино-атриальный узел (СА-узел, синусный узел, Кис-Фляка), атриовентрикулярный узел (АВ-узел, предсердно-желудочковый узел, Ашоффа-Тавара), пучок и ножки Гиса, волокна Пуркинье (Рис 4.).



- 1 - верхняя полая вена,
- 2 - синоатриальный узел,
- 3 - тракт Бахмана,
- 4 - атриовентрикулярный узел,
- 5 - передняя ветвь левой ножки пучка Гиса,
- 6 - волокна Пуркинье,
- 7 - левая ножка пучка Гиса,
- 8 - правая ножка пучка Гиса,
- 9 - пучок Кента,
- 10 - тракт Венкенбаха,
- 11 - тракт Торела,
- 12 - нижняя полая вена.

Рис. 4. Элементы проводящей системы сердца
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
https://pidruchniki.com/1256060759808/meditsina/sistema_krovoobigu)

1.1. СВОЙСТВА СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ.

Миокард по своим функциональным свойствам находится между скелетными и гладкими мышцами. Как и скелетные мышцы ткань миокарда способна быстро и интенсивно сокращаться, но в то же время клетки миокарда способны к спонтанной активности, которая может изменяться под влиянием многих биологических соединений.

Основными свойствами сердечной мышцы являются: **автоматизм, возбудимость, проводимость, сократимость, рефрактерность**. Эти свойства реализуются с участием двух типов кардиомиоцитов: **сократительных** (типичных, рабочих) и атипичных (миоциты проводящей системы).

Возбудимость - это способность сердца переходить из состояния покоя к рабочему состоянию под влиянием различных раздражителей (механических, химических, электрических и т.д.). Например, после остановки сердца его функцию можно снова восстановить, ритмично нажимая руками на грудную клетку.

Возбудимостью обладают клетки как проводящей системы сердца, так и сократительного миокарда. В разные фазы сердечного цикла возбудимость мышечного волокна разная.

В расслабленном состоянии на поверхности кардиомиоцитов оказывается **потенциал покоя (ПП)**, который под действием раздражителя и деполяризации мембраны до критического уровня переходит в **потенциал действия (ПД)**. Величина ПП в типичных и атипичных кардиомиоцитах разная: в типичных - $-80-90\text{ мВ}$, а в атипичных клетках узлов - около -60 мВ .

В сократительных кардиомиоцитах выделяют пять фаз развития ПД:

- 1 - быстрая деполяризация,
- 2 - быстрая ранняя реполяризация,
- 3 - плато (медленная реполяризация),
- 4 - быстрая конечная реполяризация,
- 5 - фаза покоя (рис.5).

Амплитуда ПД составляет до 120 мВ , а продолжительность до 250 мс . Большая продолжительность ПД обусловлена тем, что одновременно

с быстрыми Na^+ -каналами открываются электровозбудимые Ca^{2+} - каналы. Входной поток ионов Ca^{2+} поддерживает длительную деполяризацию (*плато*) (Рис. 5).

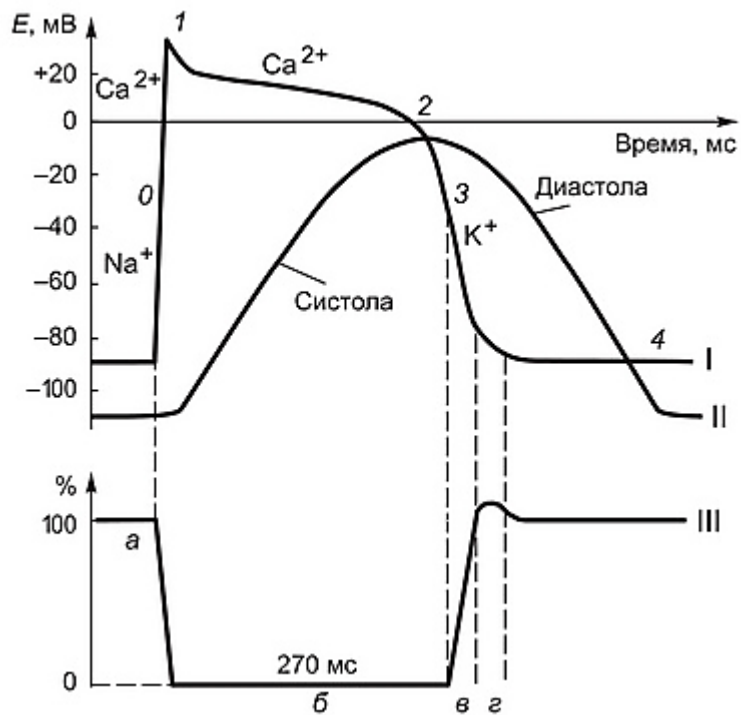


Рис.5. Соотношение во времени процессов возбуждения, возбудимости и сокращения в сократительных миоцитах миокарда

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса

<https://www.grandars.ru/college/medicina/vozбудimost-serdca.html>);

- а — исходная возбудимость;
- б — период абсолютной невозбудимости (рефрактерности);
- в — период относительной рефрактерности;
- г — период повышенной возбудимости;
- I — потенциал действия сократительных кардиомиоцитов (0, 1, 2, 3, 4 — фазы потенциала действия);
- II — сокращение миокарда;
- III изменение возбудимости миокарда в процессе возбуждения

Так, что для процесса возбуждения миокарда большое значение имеют медленные Ca^{2+} -каналы (рис.6).

Если в эксперименте наносить раздражения на сердце во время систолы, то сердечная мышца на эти раздражения не отвечает сокращением, даже если раздражитель сверхпороговый. Это объясняется тем, что сердечная мышца в это время находится в стадии абсолютной невозбудимости - *рефрактерности* (Рис. 5).

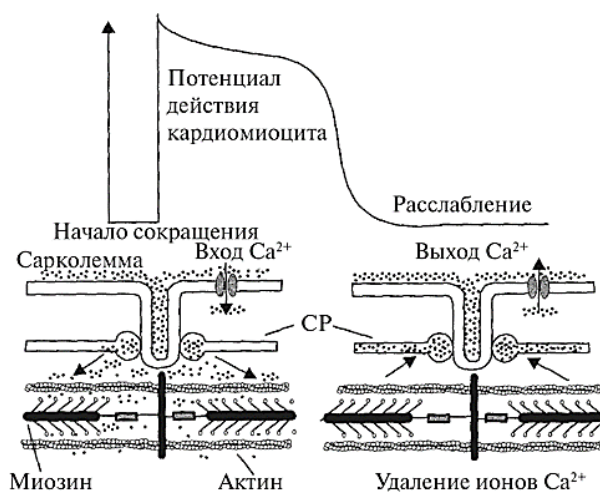


Рис.6. Схема электромеханического сопряжения в кардиомиоците

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса

https://studref.com/554132/meditsina/elektromehhanicheskoe_sopryazhenie)

В конце систолы возбудимость сердечной мышцы начинает восстанавливаться - наступает фаза **относительной рефрактерности**. В этот период надпороговый раздражитель может вызвать дополнительное, внеочередное сокращение сердечной мышцы - **экстрасистолу**. После экстрасистолы возникает более длительная, чем обычно, пауза, получившая название **компенсаторной паузы**. Она возникает потому, что очередной импульс формируется в синусном узле в фазу абсолютной рефрактерности во время предыдущей систолы (рис. 7).

После фазы относительной рефрактерности наступает короткая фаза повышенной возбудимости - фаза **экзальтации**, совпадает с началом расслабления сердечной мышцы. В этот период сердечная мышца реагирует на раздражители даже подпороговой силы.

Таким образом, особенностью возбудимости сердечной мышцы есть очень долгий период рефрактерности (продолжается до 0,3 сек - абсолютная и относительная рефрактерность). Из-за этого сердечная мышца не способна к тетаническим сокращениям.

Автоматизм - способность сердца производить электрические импульсы при отсутствии внешних раздражений и сокращаться в ответ на них.

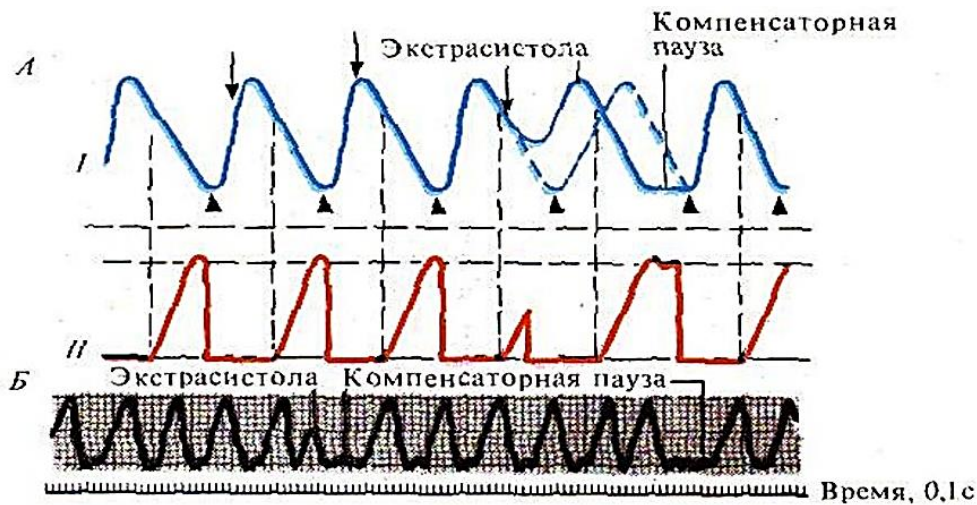


Рис.7. Экстрасистола:

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://ppt-online.org/209952>.)

А – схематическое изображение:

I - сокращение, II - возбудимость (стрелки – раздражения, наносимые в разные фазы сердечного цикла, треугольники – импульсы, исходящие из синусного узла);

Б – кривая сокращений;

В – ЭКГ.

Природа автоматизма до конца не выяснена. Считают, что она связана с функцией атипичных мышечных клеток - **пейсмекеров** (от англ. - *pacemaker* - водитель ритма), заложенных в узлах сердца. Главным центром автоматизма сердца является синусный узел - пейсмекер или центр автоматизма первого порядка. Для волокон водителей ритма характерно медленное спонтанное уменьшение мембранного потенциала

в диастолу - *медленная спонтанная диастолическая деполяризация* (Рис.8). Она происходит в результате особых свойств мембраны пейсмекеров - постепенного самопроизвольного увеличения в диастолу проницаемости мембраны для ионов Na^+ и Ca^{2+} , которые медленно входят в клетку сквозь медленные кальциевые каналы. В результате разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью мембраны постепенно уменьшается. При достижении критического уровня -40 mV открываются электровозбудимые Ca^{2+} -каналы, вследствие чего эти ионы активно поступают внутрь, что приводит к возникновению быстрой лавинообразной деполяризации клетки.

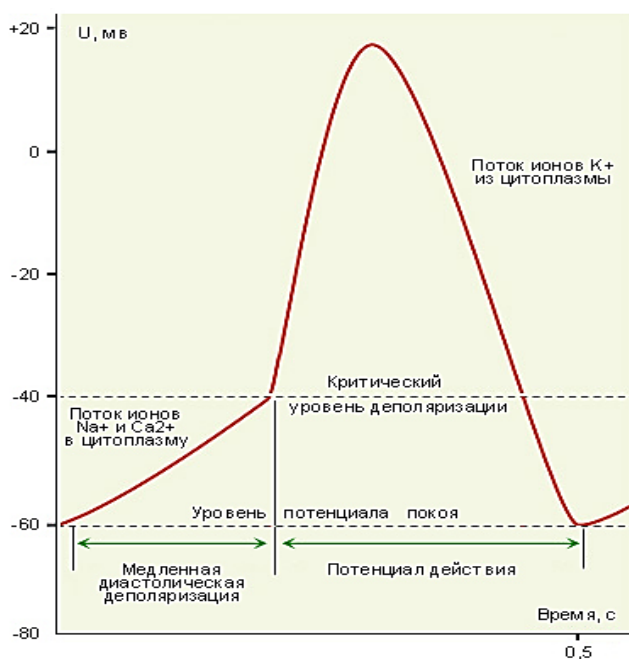


Рис.8. Спонтанные электрические процессы на мембране клетки пейсмекера синоатриального узла (изображение со свободного доступа интернет-ресурса <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/imgexh.htm>)

В норме максимальной скоростью диастолической деполяризации и максимальной автоматической активностью обладают клетки СА-узла (*водитель ритма 1-го порядка*), в котором импульсы генерируются с частотой 60-80 в минуту. Функцией автоматизма обладают некоторые структуры в предсердиях и АВ-соединении - зона перехода атриовентрикулярного узла в пучок Гиса. Этот центр *автоматизма 2-го порядка* генерирует импульсы с частотой 40-60 в минуту. Нижняя часть пучка Гиса, его ветви являются *водителями ритма третьего порядка* и имеют спонтанную ритмическую активность с частотой 25-45 в минуту. Изменение частоты импульсации по мере удаления от синоатриального

узла получило название *закона* или *градиента автоматизма (закон Гаскелла)*.

В норме возбуждение сердца происходит только в результате импульсов, возникающих в синоатриальном узле, так как сравнительно частая импульсация с этого узла подавляет автоматизм клеток АВ-соединения, пучка Гиса. Эти образования являются потенциальными или *латентными водителями ритма*. Они берут на себя функцию водителя ритма только при повреждении синоатриального узла.

Благодаря опытам Станниуса можно доказать роль синоатриального узла как водителя ритма первого порядка (Рис.9).

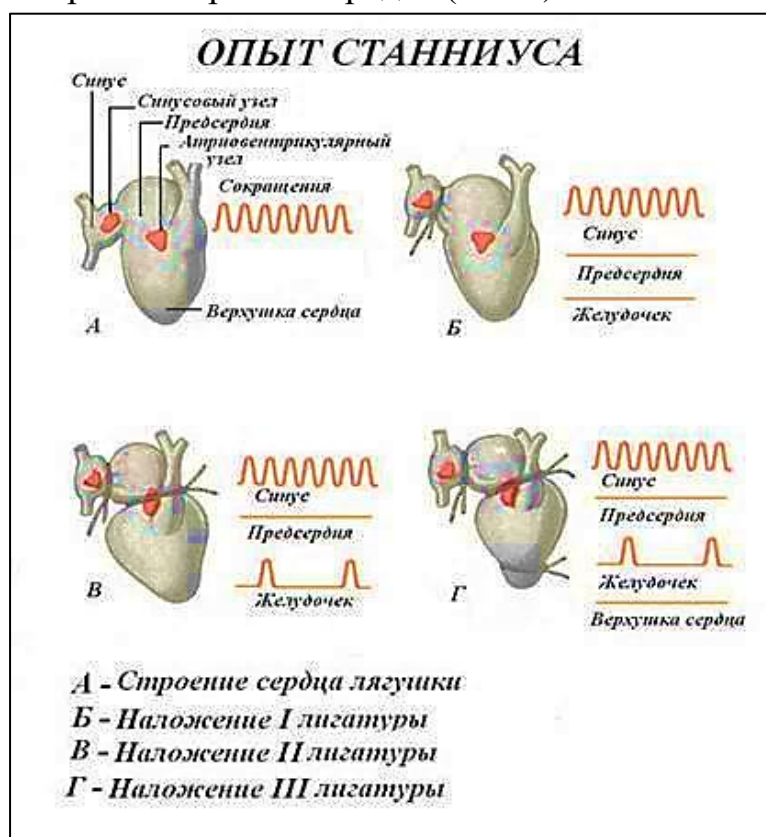


Рис. 9. Определение степени автоматии разных отделов сердца (по Станниусу)

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://studopedia.info/4-76578.html>):

В эксперименте на лягушках он использовал поперечные перевязки сердца нитью (лигатуры). Сердце лягушки имеет желудочек и 2 предсердия. Венозный синус локализуется в месте впадения вен, а в его стенке располагается водитель ритма. Первая лигатура (изолирующая) накладывается между венозным синусом и предсердиями. В результате

венозный синус (а следовательно, синоатриальный узел) продолжает сокращаться в начальном ритме, а предсердия и желудочек некоторое время не сокращаются, так как синоатриальный узел является главным водителем ритма для миокарда в целом. После наложения второй лигатуры (раздражающей) на атрио-желудочковую борозду предсердия сокращаются в ритме синусового узла, а желудочки сокращаются с меньшей частотой в ритме атрио-вентрикулярного узла. Это доказывает, что атрио-вентрикулярный узел имеет автоматизм, но менее выраженный, чем в синусовом узле. Если наложить лигатуру на верхушку сердца, то дистальнее лигатуры миокард не сокращается, так как там нет клеток проводящей системы.

Проводимость - это способность к проведению возбуждения, возникающего в отдельных структурах сердца, к другим отделам сердечной мышцы. Функцией проводимости обладают волокна специализированной проводящей системы и сократительного миокарда. В норме волна возбуждения, которая генерируется в клетках СА-узла, распространяется по короткому проводящему пути к правому предсердию, по трем межузловым трактам - Бахмана, Венкебаха и Тореля - к АВ-узлу и по межпредсердному пучку Бахмана - на левое предсердие (Рис.4).

Общее направление движения волны возбуждения - сверху вниз и немного влево. Сначала возбуждается правое предсердие, затем левое. Время охвата возбуждением обоих предсердий не превышает 0,1 сек. В АВ-узле происходит задержка волны возбуждения в течение 0,02-0,04 сек, скорость проведения не более 0,05 м/с. Задержка проведения в АВ-узле способствует началу возбуждения желудочков только после окончания полноценного сокращения предсердий.

От АВ-узла волна возбуждения передается на внутрижелудочковую проводящую систему, состоящую из предсердно-желудочкового пучка (пучка Гиса), основных ветвей (ножек) Гиса и волокон Пуркинье. В норме скорость проведения по пучку Гиса и его ветвям составляет 1-1,5 м/сек, по волокнам Пуркинье - 3,0-4,0 м/с. Большая скорость проведения электрического импульса по проводящей системе желудочков способствует почти одновременному охвату волной возбуждения, полноценному сокращению миокарда и наиболее

эффективному выбросу крови в аорту и легочной ствол. В норме продолжительность деполяризации желудочков 0,06-0,1 сек.

Скорость проведения волны возбуждения в сократительных мышечных волокнах предсердий и желудочков одинакова и колеблется в узких пределах - 0,9-1,0 м /с.

Сократимость. Механизм сокращения кардиомиоцитов аналогичный скелетным мышцам - вероятнее всего, гипотеза «шарнирного механизма». Но несмотря на то, что миокард состоит из большого количества мышечных элементов, он всегда функционирует как единое целое. В отличие от скелетных мышц миокард не проявляет зависимости между силой раздражения и степенью сокращения и подчиняется закону "*все или ничего*". На подпороговые раздражение сердце вообще не отвечает, но как только сила раздражения достигает предельного (порогового) уровня, возникает максимальное сокращение миокарда. Дальнейшее нарастание силы раздражения не изменяет размеры сокращения, то есть предельное раздражение является одновременно и максимальным.

Другой особенностью сократимости сердечной мышцы является то, что установлено соотношение между длиной кардиомиоцитов и их напряжением. Согласно *закону Франка-Старлинга*, миокард может изменять силу сокращения в зависимости от степени наполнения полостей сердца. С ростом венозного притока крови сила сердечных сокращений увеличивается при постоянной частоте. Другими словами, чем сердце сильнее растянуто во время диастолы, тем оно сильнее сокращается во время систолы.

1.2. ФАЗЫ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сердце работает ритмично по принципу насоса. Сокращение сердца (систола) чередуется с его расслаблением (диастола). Сокращение и расслабление предсердий и желудочков при нормальных условиях строго взаимосогласованные и составляют единый цикл работы сердца.

Сердечный цикл — это систола и диастола сердца, периодически повторяющиеся в строгой последовательности, т.е. период времени, включающий одно сокращение и одно расслабление предсердий и желудочков.

Частота сердечных сокращений в состоянии покоя индивидуальная и колеблется от 60 до и 80 ударов в минуту (уд/мин.). При частоте сокращений сердца 75 за 1 минуту продолжительность цикла составляет 0,8 сек.

Перед началом работы сердце находится в **общей диастоле предсердий и желудочков** (общая пауза сердца) (табл.1).

В это время полулунные клапаны закрыты, атриовентрикулярные открыты. Кровь свободно заполняет полости предсердий и желудочков. Давление в них равно 0 мм рт. ст.

Началом работы сердца является **систола предсердий**. Во время этой фазы, продолжающейся 0,1 сек, за счет сокращения мышечных волокон повышается давление в полостях предсердий. В правом предсердии давление повышается до 5-8 мм рт. ст., в левом до 8-15 мм рт.ст., что приводит к выталкиванию крови в желудочки через открытые атриовентрикулярные отверстия. Желудочки в этот момент расслаблены (диастола желудочков), створки атриовентрикулярных клапанов свисают и кровь свободно поступает из предсердий в желудочки (Рис. 10). Обратное поступление крови из предсердий в вены становится невозможным благодаря сокращению мышечных волокон, расположенных у венозных отверстий. Затем начинается **диастола предсердий**, продолжающаяся 0,7 сек .

По окончании систолы предсердий начинается **систола желудочков**, длительностью около 0,3-0,33 сек. Ее подразделяют на два периода, каждый из которых состоит из 2 фаз.

В момент систолы желудочков предсердия оказываются уже расслабленными. Оба желудочки сокращаются одновременно.

Период напряжения продолжается до открытия полулунных клапанов. Для этого необходимо, чтобы уровень давления в желудочках стал выше, чем в магистральных сосудах. Диастолическое давление в аорте составляет 70-80 мм рт. ст., в легочном стволе 10-15 мм рт.ст.

Период напряжения длится 0,08 сек. Начинается он с **фазы асинхронного сокращения** (0,05 сек), когда не все участки миокарда охвачены сократительным процессом и в этот момент еще не происходит повышение давления в полостях желудочков.

В *фазу изометрического сокращения* (0,03 сек) сократительный процесс охватывает основную массу миокарда. Давление в полостях желудочков начинает значительно увеличиваться, достигая 15 - 20 мм рт. ст. в правом и 70 - 90 мм рт. ст. в левом. Вследствие повышения внутрижелудочкового давления атриовентрикулярные клапаны быстро захлопываются, полулунные клапаны также закрыты, поэтому полость желудочков оказывается замкнутой и объем крови в ней остается постоянным. В результате растет напряжение мышечных волокон без изменения их длины (изометрическое напряжение).

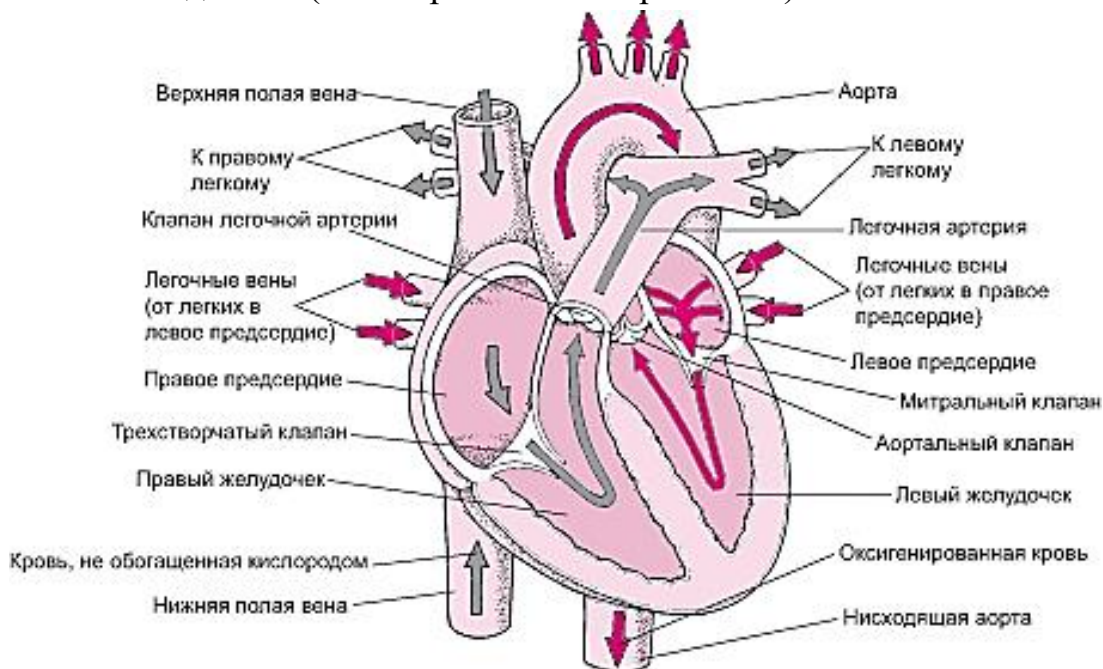


Рис. 10. Направление потока крови в норме
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
<https://askpoint.org/chto-takoe-prolaps-mitralnogo-klapana-1-stepeni/>)

Период изгнания крови начинается с открытия клапанов аорты и легочной артерии и продолжается 0,25 сек. Этот период состоит из *фаз быстро* (0,12 сек) и *медленного* (0,13 сек) *изгнания* крови.

Открытие аортальных клапанов происходит при достижении давления в полости левого желудочка - 80 мм рт. ст., клапанов легочного ствола - 15 мм рт. ст. в полости правого желудочка. Сокращение миокарда способствуют дальнейшему подъему давления в полостях желудочков соответственно правого - до 30 мм рт. ст., левого - до 120 мм

рт. ст. В результате такого повышения давления кровь выталкивается в аорту и легочную артерию очень быстро (*фаза быстрого изгнания*).

Во время фазы быстрого изгнания осуществляется поступление из сердца большей части систолического объема крови. По мере заполнения сосудов кровью в них растет давление. Градиент давления между желудочками и сосудами постепенно уменьшается, кровь изливается медленно - наступает *фаза медленного изгнания* крови.

По окончании изгнания крови начинается *диастола желудочков*, продолжается 0,47-0,5 сек. Она состоит из *периода расслабления* и *периода наполнения желудочков*.

Время от начала расслабления до захлопывания полулунных клапанов обратным током крови называют *протодиастолическим периодом*. Он длится 0,05 сек.

При закрытых атриовентрикулярных и полулунных клапанах желудочки продолжают расслабляться пока давление в них не станет ниже, чем в предсердиях - наступает *период изометрического расслабления (0,08 сек)*. В это время предсердия целиком заполнены кровью.

Когда давление в желудочках становится чуть меньше, чем в предсердиях, открываются атриовентрикулярные клапаны и начинается *период наполнения*. Сначала происходит быстрое пассивное наполнение желудочков в течение 0,05 сек (при диастоле предсердий), затем - медленное наполнение в течение 0,25 сек.

Период отдыха в 0,4 секунды достаточный для того, чтобы сердце полностью восстановило свою работоспособность.

При увеличении частоты сердечных сокращений продолжительность сердечного цикла сокращается, в основном, за счет периода отдыха.

По окончании фазы медленного наполнения возникает *систола предсердий* (0,1 сек). Предсердия выталкивают в желудочки дополнительный объем крови, после чего сердечный цикл повторяется снова. Собственно, этот период есть общим и для систолы и для диастолы.

Количество крови, выбрасываемой желудочками при каждом сокращении, называется *систолическим* или *ударным объемом* (СО).

Таблица 1.

ФАЗЫ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ОБЩАЯ ДИАСТОЛА предсердий и желудочков (общая пауза сердца) 0,37сек	В это время полулунные клапаны закрыты, атриовентрикулярные открыты. Кровь свободно заполняет полости предсердий и желудочков. Давление в них равно 0 мм рт. ст. Общая пауза состоит из: протодиастолического периода, периода изометрического расслабления и периода наполнения желудочков кровью.
СИСТОЛА ПРЕДСЕРДИЙ 0,1 сек	В правом предсердии давление повышается до 5-8 мм рт. ст., в левом до 8-15 мм рт. ст., что приводит к выталкиванию крови в желудочки через открытые атриовентрикулярные отверстия. Желудочки расслаблены.
СИСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ 0,3 - 0,33 сек	
Период напряжения 0,08 сек	Фаза асинхронного сокращения (0,05 сек). Не все участки миокарда охвачены сократительным процессом и еще не происходит повышение давления в полостях желудочков. Сократительный процесс охватывает основную массу миокарда. Фаза изометрического сокращения (0,03 сек). Давление в полостях желудочков начинает значительно увеличиваться, достигая 15 - 20 мм рт. ст. в правом и 70 - 90 мм рт. ст. в левом. Атриовентрикулярные клапаны быстро захлопываются, полулунные клапаны закрыты, растет напряжение мышечных волокон без изменения их длины (изометрическое напряжение). <i>Возникает 1 тон.</i>
Период изгнания крови 0,25 сек	Фаза быстрого изгнания (0,12 сек). Открытие клапанов аорты и легочной артерии. Подъем давления в полостях желудочков соответственно правого - до 30 мм рт. ст., левого- до 120 мм рт. ст. Кровь выталкивается в аорту и легочную артерию очень быстро, осуществляется поступление из сердца большей части систолического объема крови. Растет давление в сосудах. Фаза медленного изгнания (0,13 сек). Градиент давления между желудочками и сосудами постепенно уменьшается, кровь изливается медленно.
ДИАСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ 0,47-0,5 сек	
Протодиастолический период 0,05 сек.	Время от начала расслабления до захлопывания полулунных клапанов обратным током крови. <i>Возникает 2 тон.</i>
Период изометрического расслабления 0,08сек.	При закрытых атриовентрикулярных и полулунных клапанах желудочки продолжают расслабляться, пока давление в них не станет ниже, чем в предсердиях, предсердия целиком заполнены кровью.
Период наполнения 0,3 сек	Фаза быстрого наполнения (0,05 сек). Давление в желудочках становится чуть меньше, чем в предсердиях. Открываются атриовентрикулярные клапаны и начинается наполнение желудочков кровью. <i>Возникает 3 тон.</i> Фаза медленного наполнения (0,25 сек) - период от момента установления постоянного градиента давления между предсердиями и желудочками до начала систолы предсердий.
Пресистолический период (систола предсердий) 0,1 сек	Предсердия выталкивают в желудочки дополнительный объем крови. <i>Возникает 4 тон.</i> Сердечный цикл повторяется снова.

Систолический объем обоих желудочков примерно одинаков. Также должен быть одинаков и минутный объем кровообращения (МОК), что еще называется *сердечным выбросом*. Величину минутного объема кровообращения можно рассчитать по формуле $CO \times ЧСС = МОК$. В состоянии покоя МОК равен 4,5-5,0 л. Во время физической нагрузки минутный объем кровообращения может увеличиваться до 20-30 л.

1.3. ТОНЫ СЕРДЦА

Во время деятельности сердца возникают звуковые явления, называемые *тонами сердца*. У здоровых людей при аускультации сердца хорошо выслушиваются два тона - **I тон**, возникающий во время систолы - систолический, и **II тон**, возникающий во время диастолы - диастолический (Рис.11).

В основе сердечных тонов лежат колебательные движения различных структур сердца: клапанов, мышц, сосудистой стенки. Как и всякое колебание, тоны сердца характеризуются такими параметрами, как интенсивность (амплитуда), частота (количество колебаний в 1 сек) и продолжительность.

В настоящее время большинство авторов считают, что можно различить 6 нормальных тонов сердца. При этом I и II тоны выслушиваются всегда, III и IV тоны определяются не у всех людей (чаще регистрируются на фонокардиограмме), V и VI – регистрируются только на фонокардиограмме. Последние исследуются очень редко. Поэтому мы рассмотрим только механизм происхождения I-IV тонов и места их выслушивания (Таблица 2).

I тон - систолический совпадает с началом систолы желудочков, выслушивается как протяжный, достаточно интенсивный звук по всей сердечной области, максимально на верхушке сердца и в месте проекции митрального клапана. В образовании его участвуют три компонента: клапанный, мышечный и сосудистый. Они состоят из:

- щелчок предсердно-желудочковых клапанов;
- вибрации их и сухожильных нитей, соединенных с этими клапанами;
- турбулентного движения крови, ударяющейся о клапаны, которые закрываются;
- вибрации стенки желудочков во время изометрического сокращения;

- колебаний начальных отделов аорты и легочного ствола в случае растяжения их кровью в период изгнания.

Таблица 2.

Характеристика тонов сердца

Тон сердца	Место выслушивания	Компоненты	Характеристика
I тон – систолический	Выслушивается по всей сердечной области, максимально на верхушке сердца и в области проекции митрального клапана.	1. Клапанный – колебания створок атриоventрикулярных клапанов в фазу изометрического сокращения. 2. Мышечный – колебания миокарда, которые возникают в период изометрического сокращения. 3. Сосудистый – обусловлен колебаниями начальных отделов аорты и легочного ствола при их растяжении кровью в фазу изгнания.	Короткий, достаточно интенсивный звук. Общая длительность от 0,08 до 0,25 сек, частота - от 15 до 500 Гц . Начало I тона совпадает со второй половиной комплекса QRS на ЭКГ
II тон – диастолический.	По всей сердечной области, лучше у основания сердца, во II межреберье слева и справа от грудины.	1. Клапанный компонент – захлопывание створок клапана аорты и легочного ствола 2. Сосудистый компонент - колебания стенок начальных отделов сосудов	Длительность составляет 0,08-0,11 сек, частота – от 500 до 1250 Гц. Начало II тона приблизительно совпадает с концом зубца T на ЭКГ, как правило, с опозданием на 0,02-0,04 с. Иногда, особенно в детском возрасте или у спортсменов, регистрируется расщепление II тона.
III тон – желудочковый галоп	Выслушивается на верхушке сердца в положении лежа или в области грудины в вертикальном положении.	Обусловлен колебаниями мышечной стенки желудочков, возникающих при их быстром пассивном наполнении кровью с предсердий во время диастолы сердца	При аускультации – слабый, глухой /низкочастотный/ звук. III тон возникает через 0,15-0,12 сек от начала II тона. Графически III тон регистрируется 1-2 низкоамплитудными, низкочастотными колебаниями. Обычно, III тон регистрируется у детей.
IV тон – предсердный галоп	Практически не выслушивается	Обусловлен колебаниями стенок предсердий при их систоле.	IV тон регистрируется на ФКГ 1-2 низкочастотными колебаниями низкой амплитуды.

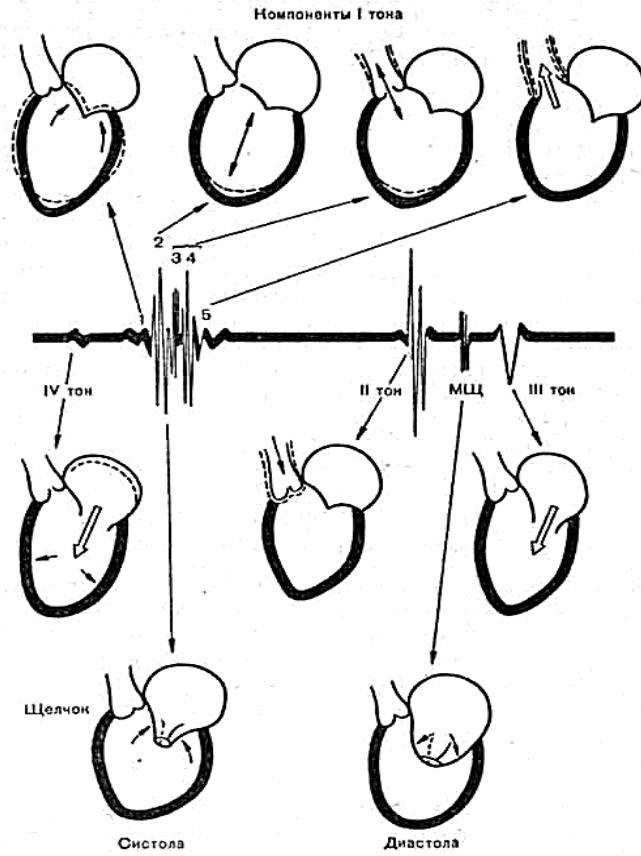


Рис. 11. Формування тонів серця

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса https://www.serdechno.ru/instrumentalnye_metody_issledovaniya_serdechno-sosudistoy_sistemy/issledovanie_mehnicheskoj_aktivnosti_serdca/fonokardiografiya/8079.html)

Основной из них - клапанный компонент, обусловленный колебаниями створок атриовентрикулярных клапанов в фазе изометрического сокращения, когда клапаны закрыты (Рис.12). Поэтому звучность I тона в основном зависит от него.

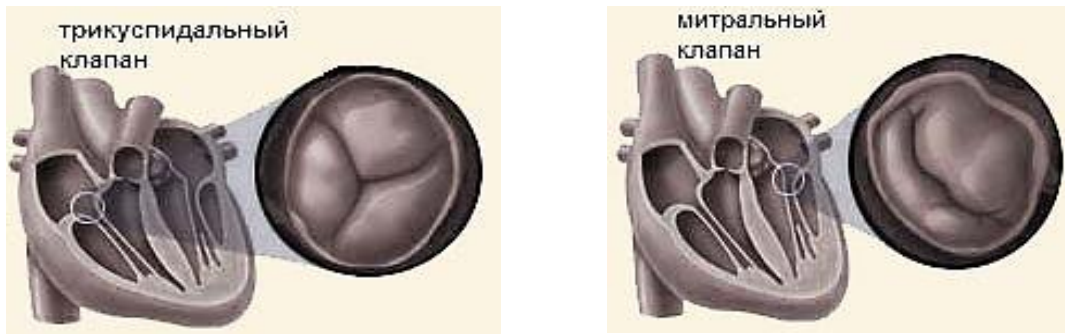


Рис. 12. Атриовентрикулярні клапани та їх розміщення

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://www.google.com/search?>)

Кроме того выделяют четвертый компонент - предсердный; в его происхождении играют роль колебания, связанные с сокращением предсердий. С этого компонента и начинается I тон, поскольку систола предсердий предшествует систоле желудочков. В норме колебания, вызванные систолой предсердий, сливаются со звуковыми колебаниями, обусловленными систолой желудочков и воспринимаются как один тон. Некоторые авторы предсердный компонент I тона выделяют как отдельный, IV тон - предсердный галоп.

Длительность I тона колеблется от 0,08 до 0,25 сек, частотная характеристика от 15 до 500 Гц (в разных частях различна: наибольшая в центральной части - до 500 Гц, наименьшая в начальной и конечной части тона - до 15 Гц).

II тон – диастолический, совпадает с началом диастолы желудочков, выслушивается по всей сердечной области, лучше у основания сердца, во втором межреберье слева и справа от грудины. II тон образуется за счет:

- колебаний, возникающих в начале диастолы при захлопывании створок клапана аорты и легочного ствола и их вибрации (клапанный компонент) (рис.13)
- турбулентного движения крови, ударяющейся о клапаны, которые закрываются;
- колебания стенок начальных отделов аорты и легочного ствола (сосудистый компонент).

В состав II тона входят также низкочастотные низкоамплитудные колебания, возникающие в результате открытия митрального и трикуспидального клапанов (Рис. 13.).

Продолжительность II тона составляет 0,08-0,11 сек, частотная характеристика от 500 до 1250 Гц (Таблица 3).



Рис. 13. Напівмісяцеві клапани та їх розміщення

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://www.google.com/search?>)

Таблица 3.

Отличительные признаки I и II тонов сердца

Основной критерий	I тон	II тон
Место наилучшего выслушивания	Верхушка сердца	Основание сердца
Отношение к паузе сердца	Следует после большой паузы	Следует после малой паузы
Продолжительность	0,08 до 0,25 сек	0,08-0,11 сек
Взаимосвязь с верхушечным толчком	Совпадает	Следует после верхушечного толчка
Взаимосвязь с пульсом сонных артерий	Совпадает	Не совпадает

III тон - желудочковый галоп - выслушивается на верхушке сердца в положении лежа или в области грудины в вертикальном положении. III тон обусловлен колебаниями мышечной стенки желудочков, возникающих при их быстром пассивном наполнении кровью из предсердий во время диастолы сердца; воспринимается при аускультации как слабый, глухой (низкочастотный) звук. III тон возникает через 0,15-0,12 сек от начала II тона.

IV тон - предсердный галоп, выслушивается редко, обусловлен колебаниями стенок предсердий при их систоле.

В клинической практике для характеристики тонов используется метод аускультации и графической регистрации - **фонокардиография** (ФКГ). Чаще сердце выслушивается с помощью фонендоскопа и стетофонендоскопа в положении лежа, стоя и после физической нагрузки.

I тон возникает во время систолы после долгой паузы, лучше выслушивается на верхушке сердца, поскольку систолическое напряжение левого желудочка больше, чем правого. По характеру I тон более длительный и низкий, совпадает с верхушечным толчком. II тон образуется при диастоле после короткой паузы, выслушивается лучше у основания сердца, потому что возникает при захлопывания створок полулунных клапанов аорты и легочного ствола. В отличие от I тона короче и более высокий, образуется после верхушечного толчка.

Оба тона можно выслушать по всей сердечной области, но их звучность меняется в зависимости от близости клапанов, участвующих в образовании тонов.

Для правильной оценки данных аускультации используют места наилучшего выслушивания клапанов, формирующихся при проведении звука с током крови по соответствующему сосуду (аорте или легочной артерии) (Рис.14.):

- для *митрального клапана* - область верхушечного толчка (пятое межреберье слева, по *lin. medioclavicularis*), так как колебания хорошо проводятся плотной мышцей левого желудочка, верхушка сердца во время систолы ближе всего подходит к передней грудной стенке;
- *клапаны аорты* – второе межреберье справа по краю грудины, так как аорта ближе всего подходит к передней грудной стенке;
- *клапаны легочного ствола* - место наилучшего выслушивания совпадает с проекцией клапанов - второе межреберье слева по краю грудины;
- *трехстворчатый клапан* - нижний край грудины, основа мечевидного отростка (участок правого желудочка) (Таблица 4.).

При аускультации придерживаются приведенной последовательности выслушивания, добавляя пятую точку Боткина-Эрба, где выслушивают клапаны аорты с целью дифференциальной диагностики аортальных пороков. Эта точка расположена в области прикрепления третьего-четвертого ребер к грудины слева.

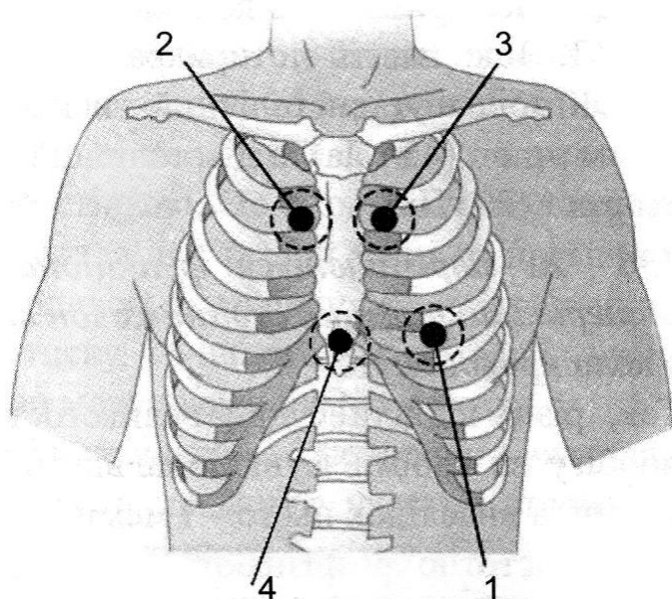


Рис.14. Точки выслушивания тонов сердца (изображение со

свободного доступа интернет-ресурса <http://www.myshared.ru/slide/741939/>);

- 1 - митральный клапан;
- 2 – аортальный клапан;
- 3 - клапан легочного ствола;
- 4 - трехстворчатый клапан

Отличительные признаки I и II тонов сердца

Клапан	Митральный Точка 1	Аортальный Точка 2	Легочного ствола Точка 3	Трикуспидальный Точка 4	Точка Бот- кина–Эрба Точка 5
Место проекции	Прикрепление III ребра к грудины слева	Середина грудины на уровне III ребра	II м/р слева на 0,5 см кнаружи от края грудины	Середина расстояния прикрепления к грудины III левого и V правого реберных хрящей	Для уточнения работы аортального клапана
Место аускультации	Верхушка сердца	II м/р справа	II м/р слева	Основание мечевидного отростка	Место прикрепления IV ребра слева к грудины

Фонокардиография (Рис.15.) - инструментальный метод графической регистрации звуков, возникающих при работе сердца. В обязательном порядке одновременно производится запись ЭКГ в обычном объеме или только во II стандартном отведении. Исследование должно проводиться в теплом, защищенном от посторонних шумов помещении, при спокойном состоянии обследуемого в положении лежа.

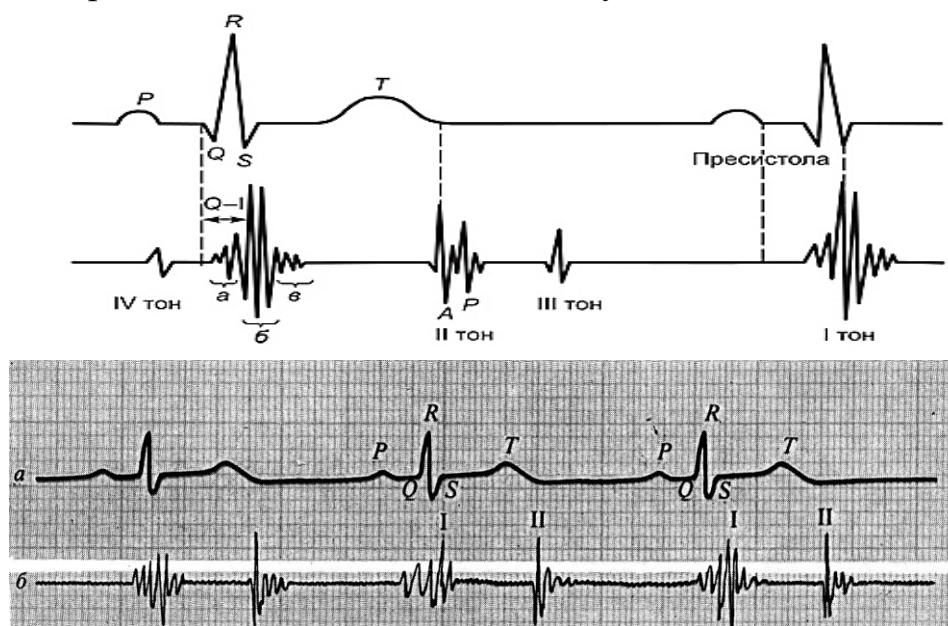


Рис.15. Фонокардиография (ФКГ) (схема и одностороннее реестрирование ЭКГ(а) та ФКГ (б) (изображение со свободного доступа интернет-ресурса https://studopedia.ru/18_36353_fonokardiografiya-fkg.html).

На ФКГ звуки сердца - тона и шумы - представлены осцилляциями (колебаниями). Интервалы сердечного цикла, свободные от тонов и шумов, представлены горизонтальной нулевой линией (изолинией). В

норме на ФКГ регистрируются колебания, соответствующие I и II тонам сердца, могут проявляться III и редко IV тоны, функциональный (акцидентальный) шум и низкочастотные колебания баллистической природы. Начало I тона совпадает со второй половиной комплекса QRS на ЭКГ, начало II тона примерно совпадает с концом зубца T, обычно с запаздыванием на 0,02-0,04 сек.

На ФКГ в составе I тона можно выделить следующие компоненты: начальные низкоамплитудные и низкочастотные колебания связывают с сокращением мышц желудочков, главный (или центральный) сектор I тона, состоящий из относительно высокочастотных колебаний, возникает вследствие закрытия митрального и трикуспидального клапанов. Конечная часть I тона - низкоамплитудные, низкочастотные колебания, связанные с открытием полулунных клапанов аорты и легочной артерии и колебаниям их стенок.

На фонокардиограмме можно различить аортальный и легочный компоненты II тона (Рис.15). Аортальный компонент II тона возникает чуть раньше, амплитуда его в 1,5 - 2,0 раза выше второго. Интервал между аортальным и легочным компонентом II тона может достигать 0,06 сек. Иногда, особенно в детском возрасте или у спортсменов, регистрируется разщепления II тона.

Графически (рис.15) III тон представлен 1-2 низкоамплитудными, низкочастотными колебаниями. III тон регистрируется у детей. IV тон регистрируется на ФКГ (рис.15) 1-2 низкочастотными колебаниями низкой амплитуды.

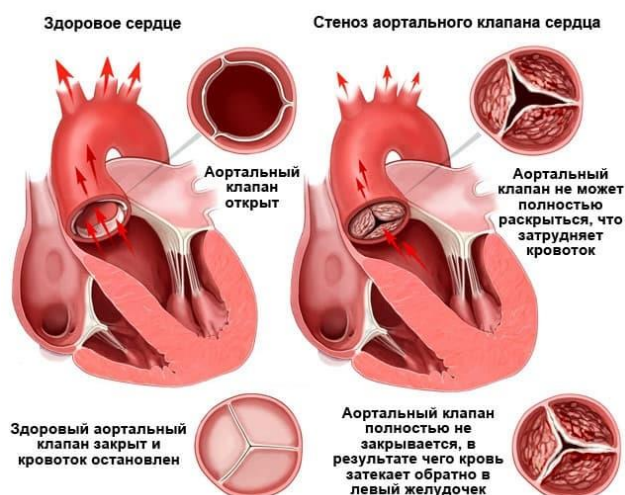


Рис. 16. Клапан аорты в норме (А) и при аортальном стенозе (Б)

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса http://agysik.ru/health/poroki_serdca.html)

1.4. ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

Распространение возбуждения от водителя ритма по проводящей системе сердца и самой сердечной мышце сопровождается возникновением на поверхности клеток отрицательного потенциала. В связи с этим происходит синхронный разряд огромного числа возбужденных единиц, их суммарный потенциал оказывается настолько большой, что может регистрироваться далеко за пределами сердца на поверхности тела. В силу высокой электропроводности ткани, прилегающие к сердцу, становятся электроотрицательными. Регистрируемая электрическая волна имеет сложный характер и отражает возникновение в миокарде деполяризации и реполяризации, а не его сокращения.

Электрокардиография - метод графической регистрации колебаний разности потенциалов, возникающих на поверхности возбудимой ткани или проводящей среды вокруг сердца при распространении волны возбуждения по сердцу. Электрокардиограмма (ЭКГ) - проекция динамики суммарного вектора возбуждения в течение сердечного цикла на ось отведения.

При ЭКГ исследовании регистрируют ЭДС (электродвижущую силу) от поверхности тела человека с помощью двух электродов, соединенных соответственно с положительным полюсом гальванометра (положительный или активный электрод) и отрицательным полюсом (отрицательный электрод). Точка поверхности тела, на которую накладывают электрод, называется позицией электрода. *Отведение* - это способ выявления разности потенциалов между двумя участками тела. ЭКГ отведения бывают *двухполюсные и однополюсные*. Двухполюсные регистрируют разность потенциалов между двумя точками тела, однополюсные отражают разницу потенциалов какого-то участка тела и потенциала, постоянного по величине, условно принятого за ноль. Для создания нулевого потенциала применяют объединенный электрод Вильсона (индифферентный), образующийся при соединении проводами (через сопротивление) трех конечностей - правой и левой руки и левой ноги.

Общепринятая система электрокардиографических отведений включает: три **стандартных (I, II, III)**, три **усиленных однополюсных** от конечностей (**aVR, aVL, aVF**), шесть **однополюсных грудных V1 - V6**.

Двухполюсные стандартные отведения от конечностей были впервые предложены W.Einthoven в 1908 (Рис.17).

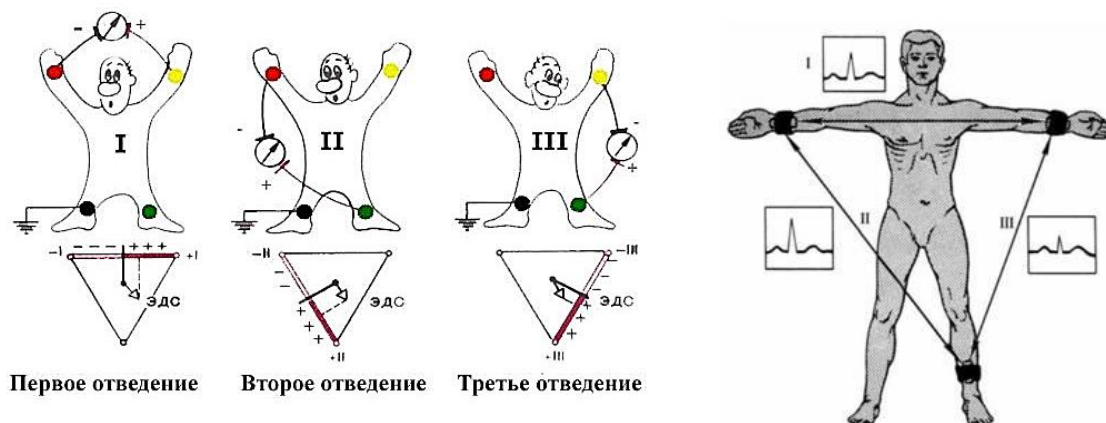


Рис. 17. Стандартные отведения

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса

https://kingmed.info/norms_30/Elektrokardiografiya_EKG_Otvedeniya_i_tochki_nalojeniya_elektrodov_dlya_snyatiya_EKG)

Стандартное отведение I регистрирует разность потенциалов между правой рукой (отрицательный электрод) и левой рукой (положительный электрод). Стандартное отведение II отражает разность потенциалов между правой рукой (отрицательный электрод) и левой ногой (положительный электрод), отведение III - между левой ногой (положительный электрод) и левой рукой (отрицательный электрод) (Рис.18.).

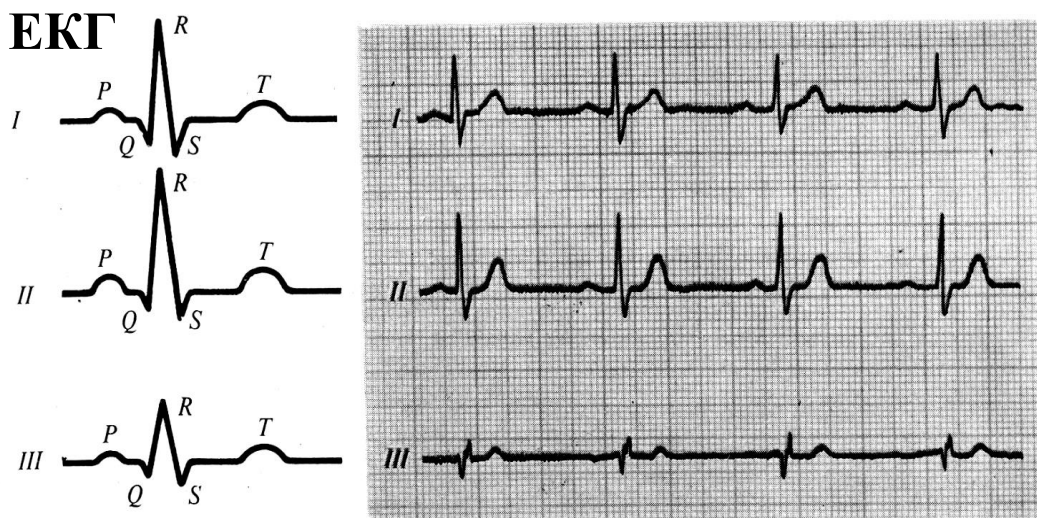


Рис.18. Электрокардиография (классические биполярные отведения)

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://megabook.ru/media/82>)

При записи ЭКГ усиленных однополюсных отведений от конечностей по E.Goldberger (1942) (Рис.19.) один электрод - индифферентный, потенциал которого близок к нулю, - присоединяют к отрицательному полюсу гальванометра. Индифферентный электрод - это электрод Вильсона, модифицированный E.Goldberger. Второй электрод - активный - располагают на одной из конечностей:

- aVR - усиленное отведение от правой руки (augmented Voltage Right)
- aVL - усиленное отведение от левой руки (augmented Voltage Left)
- aVF - усиленное отведение от левой ноги (augmented Voltage Foot).

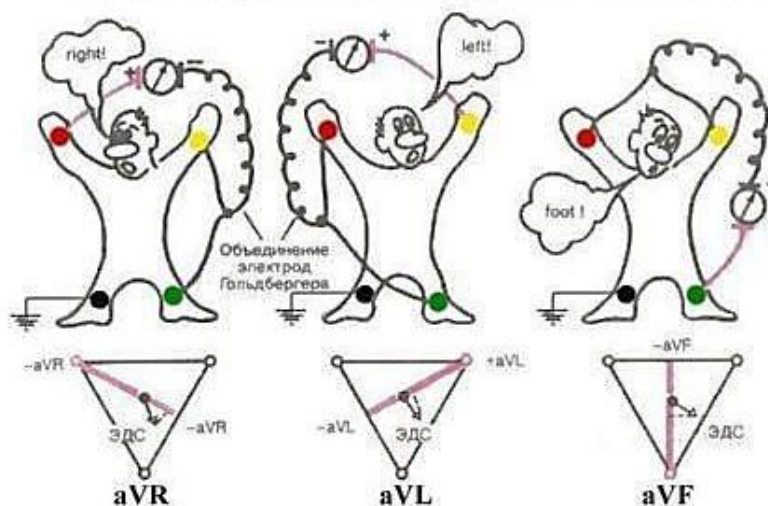


Рис. 19. Посилені однополюсні відведення від кінцівок

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://tmu.org.ua/81463/>)

Шесть отведений от конечностей (I, II, III, aVR, aVL, aVF) дают возможность регистрировать разность потенциалов во *фронтальной плоскости*.

Грудные отведения, предложенные F. Wilson, являются однополюсными. Индифферентный, объединенный электрод Вильсона присоединяют к отрицательному полюсу гальванометра. Активный электрод помещают в различные точки грудной клетки, обозначаемые арабскими цифрами, и соединяют с положительным полюсом гальванометра. В норме регистрируют 6 грудных отведений (рис.19):

- V₁ - четвертое межреберье по правому краю грудины;
- V₂ - четвертое межреберье по левому краю грудины;
- V₃ - между V₂ и V₄;
- V₄ - в пятом межреберье слева по lin. medioclavicularis;

- V₅ - в пятом межреберье слева по lin. axillaris ant.;
- V₆ - в пятом межреберье слева по lin. axillaris med.

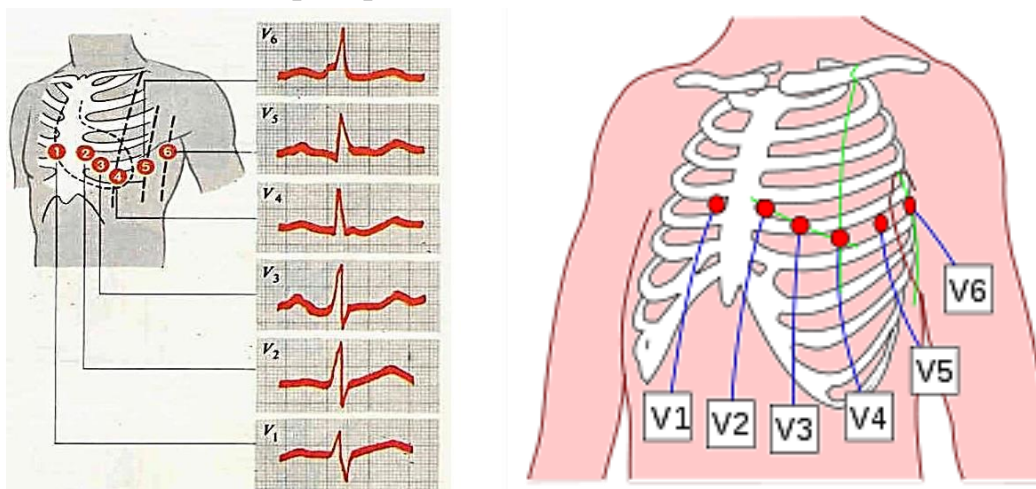


Рис.20. Электрокардиография (униполярные грудные отведения)
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://ppt-online.org/151119>)

Грудные отведения позволяют регистрировать разность потенциалов в горизонтальной плоскости. Иногда для дополнительной диагностики патологии задней и поперечных участков используют дополнительные отведения: V₇ - по lin. axillaris post., V₈ - по lin. paravertebralis., отведения по Небу (A, D, I), по Клетену, по Слопаку.

Анализ ЭКГ обычно проводят по следующей схеме:

- I. Оценка регулярности сердечного ритма, установление источника возбуждения (оценка функции автоматизма).
- II. Подсчет частоты сердечных сокращений (ЧСС).
- III. Определение продолжительности отдельных элементов ЭКГ (оценка функции проводимости сердечной мышцы).
- IV. Определение положения электрической оси сердца (определение поворотов сердца вокруг передне-задней оси во фронтальной плоскости) (Рис.22.) и поворотов сердца относительно продольной оси в горизонтальной плоскости.
- V. Определение вольтажа ЭКГ (оценка функции возбудимости сердечной мышцы).
- VI. Характеристика отдельных элементов ЭКГ (зубцов, сегментов, интервалов).

ЭКГ - это периодически повторяющаяся кривая, отражающая протекание процесса возбуждения сердца во времени. Отдельные ее

элементы (зубцы, сегменты, интервалы, комплексы) получили специальные наименования (рис. 21.).

Каждый элемент ЭКГ отражает распространение процесса возбуждения по определенным участкам сердца (Рис.22.) и имеет временную (сегменты, интервалы, зубцы, комплексы - в секундах) и амплитудную (зубцы - в мм и мВ) характеристику.

Зубец "Р" - характеризует возбуждения предсердий, восходящая часть - правого, нисходящая - левого предсердия. В норме он имеет продолжительность от 0,07 до 0,11 сек и амплитуду 1,5-2,5 мм. В норме в отведениях I, II, aVF, V2-V6 зубец Р всегда положительный. В отведениях III, aVL, V1 зубец Р может быть положительным, двухфазным, в отведениях III и aVL иногда бывает отрицательным. В отведении aVR зубец Р всегда отрицательный.

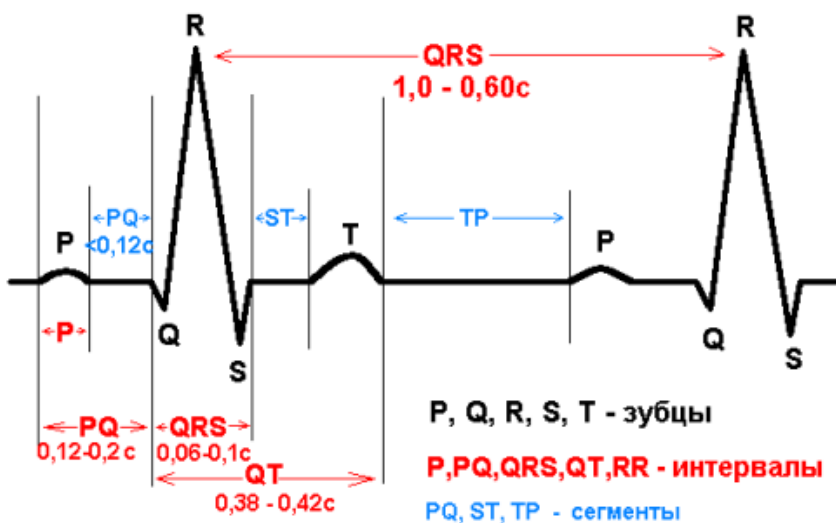


Рис. 21. Электрокардиограмма (схема). Основные элементы ЭКГ.
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://ppt-online.org/151119>)

Сегмент PQ - отрезок прямой на изоэлектрической линии, с конца зубца Р до начала зубца Q, характеризует время атриовентрикулярной задержки и составляет 0,04 - 0,10 сек.

Интервал PQ - участок ЭКГ от начала зубца Р до начала зубца Q, характеризует распространение возбуждения от предсердий к желудочкам, проведение импульса через AV-соединение, пучок Гиса и его разветвления, продолжительность этого интервала 0,12 - 0,20 сек.

Зубец Q - характеризует возбуждения межжелудочковой перегородки и папиллярной мускулатуры, его продолжительность в

норме от 0,02 до 0,03 сек, амплитуда нормального зубца Q во всех отведениях, кроме aVR не превышает 1/4 высоты зубца R. В I стандартном отведении может отсутствовать.

Зубец R - характеризует возбуждение основной мускулатуры желудочков, в отведениях V₁ и V₂ отражает распространение возбуждения по межжелудочковой перегородке, в отведениях V₄-V₆ по мышце левого и правого желудочков. Его амплитуда в стандартных отведениях от 5 до 22 мм, в грудных от 8 до 25 мм, продолжительность от 0,07 до 0,09 сек. В грудных отведениях амплитуда зубца R постепенно увеличивается от V₁ до V₄, а затем несколько уменьшается в V₅ и V₆. **Интервал внутреннего отклонения** (время прохождения волны возбуждения от эндокарда к эпикарду) в отведении V₁ не превышает 0,03 сек, а в отведении V₆ - 0,05 сек.

Зубец S - характеризует возбуждение базальных отделов миокарда. Его высота достигает различных значений, не превышая 20 мм. В грудных отведениях зубец S постепенно уменьшается от V₁, V₂ к V₄, а в отведениях V₅, V₆ имеет малую амплитуду или отсутствует вовсе. Равенство зубцов R и S в грудных отведениях ("*переходная зона*") обычно регистрируется в отведении V₃ - V₄.

Комплекс QRS - желудочковый комплекс, характеризует процесс деполяризации желудочков. В норме продолжительность комплекса QRS не превышает 0,1 сек.

Сегмент ST - отрезок прямой на изоэлектрической линии, с конца зубца S до начала зубца T, характеризует тот момент, когда оба желудочка возбуждены одновременно. Его продолжительность от 0,1 до 0,15 сек. Сегмент ST у здорового человека в отведениях от конечностей расположен на изолинии (+ 0,5 мм). В норме в грудных отведениях V₁-V₃ может наблюдаться небольшое смещение этого сегмента RS-T вверх от изолинии (не больше 2 мм), а в отведениях V₄-V₆ вниз (не больше 0,5 мм).

Зубец T - характеризует процесс реполяризации миокарда, его высота составляет 1/8-2/3 амплитуды зубца R, в отведениях от конечностей не превышает 5-6 мм, в грудных отведениях 15-17 мм. Продолжительность 0,1- 0,25 сек. В норме зубец T всегда положительный в отведениях I, II, aVF, V₂-V₆. В отведениях III, aVL и V₁ зубец T может быть положительным, двухфазным или отрицательным. В отведении aVR зубец T в норме всегда отрицательный.

Интервал ST - отрезок ЭКГ от начала зубца S до конца зубца T, характеризует возвратное развитие процесса возбуждения в сердце, его продолжительность - 0,2-0,4 сек.

Интервал TP - общая пауза сердца, продолжительность - 0,4 сек.

Интервал RR - полный сердечный цикл, продолжительность 0,8 сек.

Интервал Q-T (QRST) - называют электрической систолой сердца, а T-P - электрической диастолой сердца.

На ЭКГ иногда (у детей и спортсменов) встречается зубец U, по мнению ряда исследователей характеризует реполяризацию в волокнах Пуркинье.

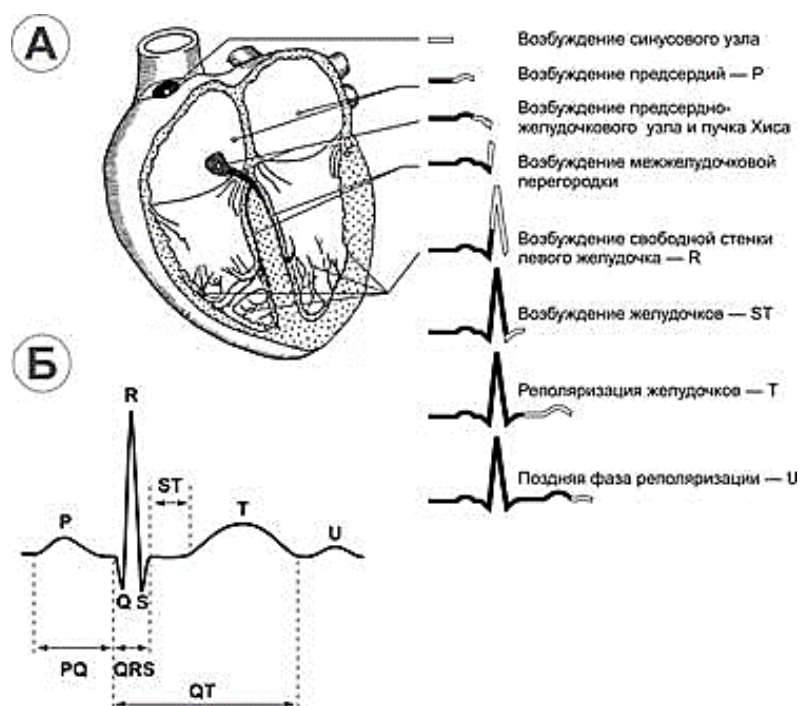


Рис.22. Формирование зубцов ЭКГ при последовательном возбуждении миокарда

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://poznayka.org/s11610t1.html>)

Электрическое положение сердца. Эйнтховен предложил рассматривать тело человека в виде равностороннего треугольника, в центре которого расположено сердце – источник электродвижущей силы (ЭДС). ЭДС характеризуется величиной и направлением, что выражается вектором. Проекция среднего результирующего вектора на оси отведений называется *электрической осью сердца*.

При нормальном положении электрической оси наибольший QRS регистрируется во II стандартном отведении $R_{II} > R_{III} > R_I$, при горизонтальном положении в I отведении $R_I > R_{II} > R_{III}$, при вертикальном положении электрической оси сердца наибольшая амплитуда QRS в III стандартном отведении $R_{III} > R_{II} > R_I$ (Рис. 23.).

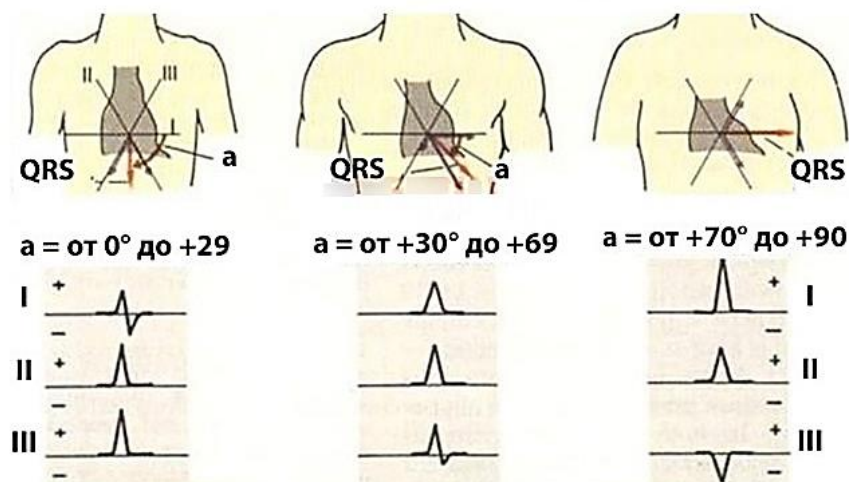


Рис. 23. Варианты положения электрической оси сердца в норме
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://healthperfect.ru/ugol-alfa-na-ekg.html>)

1.5. РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА

Деятельность сердца может регулироваться местным миогенным, нервным и гуморальным механизмами.

Миогенные механизмы связанные с физиологическими свойствами структур сердца. Исследование зависимости силы сокращений сердца от растяжения его камер показало, что сила каждого сердечного сокращения зависит от объема венозного притока крови и определяется конечной диастолической длиной волокон миокарда. В результате был сформулирован **закон Франка-Старлинга**, согласно которому, чем больше сердце растягивается в фазу диастолы, тем сильнее оно будет сокращаться во время систолы.

Также существуют миогенные механизмы, для реализации которых не имеет значения степень конечно-диастолического растяжения волокон миокарда. Так, было обнаружено зависимость силы сокращения сердца от давления в аорте (**эффект Анрена**). Увеличение давления в аорте сначала вызывает снижение систолического объема сердца и увеличение остаточного конечного диастолического объема крови, в результате чего происходит увеличение силы сокращения сердца и сердечный выброс

стабилизируется на новом уровне силы сокращений (повышение систолического объема крови).

К миогенным механизмам относится *хроноинотропия*, то есть зависимость силы сокращения сердца от частоты его деятельности (*лестница Боудича*). В ответ на повышение ритма сердце человека реагирует увеличением силы сокращений и, наоборот, с уменьшением ритма сила сокращений снижается. В основе этого явления лежит увеличение или уменьшение внутриклеточной концентрации Ca^{2+} и изменение количества актино-миозиновых комплексов.

Нервная регуляция работы сердца является достаточно сложной и ее реализация осуществляется интракардиальными и экстракардиальными механизмами.

Внутрисердечная нервная регуляция обеспечивается особенностями функционирования кардиомиоцитов и миокарда в целом. Так, в частности, кардиомиоциты способны синтезировать различные белки при их разрушении в ходе выполнения сократительной функции. Наиболее быстрый распад богатых энергией соединений АТФ и гликогена происходит во время систолы и отвечает комплексу QRS электрокардиограммы. Ресинтез и восстановление уровня этих веществ успевает полностью осуществиться во время диастолы.

Кардиомиоциты способны избирательно адсорбировать из циркулирующей крови и накапливать в цитоплазме вещества, поддерживающие их биоэнергетику, и соединения, повышающие потребность клеток в кислороде. Например, адсорбция из крови катехоламинов (адреналина, норадреналина), возникающая благодаря внутриклеточным механизмам, обеспечивает усиление сердечного кровообращения.

Вставные диски - нексусы обеспечивают соединение миофибрил и переход возбуждения с клетки на клетку. Также за счет нексусов осуществляется взаимодействие кардиомиоцитов с клетками соединительной ткани, составляющей строму миокарда и являющейся источниками высокомолекулярных органических соединений, необходимых для выполнения функции и поддержания структуры клетки. Наличие нексусов позволяет миокарду реагировать на возбуждение как *функциональный синцитий*.

В сердце формируются периферические рефлексy, дуга которых замыкается в интрамуральных ганглиях миокарда. После пересадки сердца и дегенерации нервных элементов экстракардиального происхождения в сердце сохраняется и функционирует именно внутриорганный нервный система, организованная по рефлекторному принципу. Она имеет рецепторный аппарат на волокнах миокарда и коронарных сосудах (рецепторы, которые воспринимают активное напряжение и пассивное растяжение стенок), афферентные нейроны, интернейроны и эфферентные нейроны, аксоны которых иннервируют миокард и гладкие мышцы коронарных сосудов. Внутрисердечные рефлексy обеспечивают изменение сократительной активности различных отделов сердца. Например, увеличение растяжения миокарда правого предсердия (при увеличении притока крови к сердцу), приводит к усилению сократительной активности миокарда левого желудочка. То есть, усиливается сокращение не только того отдела сердца, который растягивается кровью, но и других отделов с целью "освобождения места" для крови и ускорения ее выброса в артериальную систему. Эти реакции происходят с помощью *внутрисердечных периферических рефлексов* (Г.И.Косицкий). Такой ответ наблюдается на фоне низкого исходного наполнения сердца и относительно небольшого давления в аорте и коронарных сосудах. При переполнении камер сердца, аорты и коронарных сосудов, растяжения предсердий угнетает сократительную активность миокарда желудочков. В результате снижается сердечный выброс и уменьшается давление в аорте и коронарных сосудах.

Интракардиальная нервная система не является полностью автономной, она входит в сложную иерархию нервных механизмов, регулирующих деятельность сердца. В условиях целостного организма периферические интракардиальные рефлексy тесно взаимодействуют с рефлексами, замыкающимися на уровне других участков вегетативной нервной системы.

Экстракардиальная нервная регуляция обеспечивается специальными механизмами, в которых задействованы такие отделы мозга как кора, ствольная часть мозга, продолговатый мозг, спинной мозг, передающие свое влияние по волокнам блуждающего и симпатических нервов, иннервирующих сердце (Рис.24.). От их

функциональной активности в конечном счете и будет зависеть работа сердца.

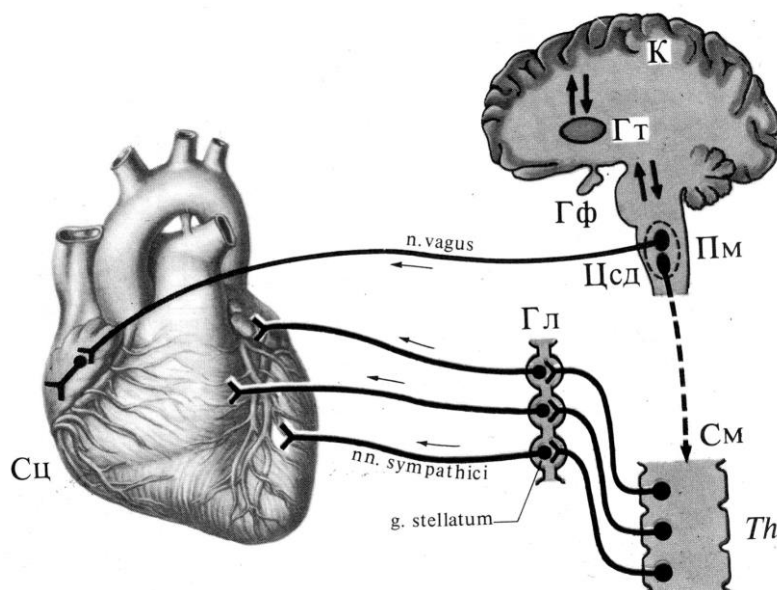


Рис.24. Вегетативная иннервация сердца

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://ppt-online.org/522177>)

Влияния блуждающего нерва. Ядра блуждающих нервов расположены в продолговатом мозге, от них аксоны клеток идут к сердцу. Волокна правого блуждающего нерва распределяются преимущественно в правом предсердии, иннервируют миокард, коронарные сосуды и особенно густо пронизывают синусный узел. Волокна левого блуждающего нерва передают свое влияние предсердно-желудочковому узлу. Поэтому при усиленной работе правого блуждающего нерва, в основном, изменяется частота сердечных сокращений (хронотропное действие), левого – атриовентрикулярное (AV)-проведение (дромотропное действие) и амплитуда сокращений (инотропное действие) (Рис.25.).

Раздражение блуждающих нервов приводит к негативным изменениям в работе сердца. В частности, наблюдается *отрицательный батмотропный эффект* (снижение возбудимости сердечной мышцы), *отрицательный дромотропный эффект* (снижение скорости проведения), *отрицательный хронотропный эффект* (замедление сердечного ритма), *отрицательный тонотропный эффект* (снижение тонуса миокарда), *отрицательный инотропный эффект* (снижение

амплитуды сокращений). При сильном раздражении блуждающего нерва может наступить полное прекращение сердечной деятельности.

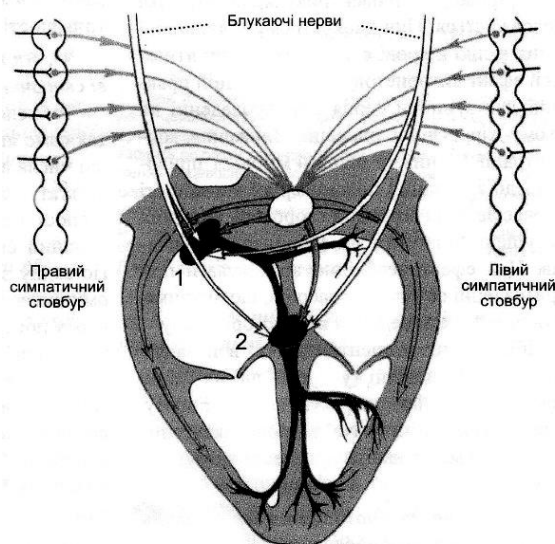


Рис. 25. Вплив блукаючого нерва на роботу серця (изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://cardio-help.ru/innervaciya/serdca-innervaciya-719>)

Влияния симпатических нервов. Влияние симпатических нервов является прямо противоположным и проявляется в повышении возбудимости сердца - *положительный батмотропный эффект*, улучшении проведения возбуждения в сердце - *положительный дромотропный эффект*, повышении частоты сокращений сердца - *положительный хронотропный эффект*, повышении тонуса сердца - *положительный тонотропный эффект*, усилении сокращений предсердий и желудочков - *положительный инотропный эффект*. (Рис.26).

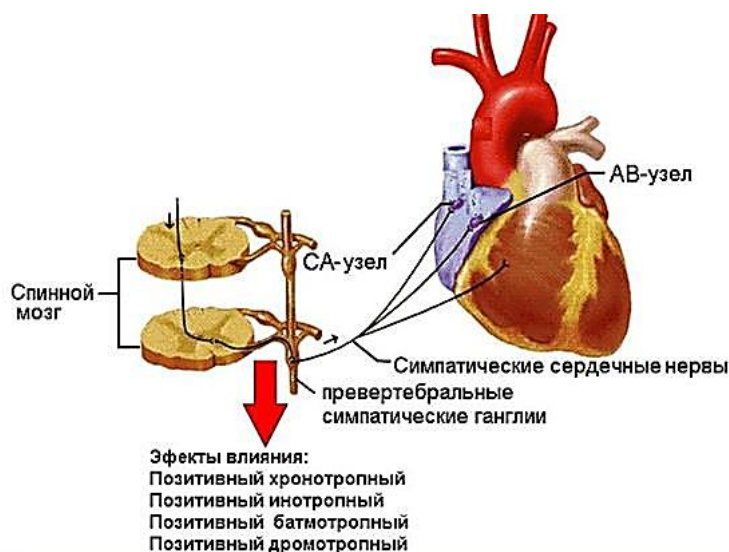


Рис. 26. Влияние симпатической нервной системы на работу сердца (изображение со свободного доступа интернет-ресурса http://eor.dgu.ru/lectures_f/)

При раздражении симпатических волокон ускоряется спонтанная деполяризация клеток-водителей ритма в диастолу, что ведет к ускорению сердечных сокращений. Также увеличивается амплитуда потенциала действия

В основе эффектов, вызываемых стимуляцией периферийных концов вегетативных нервов, лежит выделение биологически активных веществ (медиаторов): **ацетилхолина** - в парасимпатическом отделе и **норадреналина** - в симпатическом отделе (Рис.27.).

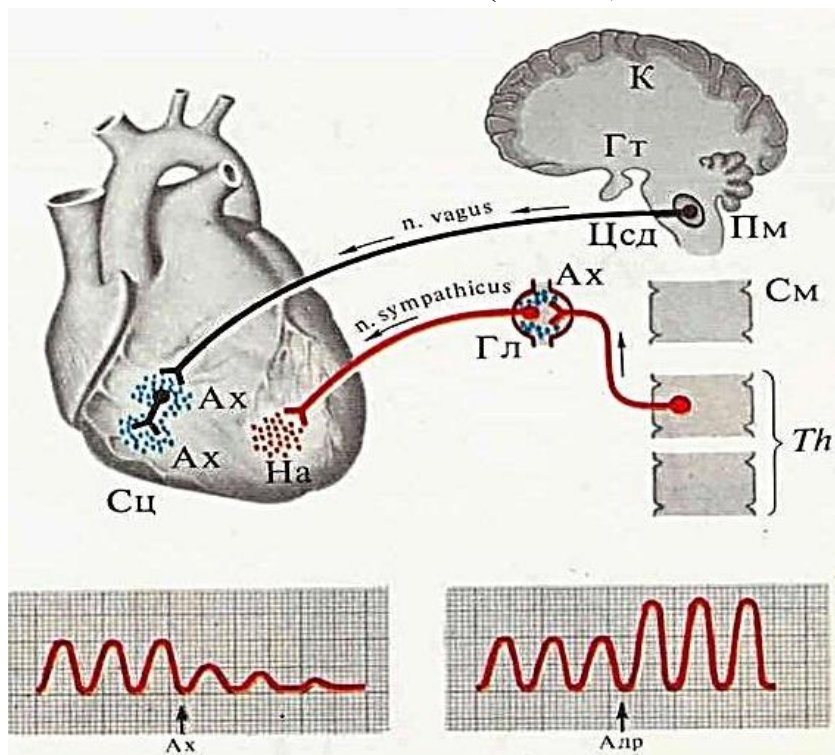


Рис. 27. Медиаторы сердечных нервов и их эффекты
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://ppt-online.org/522177>)

Ацетилхолин усиливает проницаемость мембран для ионов K^+ и тем самым вызывает гиперполяризацию, стимулирует образование цГМФ, что приводит к инактивации Ca^{2+} каналов. В результате этих воздействий происходит снижение скорости деполяризации, сокращение продолжительности потенциала действия, снижение силы сокращения. Норадреналин, стимулируя β -адренорецепторы, увеличивает концентрацию аденилатциклазы, цАМФ, что приводит к активации Ca^{2+} каналов, накопления внутриклеточного Ca^{2+} и улучшения деятельности сердца.

К центральным отделам, которые регулируют функцию сердца (и сосудов) следует отнести нейроны, расположенные в продолговатом мозге, гипоталамусе, коре больших полушарий.

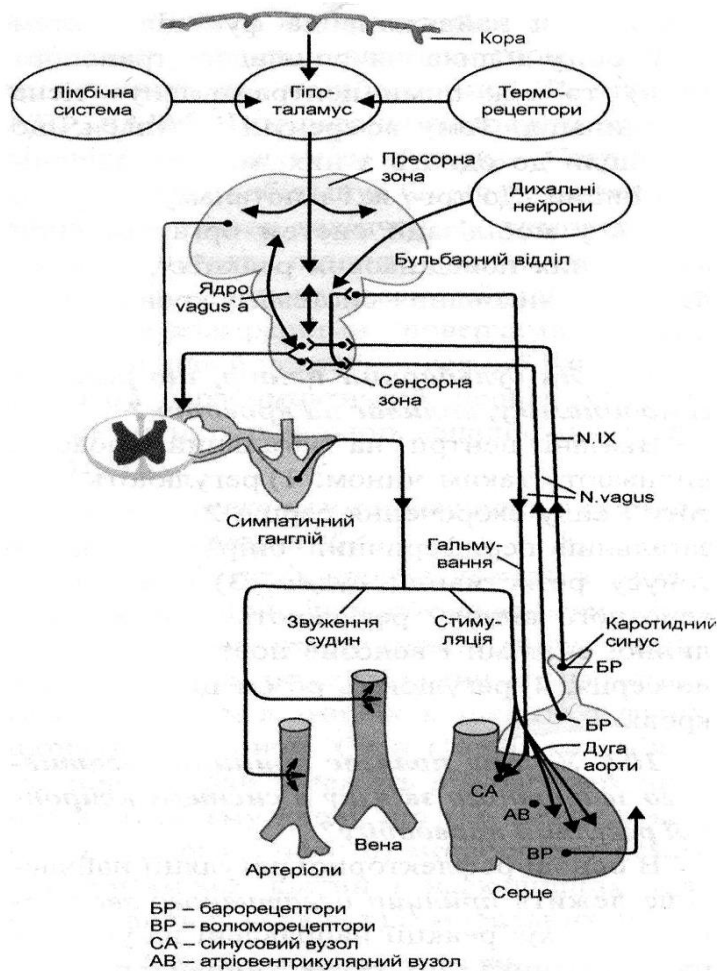


Рис.28. Схема взаимодействия механизмов регуляции кровообращения (за Paintal)

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
https://pidruchniki.com/1333122259811/meditsina/nervovo-reflektorna_regulyatsiya)

На дне четвертого желудочка в дорсолатеральном (прессорном) отделе находятся нейроны, возбуждение которых через симпатические нервы сопровождается усилением деятельности сердца и расширением коронарных сосудов (Рис.28.). Возбуждение вентромедиального (депрессорного) отдела вызывает противоположный эффект. В гипоталамусе есть участки, раздражение которых приводит к изменению сердечной деятельности. Изменение ритма, силы сокращения миокарда можно вызвать раздражением отдельных участков лимбической системы и коры больших полушарий.

К рефлексам, регулирующим деятельность сердца можно отнести целую группу реакций, связанных с работой различных рецептивных зон - например, от рецепторов растяжения устья полых вен - **рефлекс Бейнбриджа**: при повышении давления крови в полых венах возникает рефлекторное уменьшение тонуса блуждающего нерва и повышение тонуса симпатического, что приводит к усилению работы сердца. К вагусным рефлексам, которые проявляются в виде замедления сердечной деятельности, относятся рефлексы с рецепторов брюшины (**рефлекс Гольца**) и от рецепторов глазных яблок (**очно-сердечный рефлекс Дани-Ашнера**) (рис. 29).

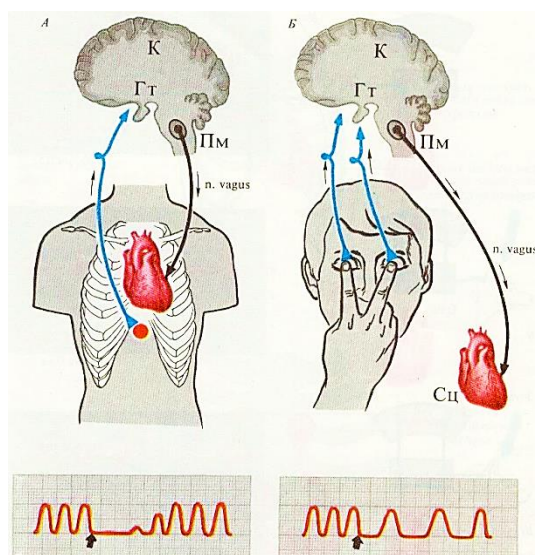


Рис. 29. Рефлекс Гольца и Данини-Ашнера (раздражение – удар в эпигастральную область (А), надавливание на глазные яблоки (В); реакция – рефлекторная остановка сердца)

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
<https://studfile.net/preview/5242434/page:4/>)

Гуморальный механизм регуляции сердца осуществляется биологически активными веществами, которые выделяются в кровь из эндокринных желез, а также ионным составом межклеточной жидкости (Рис.30.). В предсердиях вокруг миофибрилл находятся специализированные клетки, подобные клеткам щитовидной железы или аденогипофиза. В них образуются биологически активные соединения (продукты арахидоновой кислоты, катехоламины, эндогенные кардиотонические стероиды, или дигиталисоподобные факторы) и гормоны - предсердный натрийуретический пептид и ренин-ангиотензин

соединения. Эти биологически активные вещества высвобождаются при растяжении предсердий, стойком повышении давления в аорте, повышении тонуса n. vagus. Предсердные гормоны принимают участие в регуляции сократительной активности миокарда, минутного объема кровообращения.

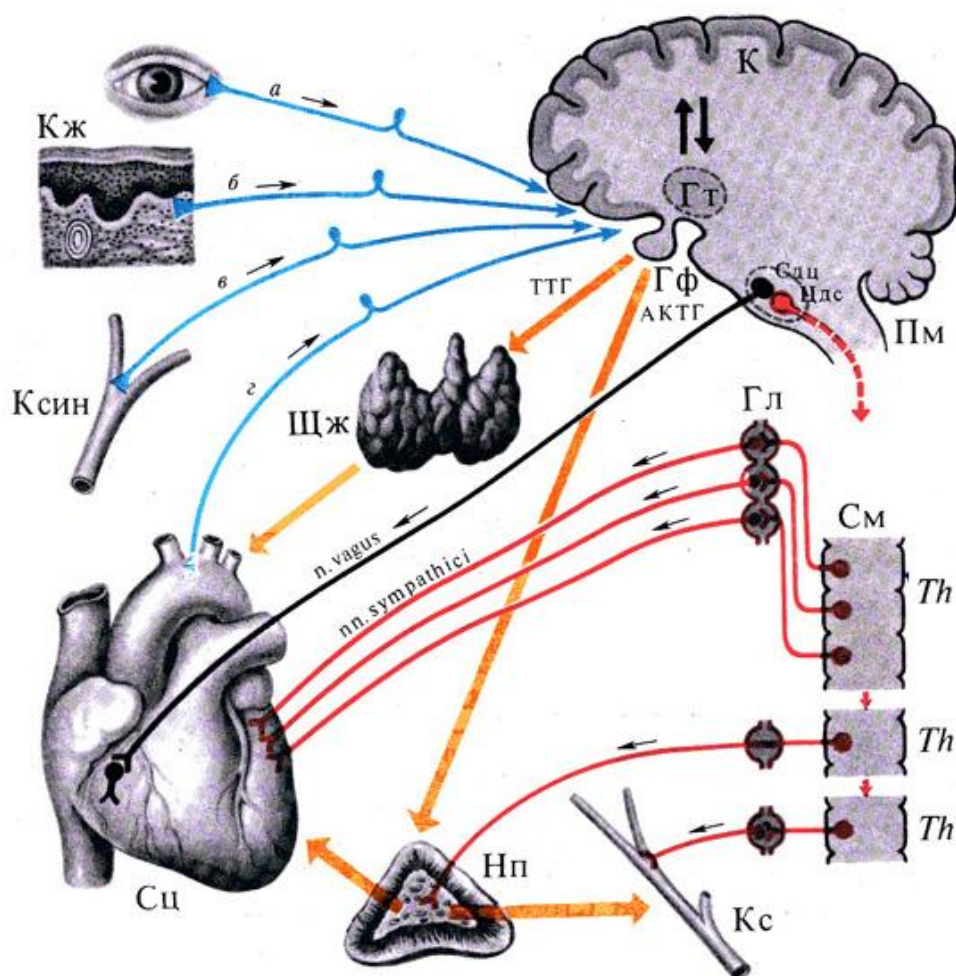


Рис. 30. Гуморальна регуляція роботи серця
 (зображення со вільного доступу інтернет-ресурса
<http://www.bsru.ru/content/page/1415/hec/tchesnokova/03/CH03.htm>)

Адреналин через аденілатциклазну систему забезпечує надання міокарда енергією при розщепленні внутріклеточного глікогена з утворенням глюкози, підвищує проникність клітинних мембран для іонів Ca^{2+} . Глюкагон забезпечує позитивний інотропний ефект шляхом стимуляції аденілатциклази. Тироксин збільшує частоту серцевих скорочень і підвищує чутливість серця до симпатических впливів.

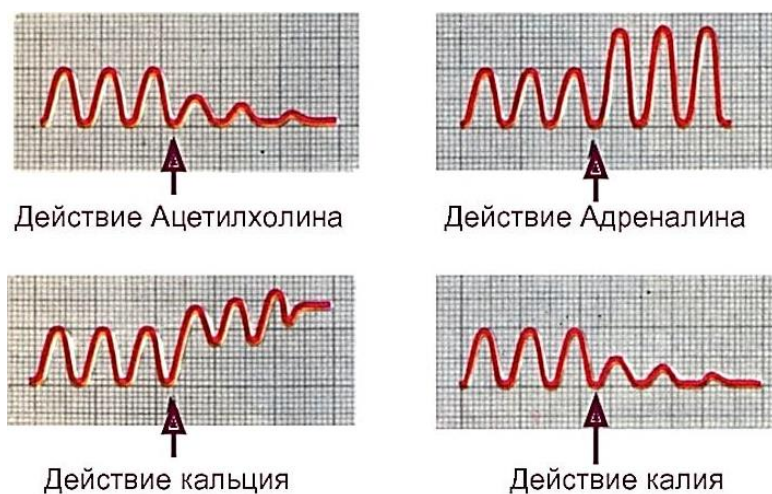


Рис. 31. Вплив гуморальних факторів на серце.
 (ізображення со свободного доступу інтернет-ресурса
<https://www.google.com/search>)

2. КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ

В функциональном отношении все кровеносные сосуды могут быть подразделены на следующие типы: эластичные (амортизирующие) - аорта, легочная артерия; мышечные - крупные и средние артерии, резистивные (сосуды сопротивления) - конечные артерии и артериолы; обменные - капилляры; емкостные - посткапилляры, вены, крупные вены.

Движение крови по сосудам подчиняется закономерностям, в основе которых используются законы гидродинамики. Раздел гидродинамики, изучающий причины, условия и механизмы движения крови в сердечно-сосудистой системе называют *гемодинамикой*.

К факторам, которые определяют ток крови по сосудам следует отнести: давление, сопротивление и скорость.

Силой, создающей начальное давление в сосудистой системе, является сердце. У человека среднего возраста при каждом сокращении сердца в сосудистую систему выталкивается 60-70 мл крови (*систолическое объем*), что в минуту составляет 4-5 л (*минутный объем кровообращения*).

Продвижению крови по сосудам способствует разница давлений в начале и конце большого круга кровообращения (120- 0 мм рт.ст.),

препятствует движению - сопротивление сосудов, которое зависит от длины сосуда, вязкости крови и радиуса сосуда.

2.1. ОСОБЕННОСТИ КРОВОТОКА

Система кровеносных сосудов построена так, что может обеспечить все органы организма необходимыми веществами и кислородом. Обогащение крови кислородом происходит в *малом круге кровообращения*, а *большой круг* способствует транспортировке газов и питательных веществ к органам и тканям.

Большой круг начинается с левой половины сердца. Из левого желудочка кровь поступает в аорту, далее в артерии, артериолы, капилляры - артериальные и венозные, а из них в венулы, вены и попадает в правое предсердие по двум полым венам - передней и задней. С правого желудочка в левое предсердие кровь поступает по малому кругу кровообращения. Венозная кровь идет в легкие легочными артериями, где превращается в артериальную, и возвращается в левую половину сердца по легочным венам.

По назначению кровеносные сосуды делятся на артерии, капилляры и вены. Они образуют замкнутую систему, в которой постоянно движется кровь. Артерии и вены приспособлены в основном для перемещения крови, а капилляры способствуют обмену веществ и газов между тканями и кровью.

К **артериям** принадлежат аорта, артерии среднего диаметра и артериолы. Эти сосуды богаты эластичными волокнами, которые позволяют артериям значительно расширяться во время систолы сердца, когда они принимают систолический объем крови. Во время диастолы сосуды возвращаются в прежнее состояние благодаря эластичности. Эта особенность артерий очень важна, потому что предотвращает резкое повышение давления крови и обеспечивает непрерывность движения крови во время диастолы. В артериях хорошо развит слой гладких мышц, которые поддерживают постоянный тонус стенок этих сосудов. Благодаря нервным импульсам и гуморальным факторам тонус гладких мышц артерий изменяется, что способствует приспособлению просвета сосудов к потребностям того или иного органа в крови.

Артериолы - сосуды диаметром 15-70 мкм - являются конечными разветвлениями артерий. Они превращаются в капилляры, но часть их в

различных органах и тканях переходит непосредственно в вены, соединяясь артериовенозными анастомозами, способными закрываться, когда орган находится в состоянии активности. В результате ткани быстро снабжаются кровью. Артериолы имеют хорошо развитые кольцевые гладкие мышцы, за счет которых их просвет может уменьшаться и этим создавать значительное сопротивление движению крови, отчего эти сосуды называются *резистивными*. Артериолы выполняют три функции: транспортируют кровь, изменяют давление крови в организме и регулируют снабжение крови различным органом. Сужаясь, они ухудшают кровоснабжение того или иного органа, расширяясь - улучшают его. Капилляры тоже оказывают сопротивление кровотоку, но несколько меньше, чем артериолы. Вместе они создают значительное сопротивление, на преодоление которого сердце тратит 85% энергии, в то время как на движение крови в аорте и артериях приходится всего 10%. Остальная часть его энергии используется на выталкивание крови из желудочков.

Капилляры, являющиеся продолжением артериол, называются **прекапиллярами**. Они разветвляются на еще более мелкие сосуды - собственно капилляры, переходящие в вены. Прекапилляры обеспечены гладкими мышцами, которые выполняют роль сфинктеров. Эти образования могут останавливать движение крови, и поэтому в период низкой активности органа значительная часть (4/5) капилляров становится недействующей. В это время кровь течет по артериовенозным анастомозам прямо в вены. Когда активность органа растет, закрываются сфинктеры анастомозов и открываются прекапиллярные сфинктеры, в результате чего начинают функционировать все капилляры.

Капилляры - тончайшие сосуды. их диаметр составляет 5-7 мкм, а длина 0,5-1,1 мм. Они состоят из тонкого слоя эндотелиальных клеток, окруженных тонким слоем соединительной ткани. В органах с повышенной деятельностью капиллярная сетка почти в два раза гуще, чем у других. Так, общая площадь капилляров у свиньи составляет 6-7 тыс. м². По длине их хватило бы опоясать земной шар 2,5 раза. Такая площадь и длина капилляров способствуют быстрому обмену веществ и газов в тканях. В артериальной части капилляров давление крови значительное, а онкотическое давление пониженное, поэтому вода и растворимые в ней вещества из плазмы перемещаются в межклеточную жидкость. Белки

крови, обеспечивающие онкотическое давление, удерживают воду. Поэтому повышение онкотического давления в венозных концах капилляров и уменьшения давления крови способствует возвращению воды в кровеносное русло.

Таким образом, межклеточная жидкость постоянно обновляется, часть воды попадающая в межклеточные пространства, возвращается в кровь через лимфатическую систему. Кроме того, клетки эндотелия капилляров способны активно влиять на некоторые вещества крови в межклеточную жидкость даже против концентрационного градиента. Проницаемость капилляров в значительной степени зависит от гиалуроновой кислоты, которая участвует в образовании межклеточного цемента. На уровне капилляров, благодаря разности давлений кислорода и углекислого газа в крови и тканях, очень быстро происходит обмен этих газов.

Вен в организме почти в два раза больше, чем артерий, поэтому давление и скорость тока крови в них меньше. Как следствие, эластичные и мышечные элементы в венах развиты слабее, стенки их тонкие. Именно поэтому они проявляют меньшее сопротивление на механическое сжатие. Только полые вены в своей основе у сердца имеют развитую мускулатуру, которая обеспечивает ритмичное сокращение их, а кольцевые мышцы, сокращаясь, закрывают просвет вен во время систолы предсердий, предотвращая возвращению крови в вены. Благодаря низкой резистивности вен даже значительное увеличение объема крови в венозной системе не вызывает повышения кровяного давления. Если бы объем крови увеличился в 3 раза, то кровяное давление в венах повысилось бы лишь на 5 мм рт. ст. Такая зависимость касается сосудов малого круга кровообращения, где также может собираться значительное количество крови.

Кровь из капилляров поступает в вены. Гладкие мышцы этих сосудов могут перекрывать их просвет. В этих случаях в органах может накапливаться много крови. Увеличение количества крови за счет перекрытия венул особенно заметно в таких органах, как печень, легкие, селезенка, кожа и сосуды брюшной полости. Эти органы называют **депо крови**. Так, сосуды брюшной полости могут вместить около 45% всей крови. Резервная кровь этих органов при необходимости выходит в кровеносное русло с помощью рефлекторных и гуморальных механизмов

регуляции. Большинство вен имеют клапаны, которые направляют движение крови от капилляров к сердцу. Особенно много этих клапанов в венах конечностей, они хорошо развиты.

Движение крови по венам обеспечивается тремя факторами:

1. Значительное количество вен находится между мышцами, преимущественно скелетными. При сокращении они нажимают на вены и вытесняют кровь, обеспечивая ее движение, направляющееся к сердцу клапанами.

2. Второй фактор обусловлен разницей давления крови. В венах и средних венах оно больше, чем в устьях полых вен, где оно бывает даже отрицательным.

3. Кровь по венам движется благодаря присасывающему действию сердца и грудной клетки. Это в свою очередь обусловлено отрицательным давлением в плевральной полости и снижением давления в грудной полости в фазе вдоха.

Кровь движется по замкнутому кровеносном руслу с места, где ее давление больше (дуга аорты), до устья полых вен, где оно равно нулю. Давление крови в сосудах снижается по мере удаления от сердца, потому что их общий просвет увеличивается за счет разветвления на мелкие сосуды. Кровеносное русло узкое на уровне аорты и широкое на уровне капилляров. Просвет аорты в 500 раз уже чем общий просвет капилляров. Часть кровяного давления расходуется на трение частиц крови между собой и стенками сосудов, а также на растяжение их эластических волокон. Эластичность артериальных кровеносных сосудов создает особенность движения крови, придавая ему пульсирующего характера. Это касается только артериальных сосудов. В момент систолы скорость тока крови в них повышается, а во время диастолы – замедляется. В венах кровь течет равномерно.

Таким образом, градиент давления, образующийся в начале и конце большого круга кровообращения, особенности строения клапанного аппарата сердца и вен обеспечивают движение крови по сосудам только в одном направлении. Непрерывность движения крови зависит от эластичности, растяжимости и сократимости сосудов.

Почти во всех отделах сосудистой системы кровотоки носят ламинарный характер - кровь движется отдельными слоями параллельно оси сосуда. Наряду с ламинарным в сосудистой системе существует

турбулентное движение крови с характерным завихрением. Такой вид движения возникает в местах разветвлений и сужений артерий, в участках изгибов сосудов.

2.2. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ГЕМОДИНАМІКИ

Основными показателями гемодинамики являются: объемная скорость кровотока, линейная скорость движения крови, скорость кругооборота крови, давление в разных участках сосудистой системы.

Объемная скорость кровотока характеризуется количеством крови, проходящей через поперечное сечение любого участка кровеносной системы в единицу времени. Замкнутость кровеносных сосудов свидетельствует, что эта скорость одинакова на всех участках, то есть через общий просвет капилляров и поперечное сечение аорты протекает одинаковое количество крови за единицу времени.

В различных органах она разная (например, в сосудах мозга около 750 мл/мин, почках - 1200 мл/мин) и меняется в зависимости от функционального состояния органа. Объемная скорость крови может увеличиваться или уменьшаться в каком-то определенном органе в зависимости от его активности.

Линейная скорость кровотока характеризуется длиной кровеносной системы, которую кровь протекает за единицу времени при ламинарном кровотоке. Выражается в м/с. Она обратно пропорциональна просвету сосудов. Линейная скорость различна в отдельных участках сосудистого русла - в аорте - 0,20 м /сек, артериях - 0,3-0,5 м /сек, в капиллярах - 0,03 см /сек, в венах - 1-5 см /с. Эритроцит проходит капилляр за 1 с, а 1 мм³ крови - за 4-6 ч. Все это способствует быстрому обмену веществ.

В венах скорость течения крови постепенно увеличивается до 33 см/с, поскольку они объединяются в две полые вены. В этих венах скорость течения крови зависит еще от дыхательных движений грудной клетки. Во время вдоха она ускоряется, а при выдохе замедляется. В средних венах кровь течет со скоростью 6-14 см /с. Таким образом, скорость течения крови в венах примерно в 2 раза меньше, чем в артериях, которых в организме почти в 2 раза меньше, чем вен.

Время, за которое частица крови проходит определенный участок кровеносной системы, называется **временем течения крови**, его

определяют с помощью нейтральных красок или фармакологических веществ, которые вводят внутривенно. Например, такое вещество, как лобелин, возбуждающий дыхательный центр и повышающий частоту дыхания, вводят в бедренную вену и отмечают время. Этот препарат с кровью проходит заднюю полую вену, правое предсердие и желудочек, малый круг кровообращения, левое предсердие и желудочек, попадает в аорту, сонную артерию, достигнув таким образом продолговатого мозга, где находится дыхательный центр, и меняет частоту дыхания. Так определяют время тока крови в определенном участке кровеносной системы. Подобным способом с помощью красок можно определить время полного хода крови по двум кругам кровообращения.

Скорость кругооборота крови отражает время, за которое форменные элементы крови проходят большой и малый круг кровообращения. В среднем она равна 14-20 сек. Показателем того, что кровь прошла два круга кровообращения, есть появление краски в вене, симметричной той, в которую вводили краску.

Для определения времени кровотока применяют и другие методы: плетизмографию, ультразвук и метод меченых атомов с использованием изотопов, в частности натрия.

Давление крови. Под давлением крови следует понимать ее давление на стенки кровеносных сосудов. Оно обусловлено работой сердца и зависит от многих факторов - количества крови, периодического сокращения сердца, изменения просвета и эластичности кровеносных сосудов, дыхательных движений, активности организма и возраста. Кровяное давление также зависит от пола, времени суток, состояния центральной нервной системы, физических нагрузок, эмоций и т.д. Выход крови из органов-депо увеличивает ее количество в кровеносном русле и вызывает повышение кровяного давления. Напротив, потеря крови при кровотечениях, особенно внезапных, приводит к снижению давления крови. При незначительных кровотечениях объем крови и ее давление поддерживаются на определенном уровне за счет межклеточной жидкости, поступающей в кровеносное русло. Давление крови повышается в момент систолы сердца (систолическое или максимальное давление) и снижается во время диастолы (диастолическое или минимальное давление).

Величину артериального давления во время систолы характеризуют как *систолическое* или *максимальное*. У человека среднего возраста оно составляет 110-130 мм рт.ст. Во время диастолы величина давления находится в пределах 65-80 мм рт. ст. и называется *диастолическим (минимальным)*.

Разницу между систолическим и диастолическим давлением называют *пульсовым давлением*. Оно пропорционально объему крови, выбрасываемого сердцем при каждой систоле.

По мере продвижения по сосудам давление меняется. Если в аорте оно равно 120-130 мм рт.ст., в артериях 100-120, артериолах - 40-80, капиллярах - 20-40, венах - 10-5-0 мм рт.ст.

Кроме этих видов давления существует еще так называемое *среднее артериальное давление*. Оно представляет собой равнодействующую колебаний артериального давления в различные фазы сердечного цикла, то есть средний размер давления без пульсовых колебаний. Среднее артериальное давление - среднее давление в сосуде во время сердечного цикла, определяющее адекватность перфузии органов.

Среднее артериальное давление можно приблизительно вычислить по формуле: $\text{Среднее АД} = (\text{Сист. АД} - \text{Диаст. АД})/3 + \text{Диаст. АД}$.

Другим, не менее важным фактором, определяющим размер кровяного давления, является периферическое сопротивление сосудистого русла. Сопротивление зависит в основном от диаметра прекапиллярных сосудов - мелких артерий и артериол.

Наконец, объем циркулирующей крови и ее вязкость также важны для размера кровяного давления. Большие кровопотери приводят к снижению кровяного давления, переливание больших количеств крови повышает артериальное давление.

Артериальное давление зависит от эмоционального и физического напряжения, при развитии которых оно повышается. В других случаях повышение кровяного давления может быть связано с патологическими реакциями.

Чаще всего артериальное давление измеряют по методу Н.С.Короткова (*аускультативный*) (Рис.32). Для измерения давления применяют простой прибор, состоящий из механического манометра, манжеты с грушей и фонендоскопа. Принцип метода основан на полном

сжатии манжеты плечевой артерии и выслушивании тонов, возникающих при медленном выпуске воздуха из манжеты (систолическое давление) и их исчезновении (диастолическое давление).

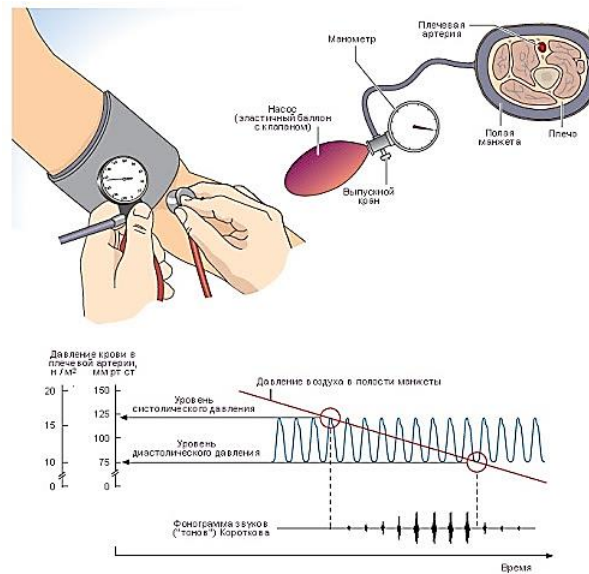


Рис. 32. Вимірювання артеріального тиску.

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://helpiks.org/5-62017.html>)

2.3. АРТЕРИАЛЬНЫЙ ПУЛЬС И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Под **пульсом** понимают периодические, синхронные с систолой колебания стенок периферических артерий и тканей, расположенных над ними, связанные с динамикой их кровенаполнения в течение одного сердечного цикла.

Пульсовая волна возникает в аорте в момент изгнания крови из желудочков, когда давление в аорте резко повышается и ее стенка растягивается. Волна колебания сосудистой стенки распространяется на артериолы и капилляры и там угасает. Скорость распространения пульсовой волны не зависит от скорости течения крови (если максимальная скорость течения крови до 0,5 м/сек, то *скорость распространения пульсовой волны до 3,0-15,0 м/сек*).

Для исследования пульса обычно используют лучевую (a. radialis) артерию. Она имеет идеальные условия для пальпации - доступна на длительных участках, расположена поверхностно, под артерией находится лучевая кость, позволяет прижать к ней артерию для

определения ряда характеристик пульса. В случае необходимости можно определять пульс на височных, сонной артериях, на ногах - на *a. dorsalis pedis*. Оценку пульса делают сначала одновременно на двух руках, при отсутствии разницы - продолжают на одной.

Как правило, исследуют 6 основных характеристик пульса:

Частота - это количество пульсовых волн в минуту. В норме частота пульса у взрослого человека находится в пределах 60-80 ударов. Увеличение частоты пульса более 80 называется **тахисфигмией** (*частый пульс*). Она может возникнуть при физиологических условиях - в результате физической нагрузки или эмоционального напряжения, при употреблении кофе, курении. Патологическая тахисфигмия является признаком многих заболеваний - миокардита, эндокардита, тиреотоксикоз, анемии. Стоит помнить, что рост температуры тела на 1⁰С приводит к увеличению частоты пульса у детей на 15-20, а у взрослых в среднем на 10 ударов.

В норме у новорожденных пульс составляет 130-140 ударов в минуту, в 1 год - 120-130, в 5 лет - около 100, в 7 лет - около 90, в 15-16 лет приближается к норме взрослых. Если частота пульса менее 60 - наблюдается **брадисфигмия** (*редкий пульс*). Физиологическая брадисфигмия является признаком ваготонии, бывает у спортсменов, во время сна. Патологическая брадисфигмия наблюдается при поперечной блокаде проводящей системы сердца, снижении функции щитовидной железы, увеличении внутричерепного давления.

Ритм пульса определяется наличием одинаковых интервалов между очередными пульсовыми толчками, - в таком случае его называют *ритмическим* или *регулярным*. В другом случае пульс считается *неритмичным* (*нерегулярным*). Неритмичный пульс может возникнуть у практически здорового человека при интенсивной физической работе, термических процедурах (в сауне, бане). Патологический вариант - аритмия, может проявляться в виде экстрасистолии, мерцательной аритмии, пароксизмальной тахикардии.

Напряжение пульса - это свойство, которое дает информацию о состоянии сосудистой системы. Оно отражает степень сопротивления сосудистой стенки при сжатии ее пальцами. Резко напряженный пульс, когда он становится *твердым*, является характерным признаком гипертонической болезни или склероза артерий. Снижение напряжения,

когда легко сжать сосуд пальцами свидетельствует о падении напряжения в сосудистой системе (*мягкий* пульс).

Наполнение пульса - свойство, по которой мы можем судить об уровне артериального давления. Чем больше систолическое давление, объем циркулирующей крови, тем сильнее наполнение. Такой пульс называется *полным*. При острой сосудистой недостаточности, сопровождаемой резким падением давления, пульс становится *пустым*. При массивном кровотечении, коллапсе, шоке пульс нитевидный (сочетается с тахисфигмией, плохим наполнением и напряжением).



Рис. 33. Запись пульса на сонной артерии (сфигмограмма)

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса

<https://studfile.net/preview/5110357/page:39/>):

- 1 – анакрота (возникает в результате повышения давления и возникшего растяжения стенок артерий под влияние выброса крови из сердца в начале фазы изгнания);
- 2 - катакрота (возникает в результате падения давления в желудочках в конце систолы);
- 3 – дикротический подъем (возникает при ударе волны крови об закрытые полулунные клапаны, что приводит к повторной волне повышения давления)
- 4 – инцизура (соответствует закрытию аортального клапана).

Скорость - это характеристика, которая определяется при графической регистрации пульса (выражает интенсивность, с которой повышается давление в артерии во время подъема пульсовой волны и снова снижается во время спада). Различают *быстрый* пульс - при физической работе, недостаточности аортального клапана; *медленный* пульс - при обмороке, при сужении аортального устья.

Высота - также определяется при графической регистрации. Характеризует крутизну подъема анакроты. Пульс может быть *высокий* и *низкий*.

Метод графической регистрации артериального пульса называется **сфигмографией** (Рис.33,34.). На сфигмограмме аорты и крупных артерий

различают начальный резкий подъем кривой - *анакроту*. Она связана с открытием полулунных клапанов во время систолы желудочков, когда кровь с силой выбрасывается в аорту и растягивает ее стенки. Соответствует фазе быстрого изгнания крови. Далее формируется более плавный спад пульсовой волны - *катакрота*. Она возникает в конце систолы желудочков и соответствует фазе медленного изгнания крови из них и заканчивается диастолой желудочков. Нисходящее колено этой части имеет *выемку (инцизуру)* и дополнительную волну - *дикроту* (или дикротический подъем). Она по времени совпадает с моментом закрытия полулунных клапанов и возникновением обратной волны тока крови. В периферических артериях анакротичное колено кривой более плавное, дикротический подъем выражен меньше.



Рис. 34. Образцы сфигмограмм центрального и периферического пульса
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
<https://studall.org/all-109178.html>)

2.4. КАПИЛЛЯРНЫЙ КРОВОТОК.

Кровеносные капилляры являются самыми тонкими и многочисленными сосудами. Их функция заключается в обеспечении транскапиллярного обмена - снабжение клеток питательными веществами и удалении продуктов метаболизма. Для осуществления этих процессов необходим ряд условий: определенная скорость кровотока в капилляре, размер гидростатического и онкотического давления, проницаемость стенки капилляра. Скорость кровотока в среднем составляет 0,5-1,0 мм/сек, время контакта эритроцита со стенкой капилляра длиной 100 мкм не больше 0,15 сек. В среднем эритроцит находится в капилляре 1 сек.

Движение жидкости через капиллярную стенку происходит в результате разности гидростатического давления крови и окружающей ткани, а также под действием разности онкотического давления крови и межклеточной жидкости. Процесс фильтрации из капилляров в межклеточную жидкость осуществляется под давлением около 7 мм рт.ст., а обратное движение в просвет капилляра - 8 мм рт.ст. Т.о., скорость фильтрации жидкости в итоге практически равна скорости ее реабсорбции. При увеличении гидростатического давления в капиллярах происходит усиление фильтрации воды из капилляра, в результате в тканевых пространствах повышается гидростатическое и снижается онкотическое давление. Если онкотическое давление снижено (например, при белковом голодании), то преобладает давление фильтрации и жидкость поступает в ткани, вызывая развитие отеков.

Большую роль в перераспределении кровотока в капиллярной сети выполняют прекапиллярные сфинктеры и артериоло-венулярные анастомозы. Они существуют почти во всех органах и влияют на скорость и объем кровотока в капиллярах.

Существует понятие *капиллярного пульса* (пульс Квинке) или псевдопульса - ритмическое колебание мелких артериол при систоле. Его легко обнаружить при приложении стеклянной пластинки к губам. Этот пульс наблюдается при аортальной недостаточности, тиреотоксикозе.

2.5. ВЕНОЗНЫЙ КРОВОТОК

Вены являются емкостными сосудами, обладающие наибольшей растяжимостью и относительно низкой эластичностью. Их внутренняя поверхность снабжена клапанами (за исключением мелких венул, вен портальной системы и полых вен), способствующими движению крови к сердцу и препятствующими ее движению обратно. Одновременно они охраняют сердце от излишней затраты энергии на преодоление колебательных движений крови. Несмотря на то, что давление в венах достаточно низкое, скорость кровотока значительна. В основе этого лежат следующие механизмы: разница давления в артериальном и венозном концах системы кровообращения, остаточная сила сердца, присасывающее действие грудной клетки (дыхательный насос), сокращение скелетных мышц (мышечный насос), давление диафрагмы.

Колебания давления и объема в венах за время одного сердечного цикла, связанные с динамикой оттока крови в правое предсердие в разные фазы систолы и диастолы называется **венным пульсом**. Эти колебания передаются ретроградно и их можно обнаружить в больших, близко расположенных к сердцу венах - обычно в полых и яремных. Скорость распространения пульсовой волны составляет 1-3 м/с. Происхождение пульсовой волны венозного пульса другое, чем артериального. Причиной венозного пульса является прекращение оттока крови из вен к сердцу во время систолы предсердий и желудочков. В этот момент движение крови в крупных венах задерживается и давление в них возрастает.

Исследуют венозный пульс путем осмотра и **методом флебографии** с регистрацией флебограммы.

Нормальная флебограмма (Рис. 35.) состоит из трех положительных волн - **а, с, v** - то есть, когда имеет место наполнение вен и двух отрицательных **х, у** - когда наблюдается спадение вен.

Волна **а** - *предсердная* - обусловленная сокращением правого предсердия, во время чего прекращается отток крови из вен.

Волна **с** - обусловленная передачей пульсации сонной артерии на вену в начале систолы.

Волна **х** - возникает во время систолы желудочков, когда наполняется правое предсердие и вены опорожняются и спадаются.

Волна **v** - *желудочковая* - возникает при наполненных предсердиях кровью, препятствуя опорожнению вен. Происходит при изометрическом расслаблении желудочков.

Волна **у** - обусловлена поступлением крови в правое предсердие, в результате чего возникает спадение вен.

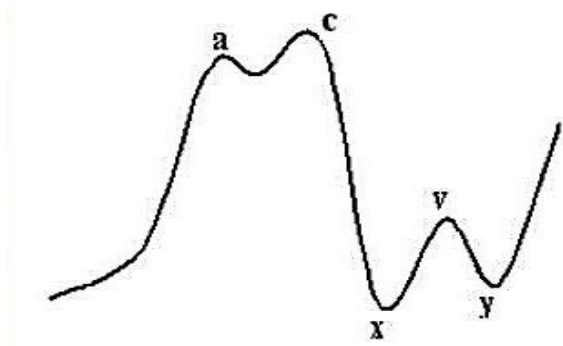


Рис.35 Флебограмма (объяснения в тексте)
(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
<https://svitppt.com.ua/medicina/fiziologiya-sudin.html>)

2.6. РЕГУЛЯЦИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Динамично меняющиеся соотношения между работой сердца, сопротивлением и емкостью сосудистого русла и количеством циркулирующей крови, обеспечивается сложной системой регуляторных механизмов. Практически невозможно разделить регуляцию сердца и сосудов, за исключением отдельных местных механизмов регуляции кровообращения.

На местном уровне продукты, образующиеся в процессе метаболизма, могут расширять прекапиллярные артериолы и увеличивать количество открытых функционирующих капилляров относительно деятельности органа. Например, при усилении деятельности скелетных мышц образования АТФ сначала недостаточно, но увеличивается количество продуктов его распада (АДФ, АМФ). Их избыток активирует ресинтез АТФ, возникающий избыток аденозина, приводит в конечном счете к расслаблению стенок сосудов, что влечет за собой увеличение кислородного снабжения мышцы и увеличение синтеза АТФ.

Снижение тонуса гладких мышц сосудов микроциркуляторного русла и возникающее расширение сосудов происходит под влиянием ряда других продуктов метаболизма (например, ионов H^+ , кислых продуктов обмена, низкого напряжения кислорода и высокого - CO_2). Важную роль в местных перераспределительных реакциях кровообращения играют такие биологически активные вещества как кинины, простагландины, гистамин.

Гладкие мышцы стенок сосудов никогда не бывают полностью расслаблены, они всегда находятся в состоянии тонического напряжения. Оно обеспечивается как чисто миогенными факторами - это базальный тонус, так и нейрогуморальными.

В основе **базального тонуса** лежит способность некоторых гладкомышечных клеток сосудов к спонтанной активности и распространению возбуждения от клетки к клетке с формированием ритмических колебаний тонуса. Это особенно отчетливо проявляется в артериолах, метаартериолах, прекапиллярных сфинктерах. Этот тонус неодинаков для различных участков сосудистого русла. Он больше выражен в сосудах органов с высоким уровнем метаболизма. Благодаря наличию базального тонуса сосуды некоторых участков могут

поддерживать объемную скорость кровотока на постоянном уровне независимо от колебаний системного артериального давления (почки, сердце, мозг).

Однако местные механизмы регуляции кровообращения недостаточны для того, чтобы обеспечить быстрые и значительные изменения кровообращения, особенно возникающие в процессе приспособления организма к изменениям среды. Они осуществляется рефлекторными и гуморальными механизмами регуляции сосудистого тонуса.

Рефлекторная регуляция сосудистого тонуса осуществляется за счет совокупности нервных структур - *сосудодвигательного центра*. Структуры, относящиеся к этому центру, локализируются в спинном, продолговатом мозге, гипоталамусе, коре больших полушарий (рис.34.).

В спинном мозге в области боковых рогов располагаются нейроны симпатического отдела вегетативной нервной системы, иннервирующие кровеносные сосуды.

На уровне **продолговатого мозга** к сосудодвигательному центру относят нейроны, расположенные на дне четвертого желудочка в вентромедиальных и дорсолатеральных участках. Они подразделяются на депрессорные и прессорные зоны.

Депрессорная зона (вентромедиальная) способствует снижению артериального давления путем уменьшения активности симпатических сосудосуживающих волокон и ослабления симпатических влияний на сердце. *Прессорная (дорсолатеральная)* оказывает прямо противоположное воздействие.

В гипоталамусе, высшем подкорковом центре, также выделяют прессорный и депрессорный отделы. На этом уровне осуществляется коррекция гемодинамики в зависимости от изменений обменных процессов.

Кора больших полушарий также участвует в формировании рефлекторной регуляции деятельности сердца и сосудов. Чаще всего она обеспечивает нисходящее влияние на центры гипоталамуса и продолговатого мозга. Возможно также прямое влияние отделов коры на нейроны вегетативной нервной системы в спинном мозге и непосредственно в сосудах.

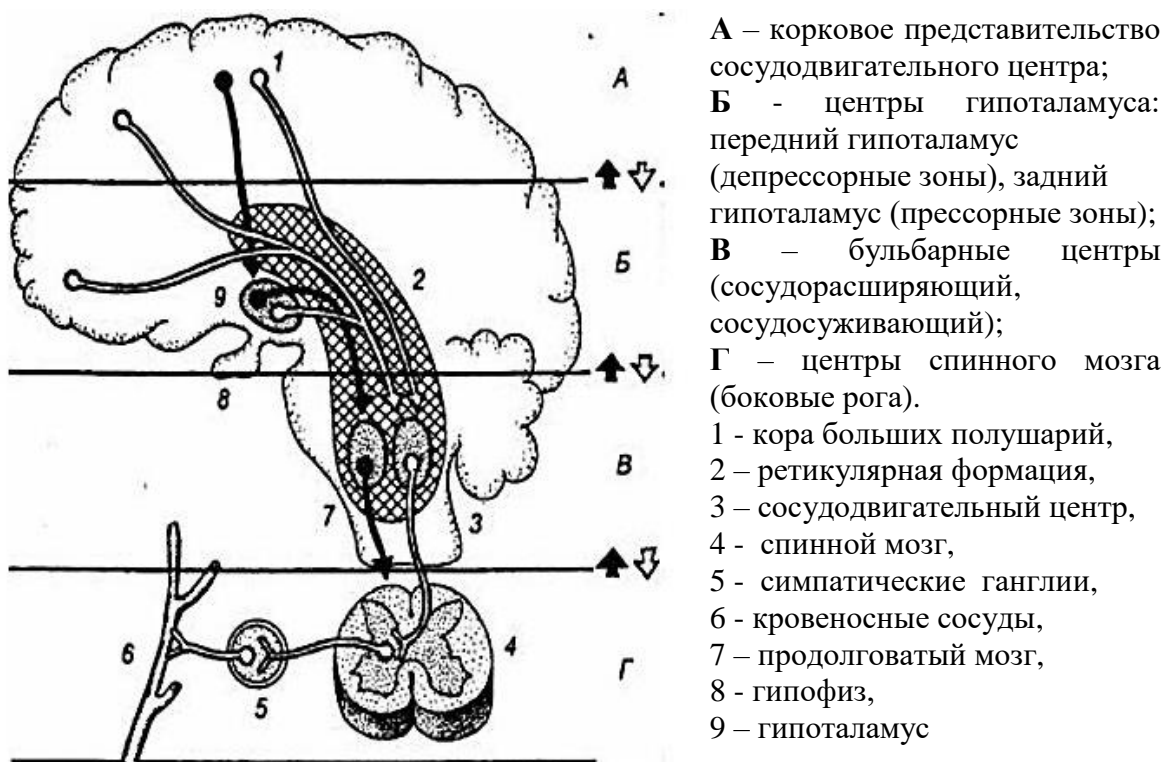


Рис.36. Локализация структур сосудодвигательного (вазомоторного) центра

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса <https://ppt-online.org/556411>)

Рефлекторная регуляция кровообращения обеспечивается рефлексами, возникающими от различных **рецептивных зон**. Выделяют *собственные* и *сопряженные* рефлексы системы кровообращения. **Собственные** - это рефлексы, которые начинаются и заканчиваются в пределах данной системы (сосудах, сердце). Они подразделяются на *прессорецептивные*, началом которых является раздражение прессо- или барорецепторов различных рефлексогенных зон, и *хеморецептивные*, возникающие в результате раздражения хеморецепторов, чувствительных к изменению химического состава крови.

Прессорецептивные рефлексы берут свое начало от различных рецептивных зон сосудов, в основном от синокаротидной зоны, участка дуги аорты, легочной артерии, безымянной артерии. При повышении кровяного давления в этих зонах с 80 мм рт. ст. до 170 мм рт. ст. происходит раздражение прессорецепторов. Аfferентные импульсы от прессорецепторов поступают в продолговатый мозг, где из-за возбуждения депрессорного отдела центра регуляции кровообращения

тормозится пресорний. В результате ослабевает импульсация симпатических нервов, что приводит к снижению работы сердца, тонуса сосудов и снижению общего артериального давления. В случае снижения давления происходит уменьшение импульсации от прессорецепторов рефлексогенных зон сосудов. В результате происходит активация прессорного отдела сосудодвигательного центра, торможение через интернейрон депрессорного отдела. Эффекторное влияние обеспечивают симпатические нервы.

Хеморецептивные рефлексы начинаются от хеморецепторов, в большом количестве также сосредоточены в тех же рефлексогенных зонах (в частности, каротидный и аортальный клубочки). Эти рецепторы реагируют на снижение напряжения O_2 , повышения напряжения CO_2 и увеличение концентрации H^+ в крови. От этих рецепторов импульсы поступают в продолговатый мозг и влияют на симпатические и парасимпатические структуры. Стимуляция симпатических структур вызывает сужение сосудов, парасимпатических - снижение частоты сердечных сокращений, уменьшения сердечного выброса. Несоответствие реакции сосудов изменению сердечного выброса приводит к суммарному росту давления крови. В результате происходит усиление кровообращения и улучшение доставки O_2 к тканям.

Сопряженные рефлексы - это рефлекторные акты, началом которых является раздражение самых разных рецепторов (проприо-, интеро-, экстерорецепторы). Поэтому все эти рефлексы можно разделить на три группы.

Проприоцептивные рефлексы возникают при работе опорно-двигательного аппарата (мышцы, сухожилия, н. связь, суставов) во время физической нагрузки. От этих рецепторов информация в конечном счете попадает в пресорний отдел центра регуляции кровообращения. В результате *растет работа сердца и сосудов*. Этим объясняется повышение кровяного давления и частоты сердечных сокращений при физических нагрузках.

Многочисленная группа **интероцептивных рефлексов**, которые могут начинаться от самых разных внутренних органов и вызывать изменение работы сердца и тонус сосудов. Например, **эпигастральный рефлекс**, воспроизводящийся нажатием на эпигастральную область, сопровождается *снижением деятельности сердца и падением кровяного*

давления, так как информация от этой рецептивной зоны (рецепторы брюшины) поступает в депрессорный отдел центра сердечно-сосудистой регуляции.

К *экстероцептивным рефлексам* относится многочисленная группа рефлекторных актов, возникающих при раздражении поверхности тела (тактильные, температурные, болевые).

Сопряженные рефлексы дают возможность системе кровообращения быстро и адекватно приспособливаться к меняющимся условиям внутренней и внешней среды.

Как мы отмечали, главными сосудосуживающими элементами, влияющими на тонус сосудов, есть симпатические нервные волокна. Они постоянно находятся в состоянии тонического возбуждения. Однако, если по этим нервным волокнам поступление информации прекращается, то наступает расширение сосудов (дилатация), которое в то же время не является безграничным, потому что сдерживается базальным тонусом сосудов.

Кроме констрикторных существуют специальные волокна, возбуждение которых сопровождается вазодилатацией. Например, стимуляция ветви язычного нерва (барабанная струна), идущей к подчелюстной слюнной железе, вызывает расширение сосудов этой железы. Аналогичный эффект возникает и при стимуляции языкоглоточного, верхнегортанного и тазового нервов (все они парасимпатические). Однако, это вовсе не означает, что все вазодилататоры относятся к парасимпатической нервной системе. Возбуждение симпатических нервов может привести к расширению сосудов сердца и скелетных мышц. Есть сосудорасширяющее волокна и в соматических нервах, например, в ягодичном.

Гуморальная регуляция сосудистого тонуса связана в основном с мозговым и корковым слоем надпочечников, гипоталамусом и юкстагломерулярным аппаратом почек.

Гормоны мозгового слоя надпочечников - адреналин и норадреналин обладают наиболее выраженным сосудистым действием. На артерии и артериолы кожи, органов пищеварения, почек и легких адреналин оказывает сосудосуживающее влияние; на сосуды скелетных мышц, гладкой мускулатуры бронхов - расширяющее. Подобным действием обладает норадреналин. Их влияние не сосудистую стенку

определяется существованием различных типов **адренорецепторов** - α и β . В сосудах оба типа рецепторов. Взаимодействие медиатора с α -адренорецептором ведет к сокращению стенки сосуда, с β -рецепторами - к расслаблению. Норадреналин взаимодействует преимущественно с α -адренорецепторами, адреналин - с α - и β -рецепторами.

Гормон коркового слоя надпочечников - альдостерон усиливает обратное всасывание натрия в почках, слюнных железах, пищеварительной системе. Накопление натрия в мышечной стенке артерий приводит к их спазму, повышению артериального давления. Альдостерон также изменяет чувствительность стенок сосудов к воздействию адреналина и норадреналина.

Гормон гипоталамуса - вазопрессин вызывает сужение артерий и артериол брюшной полости и легких и стимулирует выход из коры надпочечников альдостерона.

Клетки юкстагломерулярного аппарата производят гормон *ренин*, который действует на ангиотензиноген (глобулин плазмы крови) и превращает его в ангиотензин-1. Последний под влиянием особого фермента легких, почек, мозга - *карбоксикапепсина* превращается в *ангиотензин-2*. Под влиянием этого вещества наступает вазоконстрикция, в результате чего уменьшается кровоток в почках, кишечнике, коже. Кроме того, ангиотензин-2 способен усиливать действие адреналина и норадреналина. Натрийуретический гормон предсердий вызывает повышение выделения из организма Na^+ и воды, снижение артериального давления.

На тонус сосудов существенное влияние оказывает также большая группа биологически активных веществ. *Гистамин* расширяет сосуды сердца, печени, кишечника; вызывает реакцию покраснения кожи; при его введении в организм возникает резкое снижение артериального давления. *Серотонин* на тонус сосудов влияет как прямо, так и путем рефлекторного воздействия; в первом случае при воздействии на гладкую мускулатуру приводит к спазму сосудов и повышению артериального давления, во втором - воздействие на рефлексогенные зоны вызывает гипертензию. *Брадикинин* образуется в плазме крови, особенно много его в подчелюстной и поджелудочной железах - расширяет сосуды кожи, скелетных мышц, мозговые и коронарные сосуды. Различные простагландины могут вызвать диаметрально противоположные

эффекты - сокращать стенки кровеносных сосудов и повышать артериальное давление, а также вызвать расширение сосудов с гипотензивным эффектом.

3. ОСОБЕННОСТИ КРОВООБРАЩЕНИЯ И РЕГУЛЯЦИИ В ОТДЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ

3.1. КРОВООБРАЩЕНИЕ В СЕРДЦЕ

Кровообращение в сердце осуществляется за счет коронарных артерий, большого количества капилляров и несосудистых каналов. Условия циркуляции крови в коронарных сосудах значительно отличаются от условий циркуляции в сосудах других органов тела. В момент систолического напряжения желудочков сердечная мышца сжимает сосуды, находящиеся в ней, поэтому кровоток ослабляется, доставка кислорода к тканям снижается. Сразу же после систолы кровоснабжение сердца увеличивается. Поток крови в коронарных сосудах может меняться и в зависимости от давления в аорте, в то же время, благодаря механизмам регуляции он может расти при постоянстве артериального давления.

Нервная регуляция коронарного кровообращения остается во многом не исследуемой. Основная регулирующая роль взаимодействия природных симпатических и парасимпатических влияний состоит в быстром и адекватном приспособлении коронарного кровообращения к текущим потребностям организма. В коронарных сосудах содержится большое количество адрено- и холинорецепторов. М-холинорецепторы равномерно расположены в коронарных сосудах. Их стимуляция ацетилхолином сопровождается вазодилатацией. α -адренорецепторы содержатся преимущественно в проксимальных отделах коронарных сосудов, β -адренорецепторы - в дистальных. Стимуляция α -адренорецепторов катехоламинами приводит к констрикции коронарных сосудов. Стимуляция β -адренорецепторов - к значительной дилатации, при этом увеличивается сила и частота сердцебиения, возрастает скорость сокращения сердечной мышцы. Все это меняет метаболизм миокарда и вызывает расширение коронарных сосудов.

Считают, что в регуляции коронарного кровотока большое значение имеет гипоксия, повышение $p\text{CO}_2$, снижение $p\text{H}$ крови. Они вызывают расширение сосудов, увеличение коронарного кровообращения.

Метаболиты, в частности аденозин, также вызывают вазодилатацию, механизм которой связан с прямым действием на гладкие мышцы сосудов и со снижением чувствительности α -адренорецепторов к катехоламинам.

3.2. КРОВООБРАЩЕНИЕ В МОЗГЕ

Около 15% крови каждого сердечного выброса в большой круг кровообращения поступает в сосуды головного мозга. Мозговые артерии - это сосуды мышечного типа с распространенной адренергической иннервацией, что позволяет им изменять просвет в широких пределах. Мозг получает кровь от артерий, радиально отходящих от сосудов мягкой мозговой оболочки. В последние кровь поступает из мозгового артериального круга. Между артериолами и венами анастомозов нет, капилляры находятся в открытом состоянии. Количество их тем больше, чем интенсивней метаболизм ткани.

Распределение кровотока в мозгу очень неравномерно. Наиболее высокий уровень отмечен в корковых структурах и ядрах гипоталамуса. Важной особенностью мозгового кровотока является его независимость от общего кровотока при том условии, что череп ригидный и мозг практически несдавливаемый. Объем всех жидкостей, находящихся в внутричерепных сосудах, почти постоянный. Даже небольшое увеличение этого объема, вызываемое существенным расширением артериол и увеличивает кровоток, легко компенсируется незначительным сужением вен, объем которых намного больше.

В норме сосудосуживающие нервные волокна имеют незначительное влияние на кровоток в головном мозге. Такая бедная иннервация сосудосуживающими нервами головного мозга является благоприятным обстоятельством. Когда кровяное давление падает, например, после сильной кровопотери, при которой имеет место сужение кровеносных сосудов периферии, мозговые сосуды расширяются. Благодаря саморегуляции мозговой кровотока даже в такой ситуации остается постоянным (при снижении давления до 50-60 мм рт.ст.). При дальнейшем падении давления кровоток будет естественно снижаться, что в конечном итоге может привести к потере сознания.

Особое значение в этом процессе играет и местная регуляция. Увеличение интенсивности обмена в головном мозге, изменение состава крови (увеличение pCO_2 и др.) вызывают расширение мозговых сосудов.

Существенную роль в этих реакциях выполняют ионы H^+ (их внесосудистая концентрация или увеличение рН в спинномозговой жидкости), напряжение кислорода. Снижение уровня pO_2 более 30 мм рт. ст. вызывает расширение сосудов, повышение pO_2 более 300 мм рт. ст. (дыхание чистым кислородом или гипербарическая оксигенация) приводит к сужению сосудов.

Внутричерепные внесосудистые факторы влияют на объем крови и на кровоток в головном мозге. Острое повышение внутричерепного давления вызывает артериальную гипертензию (причиной чего является ишемия центра кровообращения). При более интенсивном повышении внутричерепного давления мозговой кровоток уменьшается до такого низкого уровня, что может развиться коматозное состояние.

3.3. КРОВООБРАЩЕНИЕ В ЛЕГКИХ

Сосуды малого круга кровообращения относительно небольшие по длине, имеют меньшее сопротивление, у них в 5-6 раз меньше давление, чем в аорте.

Емкость сосудистого русла легких может увеличиваться или уменьшаться. Так, при значительном повышении сопротивления тока крови в сосудах большого круга, вызванном введением адреналина, количество крови в легких увеличивается. Благодаря тому, что емкость легочных сосудов непостоянна, кровенаполнение легких может изменяться в пределах 10-25% общего количества крови в организме. Таким образом, легкие являются одним из кровяных депо.

Большая растяжимость сосудов легочной сети создает условия для того, чтобы значительные изменения кровотока и объема могли легко осуществляться. Однако она же способствует очень серьезным возбуждениям, возникающим постоянно, когда вступают в действие существенные гидростатические факторы. При обычном дыхании или даже во время гипервентиляции, вызванной физической нагрузкой, вдох приводит к увеличению регионарного содержания крови и к уменьшению регионарного сопротивления тока крови.

При повышении давления крови в сосудах большого круга в результате рефлекса с сосудистых рефлексогенных зон одновременно с рефлекторным ослаблением работы сердца и расширением сосудов большого круга происходит рефлекторное увеличение кровенаполнения

легочного круга. Благодаря этому выравнивается кровяное давление и происходит перераспределение крови между большим и малым кругами кровообращения.

Наряду с рефлексом с рецепторов сосудов большого круга кровообращения, регулирующих емкость легочного круга, имеет место обратный рефлекс - с легочных сосудов на сосуды большого круга. Этот рефлекс возникает при повышении давления в артериях легких, когда малый круг кровообращения переполняется кровью. Рефлексы вызывают замедление работы сердца, расширение сосудов большого круга кровообращения, увеличение объема селезенки. Все это ведет к увеличению количества крови в большом круге и уменьшению в малом. Это препятствует застою крови в легких. Физиологическое значение - облегчение работы сердца и нормализация кровообращения.

3.4. КРОВООБРАЩЕНИЕ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ И ПОЛОСТИ РТА

Кровообращение в челюстно-лицевой области и полости рта осуществляется через наружную сонную артерию и ее ветви - верхнечелюстную артерию, от которой отходит ряд ветвей, снабжающих челюсти, зубы и слизистую оболочку. На нижней челюсти нижняя луночковая артерия снабжает кровью периодонт и десна. Кровоснабжение слизистой оболочки преддверия рта и десен верхней челюсти осуществляет щечная артерия, а также задняя верхняя альвеолярная и подглазничная артерии. Вены, сопровождающие артерию, впадают во внутреннюю яремную вену.

3.4.1. Кровообращение в пульпе зуба осуществляется через верхушечное отверстие корневого канала и дополнительно через верхушки корней в пульпу проникают несколько артерий. В пульпе корня от артерии отделяется небольшое число веточек и только в пульпе коронки происходит образование обильной сосудистой сети. Под слоем одонтобластов и в самом слое образуется своеобразное сплетение из артериол и капилляров, анастомозирующих между собой. В пульпе зуба есть своеобразные сосуды - резервуары, названные гигантскими капиллярами, по ходу которых образуются колбообразные вздутия и синусы. Капиллярная сеть особенно велика в слое одонтобластов, имеющих тесный контакт со стенками капилляров. Этим обеспечивается

высокая метаболическая активность и пластическая функция одонтобластов.

Циркуляция крови в пульпе происходит внутри полости зуба, которая имеет стенки. Пульсовые колебания объема крови в замкнутой полости должны были бы вызвать повышение тканевого давления, и, как результат - нарушение физиологических процессов в пульпе зуба. Однако в результате передачи пульсовых колебаний объема артерий на вены этого не происходит. Сосудистая сеть пульпы зуба обладает эффективными протизастойными свойствами: суммарный просвет вен пульпы коронки больше, чем в области верхушечного отверстия, поэтому линейная скорость кровотока в области верхушечного отверстия корня зуба выше, чем в пульпе коронки. Пульсовые колебания вен аналогичны колебаниям вен головного мозга. Венозные сосуды пульпы зуба анастомозируют с периодонтальными венами. Богатая сеть анастомозов с венами периодонта обеспечивает большие функциональные возможности системы кровообращения в пульпе зуба.

Влияние кровоснабжение на функциональное состояние пульпы особенно наглядно проявляется в пожилом и старческом возрасте. Склеротические изменения сосудов, развивающиеся параллельно склерозу основного вещества пульпы, приводят к уменьшению емкости и объема микроциркуляторного русла пульпы зуба.

3.4.2. Кровообращение в пародонте осуществляется многочисленными коллатеральными, создаваемыми сетью сосудистых анастомозов с микроциркуляторными системами альвеолярного отростка челюстей, пульпы зуба и окружающих мягких тканей. Между костной стенкой альвеолы и корнем зуба располагается богатая сосудистая сеть в виде сплетений, петель и капиллярных клубочков. Благодаря этому образуется амортизационная (демпферная) система пародонта. Эта система необходима для выравнивания жевательного давления с помощью капиллярных анастомозов.

3.4.3. Кровообращение в деснах и периодонте. Сосуды подходят непосредственно к слизистой оболочке, капилляры покрыты лишь несколькими слоями эпителиальных клеток. У поверхности десневых сосочков, прилегающей к шейке зуба, находятся подковообразные капиллярные клубочки. Вместе с сосудистой системой десневого края они обеспечивают плотное расположение края десны относительно

шейки зуба. При гингивите в первую очередь повреждаются сосудистые клубочки микроциркуляторного русла десны.

В периодонте сосуды образуют несколько сплетений. Внешнее состоит из более крупных, продольно расположенных кровеносных сосудов, среднее - из сосудов меньшего размера. Рядом с цементом корня расположено капиллярное сплетение.

3.4.4. Капиллярное русло кожи челюстно-лицевой области построено по классическому типу. Венозные отделы капилляров впадают в сборные венулы, образуют венозное сплетение. Сложная комбинация сетей артериол и венул также имеет артериовенулярные анастомозы, по которым артериальная кровь может поступать в венозный отдел микроциркуляторного русла, минуя капилляры.

3.4.5. Регуляция кровообращения в челюстно-лицевой области осуществляется нервным, гуморальным и миогенными механизмами. Нервный механизм регуляции заключается в том, что тоническая импульсация поступает в эти сосуды от сосудодвигательного центра по нервным волокнам, отходящим от верхнего шейного симпатического узла.

Вазомоторный тонус сосудов челюстно-лицевой области и пульпы зуба такой же, как и в других участках. Средняя частота тонической импульсации сосудосуживающих волокон имеет важное значение для поддержания тонуса резистивных сосудов (в основном мелких артерий и артериол), так как нейрогенный тонус преобладает в этих сосудах челюстно-лицевой области.

Сосудосуживающие реакции резистивных сосудов челюстно-лицевой области и пульпы зуба обусловлены высвобождением в окончаниях симпатических нервных волокон медиатора норадреналина. Последний, взаимодействуя с α -адренорецепторами стенок мелких сосудов, дает сосудосуживающий эффект. Взаимодействие норадреналина с β -адренорецепторами стенки сосудов приводит к их расширению.

Наряду с адренорецепторами в сосудах головы и лица является М- и Н-холинорецепторы, возбуждаемых при взаимодействии с ацетилхолином и вызывают расширение сосудов. Необходимо заметить, что холинергические волокна могут принадлежать как к симпатическому, так и к парасимпатическому отделу вегетативной нервной системы.

Центрами парасимпатической иннервации сосудов головы и лица являются ядра черепных нервов, в частности VII (барабанная струна), IX (языкоглоточный нерв), и X (блуждающий нерв) пары. Постганглионарные волокна этих нервов выделяют ацетилхолин, который, взаимодействуя с холинорецепторами сосудов, вызывает их расширение.

Кроме того, в сосудах челюстно-лицевого участка возможен механизм регуляции по типу аксон-рефлекса. Выявлено вазомоторные эффекты при стимуляции нижнечелюстного нерва, который являясь в основном афферентным нервом, может антидромно проводить возбуждение и вызывать расширение сосудов нижней челюсти. Такой вазомоторный эффект подобен по динамике с расширением сосудов кожи при раздражении периферического отрезка дорсального спинномозгового корешка.

Просвет сосудов челюстно-лицевой области и органов полости рта может изменяться также под влиянием гуморальных факторов. В стоматологической практике широко используется местное обезболивание (инфильтрационная и проводниковая анестезия), когда к раствору новокаина добавляют 0,1% раствор адреналина, который оказывает местное сосудосуживающее влияние.

Сосуды челюстно-лицевой области, в частности пародонта и пульпы зуба, обладают и собственно миогенным местным механизмом регуляции тонуса. Так, повышение тонуса сосудов мышечного типа - артериол и прекапиллярных сфинктеров приводит к уменьшению числа функционирующих капилляров, предотвращает повышение внутрисосудистого давления крови и усилению фильтрации жидкости в ткани, то есть является физиологической защитой тканей от развития отека. Миогенный механизм регуляции кровотока и транскапиллярного обмена играет особую роль в обеспечении жизнедеятельности пульпы зуба. Для пульпы, находящейся в замкнутом пространстве и ограниченная стенками зуба, этот механизм является чрезвычайно важным для регуляции микроциркуляции в норме и при патологии, например, при воспалении. Ослабление регуляторных механизмов миогенного тонуса сосудов является одним из факторов развития отека тканей пульпы, пародонта и других органов полости рта при воспалении.

Миогенный тонус сосудов сопротивления существенно снижается при функциональных нагрузках на ткани, приводит к увеличению регионарного кровоснабжения и развития "рабочей гиперемии". При пародонтозе, когда нарушается кровоснабжение тканей пародонта, функциональные нагрузки, снижают миогенный тонус микрососудов (например, жевание), могут быть использованы в лечебно-профилактических целях для улучшения трофики пародонта. Это положение особенно важно в связи с тем, что в происхождении пародонтоза главную роль играют функциональные изменения тонуса сосудов.

Кроме того, нужно помнить, что лекарственные вещества, всасываясь в кровь через слизистую оболочку полости рта, могут осуществлять гуморальное влияние на систему кровообращения. Эту возможность необходимо учитывать врачу-стоматологу при проведении манипуляций в полости рта, особенно у больных с сердечно-сосудистой патологией (гипертония, стенокардия, инфаркт миокарда и др.). У людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями выявляются неспецифические изменения слизистой оболочки рта: цианоз, отечность слизистой оболочки и красной каймы губ, трещины языка, некроз мягких тканей, трофические язвы. Причиной этих изменений, очевидно, длительные нарушения периферического кровообращения и как следствие этого - гипоксия тканей.

Особенности кровоснабжения слизистой оболочки рта можно исследовать с помощью **метода капилляроскопии**. Это метод прижизненного исследования микроциркуляторного русла сосудистой системы. Визуальное наблюдение капиллярного кровотока слизистой оболочки полости рта дает представление о степени и особенности ее васкуляризации. При капилляроскопии проявляются различные формы капилляров: извитые, в виде запятой, в виде петель, а также различный характер кровотока.

Для оценки функционального состояния сосудов зубочелюстной системы в стоматологии широко используют **метод реографии** (Рис.37.). Это бескровный метод исследования кровообращения, основанный на графической регистрации сопротивления тканей при прохождении через них электрического тока. Метод реографии основан на выявлении зависимости изменения электропроводности ткани от колебаний

кровенаполнения сосудов: сопротивление крови значительно меньше, чем сопротивление тканей, поэтому увеличение кровенаполнения тканей существенно снижает их электрическое сопротивление. В свою очередь, кровенаполнение тканей меняется в различные фазы сердечного цикла (при систоле оно увеличивается, при диастоле уменьшается) и зависит от скорости кровотока. Кроме того, на электропроводность тканей влияют не только объем крови, но и ее химический состав, вязкость, количественное содержание форменных элементов.

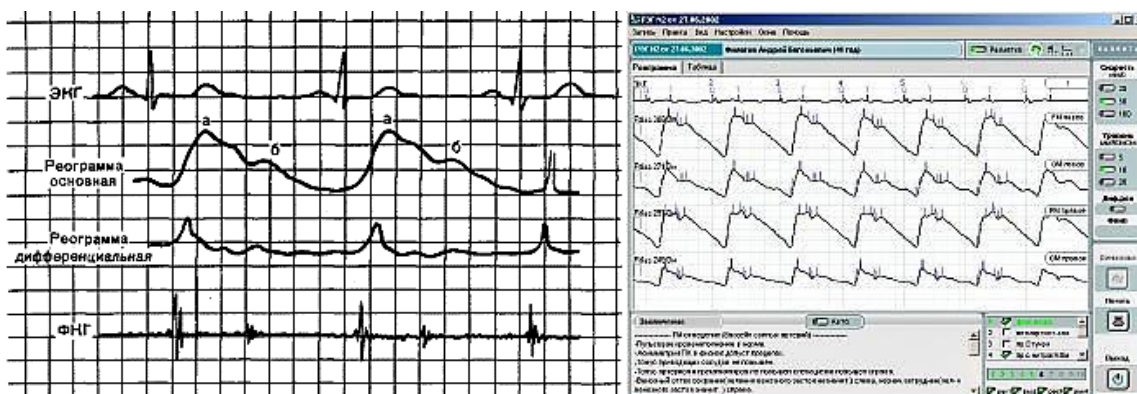


Рис. 37. Реограмма

(изображение со свободного доступа интернет-ресурса
http://masters.donntu.org/2011/fknt/pavlik/library/stat_3.htm)

Метод оценки гемодинамики пульпы зуба называется **реодентографией**, а тканей пародонта - **реопародонтографией**.

Слизистая оболочка полости рта является большой рефлексогенной зоной, афферентная импульсация от которой может изменять деятельность сердца и тонус кровеносных сосудов. Так, при раздражении вкусовых рецепторов сладкими веществами отмечается расширение сосудов конечностей, горькие вещества вызывают их сужение.

Болевые раздражения вызывают заметные изменения в системе кровообращения. Эти отклонения могут варьировать в зависимости от интенсивности раздражения и реактивности организма. Любая стоматологическая манипуляция представляет собой сложный эмоционально-болевой фактор, который может изменять функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Препарирования зубов у здоровых людей вызывает некоторые, не имеющие строгой закономерности, изменения в системе кровообращения, выраженность которых зависит от индивидуальных

особенностей организма. Влияние психоэмоционального фактора на функцию сердца может быть более существенным, чем влияние, что делает само лечение.

В условиях амбулаторной стоматологической практики осложнения со стороны системы кровообращения встречаются не очень часто. Однако, предвидеть возможные осложнения и уметь их преодолеть должен каждый врач-стоматолог. Особое внимание врач должен уделять пациентам с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Всякое стоматологическое вмешательство является сильным стресс-фактором, особенно для больных с нарушением регуляции и снижением компенсаторных возможностей сердечно-сосудистой системы. Профилактика осложнений, которые при этом возникают, требует проведения мероприятий, в первую очередь направленных на устранение эмоционального напряжения и боли. Негативные эмоции вызывают значительное повышение артериального давления, особенно у больных гипертонической болезнью. У таких больных отмечаются выраженные гемодинамические изменения не только в ответ на стоматологическое вмешательство, но и на его ожидания, что объясняется повышенной психоэмоциональной возбудимостью и лабильностью нервных центров, регулирующих кровяное давление. Однако, характер стоматологической патологии достаточно часто требует санации полости рта для предупреждения тяжелых осложнений со стороны основного сердечно-сосудистого заболевания.

Нередко психоэмоциональное возбуждение, возникающее у пациентов при различных стоматологических вмешательствах, оказывается настолько сильным, что может привести к кратковременному подъему давления - кризис (головокружение, обморочное состояние), возникающее в результате нарушения мозгового кровообращения. При подобных осложнениях врач должен уметь оказать неотложную помощь.

4. ИЗМЕНЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

При мышечной деятельности повышается потребность организма в кислороде. Органы кровообращения играют большую роль в доставке кислорода к тканям, в частности, к скелетным мышцам. При физической

работе деятельность сердца увеличивается, состояние сосудов в различных органах изменяется по-разному.

Уже в самом начале работы, а нередко даже при ее ожидании (условно-рефлекторный механизм регуляции), частота сердцебиения и систолический объем крови возрастает. Это ведет к увеличению минутного объема кровообращения, при тяжелой работе может достигать больших размеров (до 30-35 литров). Увеличение объема циркулирующей крови, вызывает повышение систолического давления, что необходимо для усиленного кровоснабжения органов. Однако, в связи с рабочей гиперемией (обусловлена, в основном, местными гуморально-химическими факторами) в активных органах, кровяное давление повышается несколько меньше, чем в неактивных (связано с действием в этих органах адреналина, норадреналина и других факторов).

Диастолическое давление при работе изменяется меньше, чем систолическое. Пульсовая амплитуда должна обязательно расти. Расширение артериол и капилляров в активных участках тела ведет к рабочей гиперемии. Поскольку запас крови в организме ограничен, рабочая гиперемия, как уже отмечалось, должна сочетаться с уменьшением кровоснабжения неработающих органов. Это происходит в результате сужения артериол и мелких артерий и уменьшению эластичности стенок магистральных артерий, снабжающих кровью неработающие органы. Такой результат достигается благодаря сочетанию местных факторов регуляции, а также работе собственных рефлексов с хеморецепторов сосудов и соединенных рефлексов с проприорецепторов мышц. Кроме того, играет роль перераспределение тонуса за счет действия гуморальных факторов (гормонов, медиаторов). Работа сердца при мышечной деятельности несколько облегчается благодаря изменениям в состоянии кровеносных сосудов. Их сужение в неактивных областях тела уменьшает потребность в увеличении общего объема циркулирующей крови.

После окончания физической деятельности все восстанавливается до исходного состояния через некоторое время благодаря формированию собственных рефлексов с баро- (прессо-) рецепторов, направленных на ограничение работы сердца и сосудов.

5. ФИЗИОЛОГИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В организме человека существует еще одна группа сосудов, образующих лимфатическую систему, которая транспортирует лимфу - прозрачную жидкость желтоватого цвета.

В лимфатические капилляры попадают лейкоциты из тканевой жидкости и часть из лимфатических узлов, где они образуются. Капилляры лимфатической системы похожи на кровеносные, но закрытые с одного конца. Лимфатические узлы - места слияния лимфатических сосудов в которых находятся скопления клеток. Данные узлы являются биологическими фильтрами в которых лейкоциты фагоцитируют микробы и задерживаются другие чужеродные вещества, попадающие в лимфу из различных тканей.

Основные функции лимфы:

- возвращения тканевой жидкости в систему кровообращения;
- образование лейкоцитов;
- отфильтровывания бактерий и других чужеродных веществ;
- всасывание в лимфу жиров в тонком кишечнике;
- поддержание постоянства внутренней среды;
- возвращение белковых веществ из тканевой жидкости в кровеносное русло.

Различия лимфы от плазмы крови

1. Лимфа, которую собрали натощак или после употребления нежирных продуктов, является прозрачной и содержит меньше белков, чем плазма крови (в 4 раза).
2. С кишечника в лимфу всасываются эмульгированные жиры, что обуславливает ее молочный цвет, через 6-8 часов после приема жирной пищи.
3. Имеет меньшую вязкость и низкую относительную плотность.

В состав лимфы входят: белки, минеральные соли, форменные элементы (лейкоциты), гемоглобин, глюкоза. Среди лейкоцитов преимущественно встречаются лимфоциты (до 90%), на моноциты приходится 5%, на эозинофилы 2%. В норме эритроциты отсутствуют, но при некоторых патологических состояниях (радиационном воздействии, травмах и т.д.), обусловленных увеличением проницаемости сосудистой

стенки или нарушением ее целостности, красные тельца могут попадать в лимфу из крови.

В зависимости от функций и процессов обмена состав лимфы в различных органах может отличаться. Так, в ткани печени лимфа характеризуется повышенным количеством белка, а лимфа, оттекающая от желез внутренней секреции содержит гормоны.

Процесс лимфообразования характеризуется переходом воды и растворенных в ней веществ из кровеносного русла в ткани, а затем в лимфатические сосуды. Капилляры имеют полупроницаемую сосудистую стенку с ультрамикроскопическими порами, через которые осуществляется фильтрация. В различных органах поры имеют разную величину. Наибольшая проницаемость наблюдается в печени, поэтому здесь образуется около половины объема лимфы.

Вода, растворенные соли, глюкоза, кислород легко переходят в тканевую жидкость. Это связано с повышенным внутрисосудистым давлением (гидростатическим). Высокомолекулярные вещества (белки плазмы) не способны проникать через стенку капилляра, они поддерживают онкотическое давление и задерживают воду в русле. Разница гидростатического и онкотического давления дает фильтрационное давление, которое обеспечивает переход воды в тканевую жидкость. Часть ее поступает обратно в кровеносное русло, а часть становится лимфой.

Механизмы регуляции лимфообразования эффективно регулируются вегетативной нервной системой и гуморальными факторами, которые влияют на уровень кровяного давления и регулируют проницаемость капилляров. Например, адреналин и норадреналин увеличивают давление в сосудах, усиливая фильтрационные процессы и выход жидкости в интерстициальное пространство. На местном уровне регуляция осуществляется тканевыми метаболитами и биологически активными веществами, выделяемые клетками.

Движение лимфы в организме человека. Лимфа диффундирует из тканевой жидкости в лимфатические капилляры, которые собираются в мелкие лимфатические сосуды, постепенно образуя лимфатические вены. Вены лимфатической системы, подобно кровеносным, содержат клапаны, которые обеспечивают движение лимфы к сердцу.



Рис. 38. Лимфатическая система человека. Схема движения.

(Изображение из свободного доступа на интернет-ресурсах <https://animals-world.ru/limfa-i-ee-dvizhenie/>)

От левой руки, левой стороны головы, ребер лимфа по лимфатическим сосудам попадает непосредственно в грудной проток, а дальше в вены большого круга кровообращения (верхняя полая вена). В правый лимфатический проток поступает лимфа от правой руки, правой части головы, ребер. Из него переходит в правую подключичную вену. Затем вместе с венозной кровью лимфа впадает в правое предсердие.

Таким образом, лимфатическая система служит для возврата жидкости из межклеточного пространства в систему кровообращения и поэтому лимфатических артерий не существует.

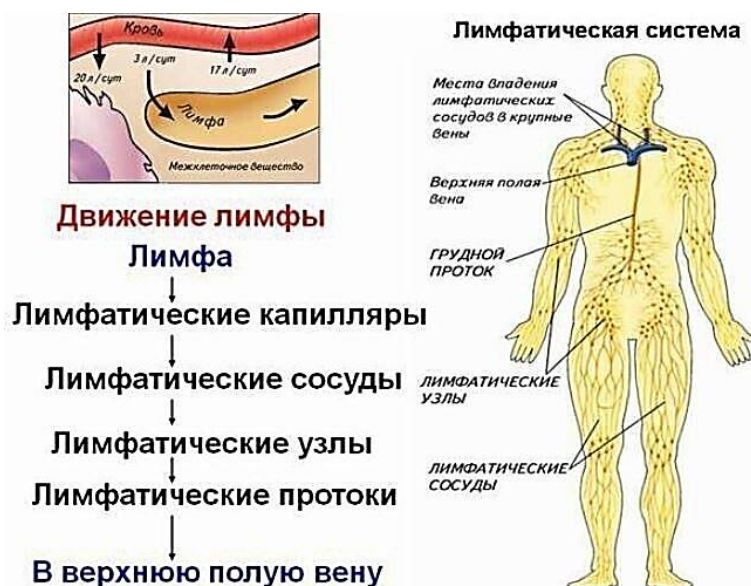


Рис. 39. Лимфатическая система человека. Схема движения.

(Изображение из свободного доступа на интернет-ресурсах naurok.com.ua/limfaticzna-sistema-i-organi-imunogenezu-35799.html)

Перемещение лимфы осуществляется за счет следующих процессов:

1. Ритмичные сокращения лимфатических сосудов (около 10 в минуту). Благодаря наличию клапанов ток возможен только в одном направлении.

2. Симпатичная иннервация стенок лимфатических сосудов, путем спазмирования и расслабления их определенных участков.

3. Облегчает движение внутригрудное давление, которое при вдохе становится отрицательным, объем грудной клетки увеличивается, что способствует расширению грудной протоки.

4. Ходьба, сгибательные и разгибательные движения конечностей. За день в кровотоке возвращается до 3 л лимфы.

Таким образом, в лимфатическом русле находится до 1-2 литров лимфы, которая забирает из крови токсины, шлаки, чужеродные бактерии, паразитов, попадающих в кровеносное русло извне. Вредные вещества, циркулируя по лимфатическим сосудам, попадают в лимфатические узлы, где идет фильтрация и задержка микроорганизмов, инородных частиц. После, уже очищенная лимфа, возвращается в кровь, а токсичные вещества и продукты обмена выводятся с помощью мочевой системы и потовых желез.

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Исследование физиологических свойств сердечной мышцы

Научно-методическое обоснование темы. Обеспечение кровью органов и тканей организма - условие их нормальной деятельности. Это достигается благодаря системе кровообращения. Частота и ритмичность сокращения сердца, последовательность и синхронность, сила и скорость сокращения его отделов зависят от свойств сердечной мышцы.

Сердечная мышца обладает автоматией (ритмичными сокращениями под действием импульсов, зарождающихся в нем самом), которая имеет миогенную природу и причиной ее являются особые биоэлектрические свойства элементов проводящей системы; возбудимостью (в разные фазы сердечной деятельности она меняется), сократимостью (отличается от сократимости скелетной и гладкой мускулатуры, не дает тетануса может проявляться экстрасистолией), проводимостью (скорость проведения в разных участках сердца неодинакова).

Клетки сердечной мышцы, в отличие от скелетной мускулатуры, которая представляет собой совокупность нескольких структурных единиц, выступают как единое целое. Эта особенность объясняется тем, что клетки миокарда соединены между собой вставочными дисками и образуют «синцитий». При возбуждении миокарда потенциал действия распространяется сразу по всему синцитию, что приводит одновременно к сокращению всей мышечной массы.

В разные фазы потенциала действия возбудимость кардиомиоцитов при поступлении новых импульсов разная. В начале потенциала действия клетки полностью невозбудимы - это период абсолютной рефрактерности (невозбудимости). В это время клетка не способна отвечать на дополнительный импульс. В конце потенциала действия начинается фаза относительной рефрактерности, во время которой нанесение надпорогового раздражения вызывает повторное возбуждение клетки. При диастоле (фаза потенциала покоя) возбудимость кардиомиоцитов полностью восстанавливается. Длительный рефрактерный период препятствует возникновению волны деполяризации до тех пор, пока не закончится предыдущая, а также нарушению чередования сокращения и расслабления отдельных отделов сердца. Знание механизмов реализации указанных свойств сердечной мышцы необходимо врачу для нормализации функций сердца при их нарушении.

Учебная цель.

Знать: строение и функции системы кровообращения, физиологические свойства сердечной мышцы, обеспечивающие функцию сердца

Уметь: охарактеризовать нормальные физиологические свойства сердечной мышцы, которые определяют частоту, ритм, скорость и силу сокращения сердца; схематически изобразить проводящую систему сердца.

Для работы необходимы: кимограф, серфин, универсальный штатив, рычаг Энгельмана, пробковая пластина, набор инструментов, вата, марля, физиологический раствор Рингера, лигатура, лягушка.

Работа 1. Зарегистрировать сокращения сердца лягушки.

Лягушку обездвигивают, осторожно разрезают грудобрюшную полость, рассекают перикард, обнажают сердце и наблюдают за его работой. Подсчитывают число сердечных сокращений в 1 мин., затем регистрируют кардиограмму. Для этого, захватив верхушку сердца серфином, прикрепленным к рычагу самописца, фиксируют сокращение сердца.

Рекомендации по оформлению результатов работы. Вклеить в протокол зарегистрированную кардиограмму или нарисовать ее, отметив на ней фазы сердечного цикла. Выделить на кривой один полный сердечный цикл.

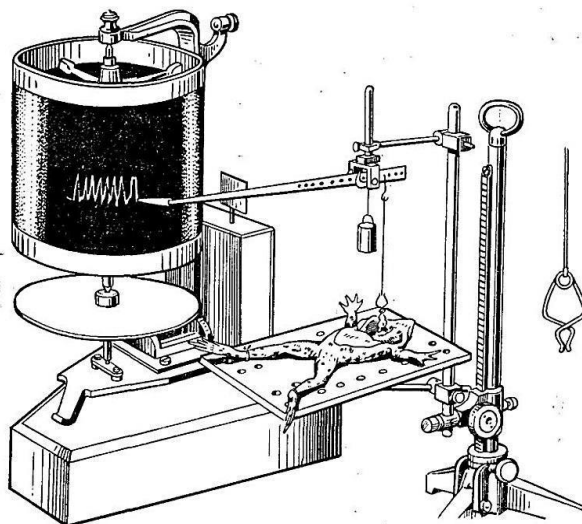


Рис.40. Запись сердечных сокращений лягушки

(Изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://studfile.net/preview/4479401/page:39/>):
справа – сердечный зажим (серфин)

Работа 2. Изучение степени автоматии различных отделов сердца (опыт Станниуса).

Повторить опыт задачи работы 1, затем наложить первую лигатуру Станниуса между венозным синусом и предсердиями (изолирующую). Зарегистрировать работу сердца, одновременно подсчитав число сердечных сокращений в минуту. Продвинуть нить под аортой, наложить вторую лигатуру Станниуса (раздражающую) на границе между предсердиями и желудочком. Зафиксировать работу сердца, одновременно подсчитать число сердечных сокращений в минуту. Если сокращение сердца восстанавливается без раздражающей лигатуры, записать на барабане кимографа эти сокращения и подсчитать их количество.

Наложить третью лигатуру на нижнюю треть желудочка и отметить состояние верхушки сердца. Чтобы убедиться в том, что свойство верхушки сердца сокращаться сохранилась, ее отрезают и кладут на предметное стекло с каплей раствора Рингера. Раздражить верхушку сердца иглой, отметить ее реакцию.

Рекомендации по оформлению результатов работы. Вклеить в протокол кардиограмму, отметив время наложения лигатур. В таблицу

записать частоту сокращений отделов сердца лягушки в исходном положении и после наложения каждой из лигатур. В выводах указать, в каком из отделов сердца лягушки расположен водитель ритма.

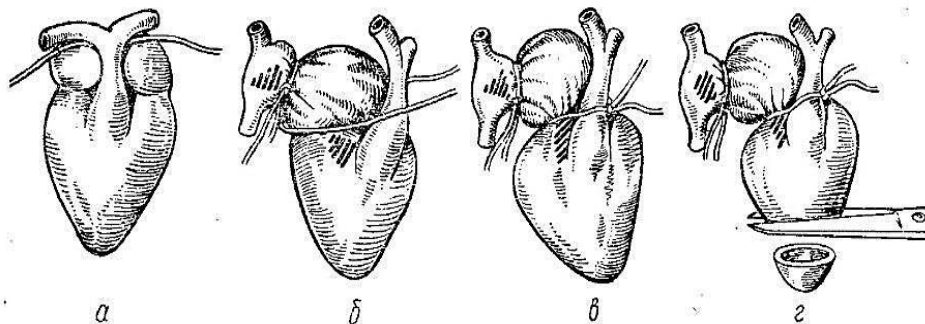


Рис. 41. Схемы наложения лигатур Станниуса

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса

<https://studfile.net/preview/4479401/page:39/>): а – наложение лигатуры на венозный синус; б, в – наложение лигатуры между предсердиями и желудочками; г – удаление верхушки сердца

Работа 3. Нарисовать схему проводящей системы сердца и отметить скорость проведения возбуждения по типичным и атипичным волокнам предсердий и желудочков.

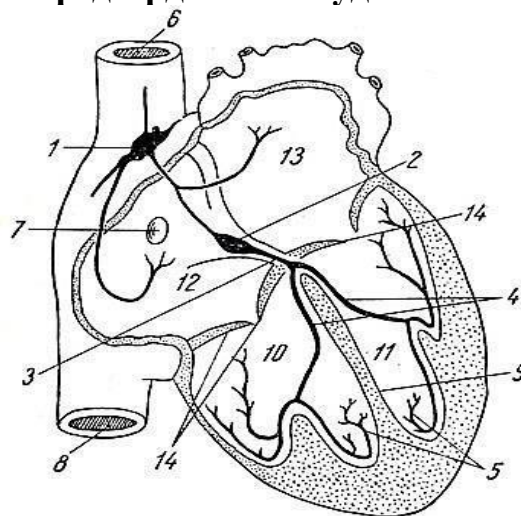


Рис.42. Схема проводящей системы сердца человека

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса

<http://anfiz.ru/books/item/f00/s00/z0000017/st065.shtml>):

Работа 4. Выявить рефрактерный период и желудочковую экстрасистолу.

Лягушку обездвигить без декапитации. Осторожно разрезать на уровне передних конечностей грудобрюшную полость, обнажить сердце. Верхушку сердца закрепить серфином, зарегистрировать кардиограмму. К серфину прикреплен один из раздражающих электродов. Второй электрод в виде петли наложить на основание сердца. Подобрать такое напряжение, чтобы сердце в ответ на раздражение реагировало, но

лягушка не вздрагивала. Кратковременное раздражение нанести во время систолы желудочков.

Повторять его несколько раз. За результатами раздражения сначала наблюдать, а потом записать на барабане кимографа. Момент нанесения раздражения отметить стрелкой.

На втором этапе работы раздражать желудочек во время диастолы. Через 3-4 нормальных сокращения раздражение повторить. Записать результаты.

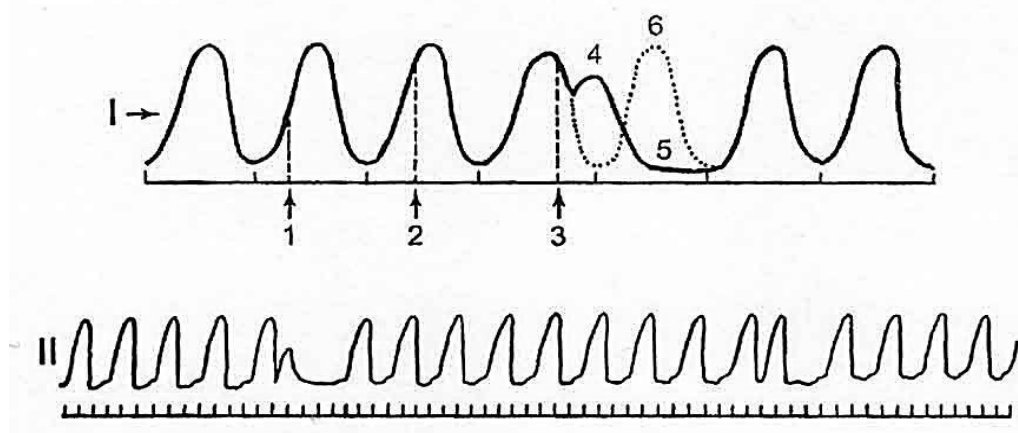


Рис. 43. Экстрасистола и компенсаторная пауза

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://ukrdoc.com.ua/text/28727/index-1.html>): I - механизм возникновения компенсаторной паузы (I, 2, 3 – внешние раздражители; 4 – внеочередное сокращение; 5 - компенсаторная пауза; 6 - «выпадение» очередного сокращения. II – механокардиограмма с желудочковыми экстрасистолами.

Рекомендации по оформлению результатов работы. Вклеить в протокол кардиограмму или нарисовать ее, отметив при нанесении внеочередное раздражение. Указать экстрасистолы.

В *выводах* отметить, как меняется деятельность сердца вследствие внеочередного сокращения.

Работа 5. Выявить характер ответа сердечной мышцы на силу раздражения.

Остановить сердце в работе наложением 1-й лигатуры Станниуса. Затем вести запись на остановленном барабане, поворачивая его рукой. Сокращение сердца в таком случае фиксируется на кимографе в виде вертикальной линии. Определить порог раздражения и записывать сокращения сердца в ответ на растущую силу стимула. Используют 3-4 стимула различного напряжения, учитывая пороговую величину.

Проанализировать характер ответов сердечной мышцы в зависимости от силы раздражения. Для правильного проведения опыта необходимо соблюдать достаточные промежутки времени между отдельными раздражениями (около 30 сек).

Рекомендации по оформлению результатов работы. Вклеить в протокол кардиограмму либо нарисовать ее, отметив при нанесении пороговое и надпороговое раздражение.

Задания для самоконтроля: смотри приложение

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Из каких волокон состоит миокард?
2. В чем заключается механизм сокращения сердечной мышцы?
3. Различия сердечной мышцы от скелетной и гладкой.
4. Сердечный цикл и его характеристика.
5. Особенности биопотенциалов проводящей системы и типичной мышцы сердца.
6. Автоматия сердца, ее механизм, значение.
7. Особенности распространения возбуждения по сердцу.
8. Абсолютная и относительная рефрактерность сердечной мышцы.
9. Значение рефрактерного периода для работы сердца.
10. Экстрасистола, ее происхождение, виды.
11. Законы сокращения сердечной мышцы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница: Новая книга, 2009.- С. 228-236.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород: Издательство НГМА, 2005.- С. 208-216.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 326-331.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С 556-565.
5. <https://studfile.net/preview/5810230/page:41>
6. <https://www.grandars.ru/college/medicina/serdechnaya-myshca.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Исследование динамики возбуждения сердца. Регистрация ЭКГ.

Научно-методическое обоснование темы. Работа сердца сопровождается рядом физических явлений, исследуя которые можно получить определенную информацию о состоянии сердца и о его отдельных функциональных свойствах. Достаточно информативными для

изучения функционального состояния сердца есть тоны сердца и биоэлектрические явления, возникающие в нем. Эти показатели дают количественную и качественную характеристику деятельности сердца и широко используются в физиологии и клинике.

Знание механизмов формирования электрокардиограммы и умение провести анализ этой кривой является необходимым, так как позволяет врачу определить, что является водителем ритма сердца, оценить последовательность, скорость распространения возбуждения в сердце, ритмичность и частоту генерации импульсов возбуждения водителем ритма сердца.

Это метод исследования сердца, основанный на регистрации и анализе электрических потенциалов, возникающих в ходе деятельности сердца и отводятся с поверхности тела или его полостей. Сердце - это электрический генератор, состоящий из многих клеток, каждая из которых возбуждаясь, становится источником тока, образуя поле в окружающей среде. В разные моменты число и распределение источников, а соответственно и структура суммарного генератора сердца, меняется. Следовательно, изменяется и электрическое поле. Во время работы сердца каждая клетка, возбуждается, вносит свой вклад в электромагнитное поле.

Сейчас в клинической практике наиболее широко используют 12 отведений ЭКГ, регистрация которых является обязательным для каждого электрокардиографического исследования больного: 3 стандартных отведения, 3 усиленных однополюсных от конечностей и 6 грудных отведений.

Учебная цель.

Знать: электрофизиологические основы ЭКГ; электрокардиографические отведения; характеристику нормальной ЭКГ, векторную теорию и ее интерпретацию.

Уметь: зарегистрировать ЭКГ в стандартных, усиленных и грудных отведениях.

Для работы необходимы: электрокардиограф, кушетка, марля, физиологический раствор, электродная паста.

Работа 1. Зарегистрировать ЭКГ в трех стандартных отведениях.

Исследуемого кладут на кушетку рядом с прибором, предлагают максимально расслабиться. Согласно схеме, приведенной на боковой поверхности прибора, готовят соответствующие участки кожи к наложению электродов. Кожу в местах контакта с электродами протирают

тампонами, смоченными спиртом, накладывают гидрофильную повязку, закрепляют электроды. Затем регистрируют ЭКГ в стандартных отведениях.

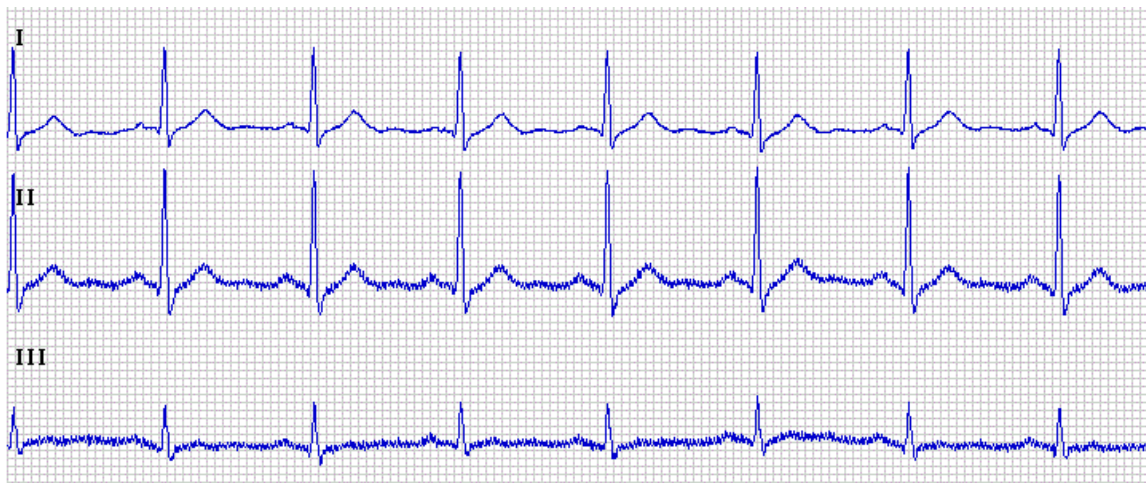


Рис. 44. Запись ЭКГ в стандартных отведениях
(изображение из свободного доступа интернет-ресурса
<https://www.kardi.ru/ru/index/Article?&ViewType=view&Id=18>)

Работа 2. Зарегистрировать ЭКГ в трех униполярных отведениях от конечностей (по Гольдбергеру).

Однополюсные отведения от конечностей называют усиленными, поскольку амплитуда зубцов в этих отведениях в 1,5 раза больше, чем в обычных отведениях от конечностей. Они обозначаются так же, как обычные однополюсные отведения, с добавлением сначала буквы «а» (первая буква английского слова augmented - усиление). Отведения aVR, aVL, aVF отличаются друг от друга направлениям зубцов и их амплитудой. На величину зубцов особенно влияет электрическая позиция сердца.

Отведение aVR является единственным, в котором положительный электрод подключают к участку тела почти всегда отрицательно заряженным (правой руки), поэтому на ЭКГ зубцы P, T и главный зубец комплекса QRS отрицательные.

В отведении aVL зубец P имеет небольшую амплитуду, нередко бывает двухфазным с первой отрицательной фазой, а иногда и отрицательным.

Зубец P в отведении aVF положительный; комплекс QRS может состоять из главного положительного зубца R, в котором иногда предшествует зубец Q и за которым может идти зубец S.

У здоровых людей комплекс QRS в усиленных однополюсных отведениях меняется в зависимости от положения сердца в грудной клетке (при горизонтальном положении сердца, например, в отведении aVL зубец R становится более высоким, а в отведении aVF более глубоким

становится зубец S, всегда положительный в этом отведении зубец T иногда может быть сглаженным или отрицательным.

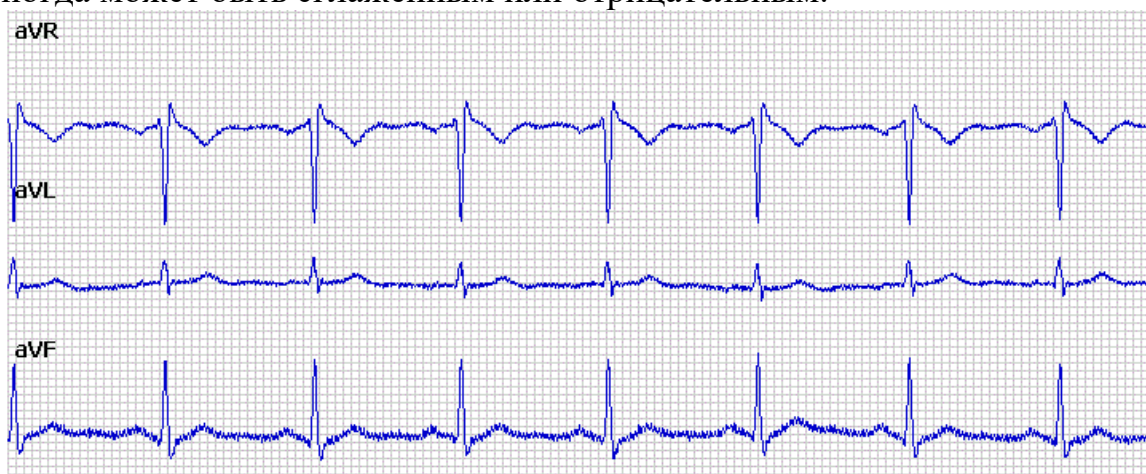


Рис. 45. Запись ЭКГ в униполярных отведениях от конечностей

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса

<https://www.kardi.ru/ru/index/Article?&ViewType=view&Id=18>)

Работа 3. Зарегистрировать ЭКГ в униполярных грудных отведениях (за Вильсоном).

Эта ЭКГ служит существенным дополнением к ЭКГ, записанной в обычных отведениях, позволяет более правильно оценить состояние сердечной мышцы при различных заболеваниях. Так, при инфаркте миокарда на ЭКГ, зарегистрированной в грудных отведениях, изменения иногда появляются раньше, чем в обычных отведениях, что имеет большое диагностическое значение.

Для регистрации грудных отведений грудной электрод (положительный) устанавливают в одну из таких позиций, которые обозначают арабскими цифрами:

V₁ - четвертое межреберье с правого края грудины;

V₂ - четвертое межреберье с левого края грудины;

V₃ - между 2-4 позициями;

V₄ - в пятом межреберье слева по lin. medioclavicularis;

V₅ - на том же уровне по lin. axillaris ant. ;

V₆ - на том же уровне по lin. axillaris med.

Во время записи отведений необходимо точно установить грудной электрод. В связи с близостью электрода к источнику электрического поля, даже небольшое перемещение его приводит к значительным изменениям соответствующего потенциала.

Зубец P в отведениях V₁ и V₂ может быть положительным, двухфазным или отрицательным, в отведениях V₃-V₆ - положительным. Комплекс QRS в отведениях V₁-V₂ состоит из небольшого начального зубца r и главного отрицательного зубца S. Амплитуда этих зубцов в отведении V₂ конечно больше, чем в отведении V₁. Грудное отведение, в

котором комплекс QRS состоит из зубцов R и S с одинаковой амплитудой, называют *переходной зоной*. В основном переходная зона регистрируется в отведении V₃, реже - в V₄ (Рис. 46.).

Рекомендации по оформлению результатов работы. Вклеить в протоколы ЭКГ, записанные в разных отведениях.

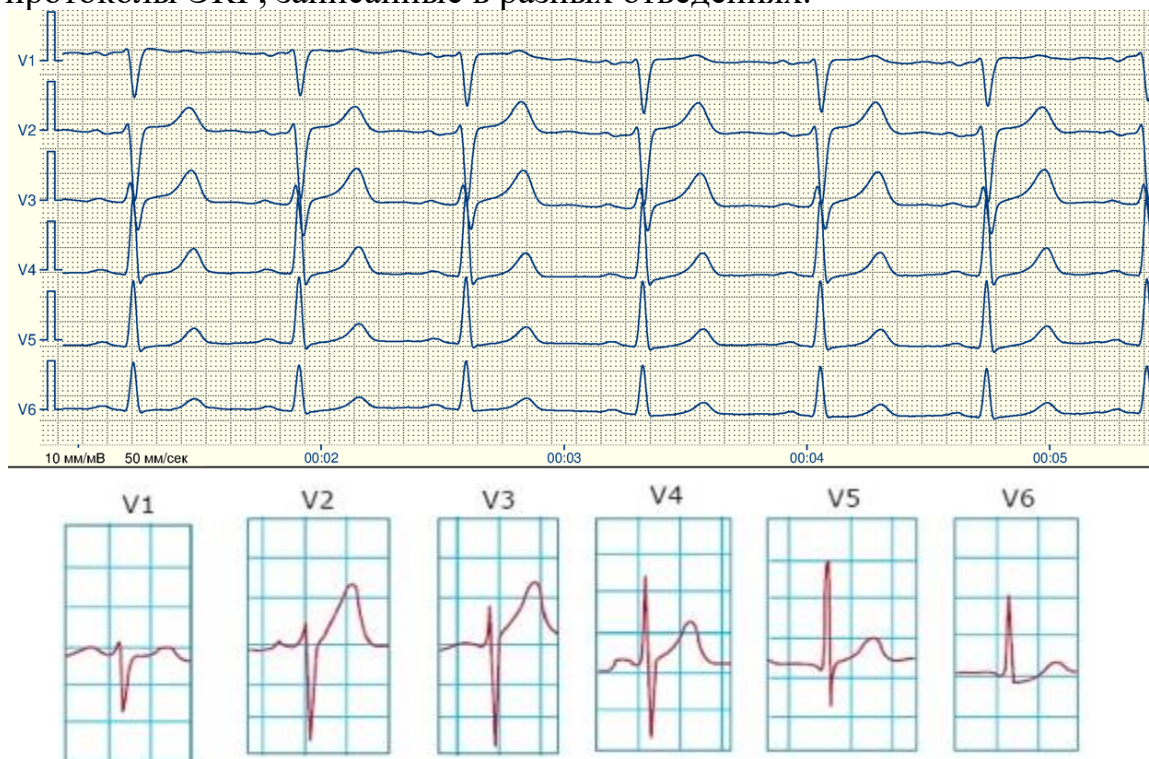


Рис. 46. Запись ЭКГ в грудных отведениях
(изображение из свободного доступа интернет-ресурса
[https://e-cardio.ru/vvodnyj-kurs-ekg/.](https://e-cardio.ru/vvodnyj-kurs-ekg/))

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Электрофизиологические основы электрокардиографии.
2. Динамика деполяризации и реполяризации в сердце.
3. Электрокардиографические отведения.
4. Характеристика нормальной электрокардиограммы.
5. Регистрация ЭКГ у человека.
7. Какие процессы в сердечной мышце отражает ЭКГ?
8. Дать характеристику зубцов ЭКГ.
9. Охарактеризовать сегменты и интервалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мурашко В. В., Струтынский А. В. Электрокардиография: Учеб. пособие. — М.: Медпресс, 2000. — С. 37-58.

3. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 263-266.

4. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород: Издательство НГМА, 2005.- С. 224-229.

5. Физиология человека, Т.2, под редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 332-338.

6. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 569-573.

7. <https://www.grandars.ru/college/medicina/elektrokardiografiya.html>

8. https://studbooks.net/80748/meditsina/dinamika_vozbuzhdeniya_serdtsa

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Исследование динамики возбуждения сердца. Анализ электрокардиограммы.

Научно-методическое обоснование темы. Знание механизмов формирования электрокардиограммы и умение провести анализ этой кривой является необходимым, так как позволяет врачу определить, что является водителем ритма сердца, оценить последовательность, скорость распространения возбуждения в сердце, ритмичность и частоту генерации импульсов возбуждения водителем ритма сердца.

Учебная цель.

Знать: Электрофизиологические основы ЭКГ; электрокардиографические отведения; характеристику нормальной ЭКГ, векторную теорию и ее интерпретацию, план анализа ЭКГ.

Уметь: Установить по ЭКГ, что является водителем ритма сердца, охарактеризовать ритм генерации импульсов возбуждения; оценить скорость проведения возбуждения структурами сердца, положение электрической оси сердца.

Для работы необходимы: электрокардиограф, кушетка, марля, физиологический раствор, электродная паста.

Работа 1. Провести анализ ЭКГ.

1. Для определения правильности *сердечного ритма* подсчитать продолжительность 5 или 10 интервалов R-R, вычислить среднюю продолжительность одного интервала. В скобках отметить продолжительность наибольшего и наименьшего интервалов. При правильном ритме постоянный интервал P-P или R-R.

2. Подсчитать *частоту сердечных сокращений* - для этого установить продолжительность одного сердечного цикла (интервал R-R) и подсчитать, сколько таких циклов в 1-й минуте.

3. Определить *источник происхождения* возбуждения синусового ритма устанавливают на основе следующих критериев: наличие зубца P синусового происхождения, который постоянно находится перед комплексом QRS; продолжительность интервала PQ 0,12-0,20 сек; постоянная форма зубца P во всех отведениях; частота сердечных сокращений 60-80 в минуту.

4. Определить *продолжительность отдельных элементов ЭКГ* - необходимо измерить продолжительность следующих элементов:

зубец P - проводимость по предсердиям (0,07 - 0,11 сек),

интервал PQ - проводимость по предсердиям и проводящей системе сердца, AV задержка (0,12-0,20 сек),

комплекс QRS - проводимость по желудочкам (0,07 - 0,09 сек).

5. Определить *положение электрической оси сердца во фронтальной плоскости*. Электрическая ось сердца - среднее направление ЭДС на протяжении всего периода деполяризации. Она образует угол α с осью I стандартного отведения. Если размер угла:

α от 0 до 29 ° - положение электрической оси - горизонтальное (рис. 40);

α от + 30 ° до + 69 ° - нормальное (рис. 39);

α от + 70 ° - + 90 ° - вертикальное (рис. 41).

Если угол больше 90 °, то это свидетельствует об отклонении оси вправо, если он меньше 0 °, то это характерно для отклонения оси влево.

R 2 > R 1 > R 3

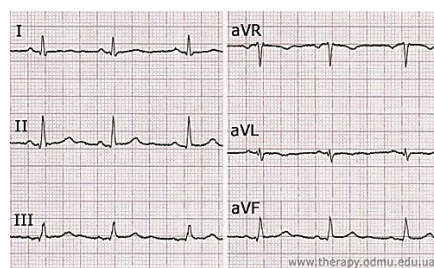
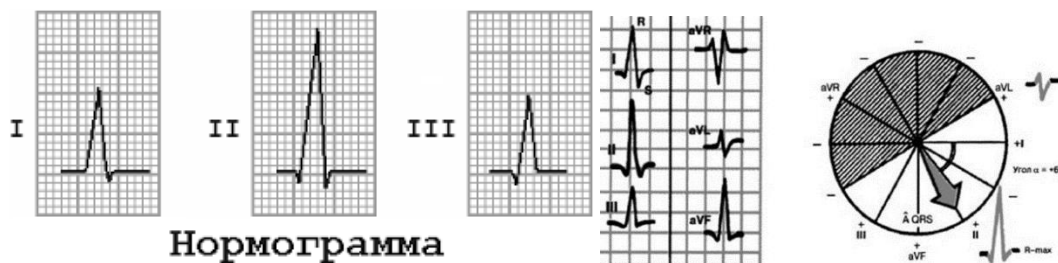
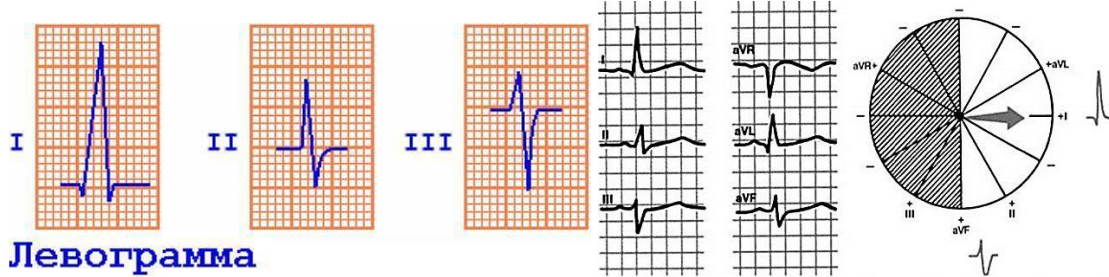


Рис. 47. Нормальное положение электрической оси сердца (нормограмма).

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса
<https://slide-share.ru/serdechno-sosudistaya-sistema-232379>)

R 1 > R 2 > R 3



Левограмма

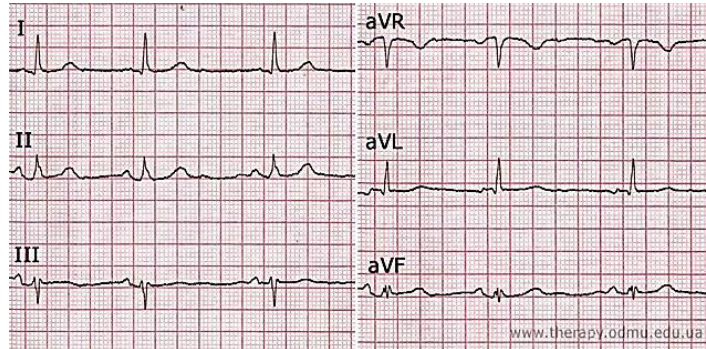
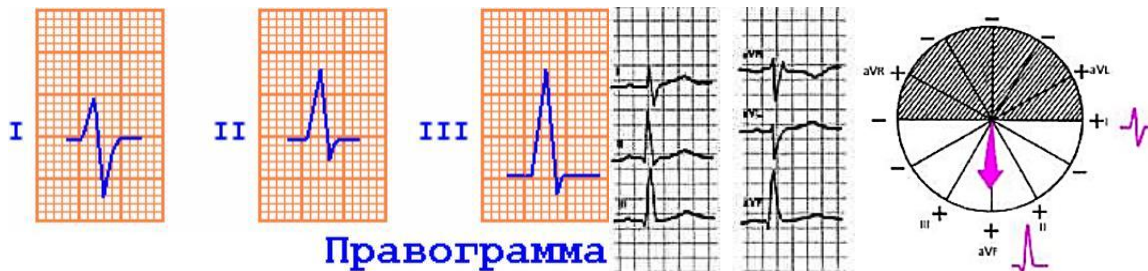


Рис. 48. Горизонтальное положение электрической оси сердца (левограмма)

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://slide-share.ru/serdechno-sosudistaya-sistema-232379>)

R 3 > R 2 > R 1.



Правограмма

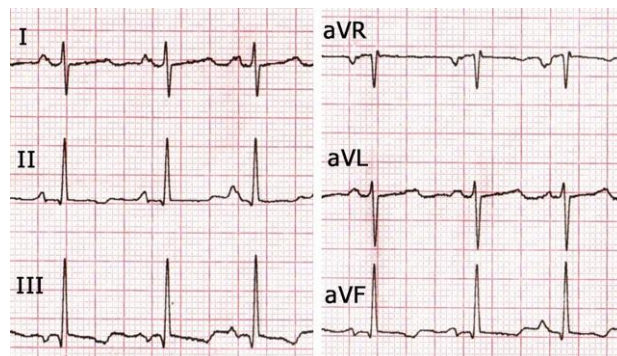


Рис. 49. Вертикальное положение электрической оси сердца (правограмма).

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://slide-share.ru/serdechno-sosudistaya-sistema-232379>)

Определить электрическую ось сердца можно и с помощью однополюсных отведений. В случае преимущества положительного зубца R в отведении aVL электрическая ось сердца считается горизонтальной, если в отведении aVF комплекс QRS имеет форму QS или rS (рис.40.).

При доминировании положительного зубца R в отведении aVF электрическая ось сердца считается вертикальной, если в отводе aVL комплекс QRS имеет форму QS или rS (рис. 41).

5. *Определить повороты сердца относительно продольной оси в горизонтальной плоскости.*

Грудное отведение ЭКГ, где амплитуда зубцов R и S примерно одинакова, называют переходной зоной. В большинстве случаев переходная зона отмечается в отведениях V3 -V4 (Рис. 50. А).

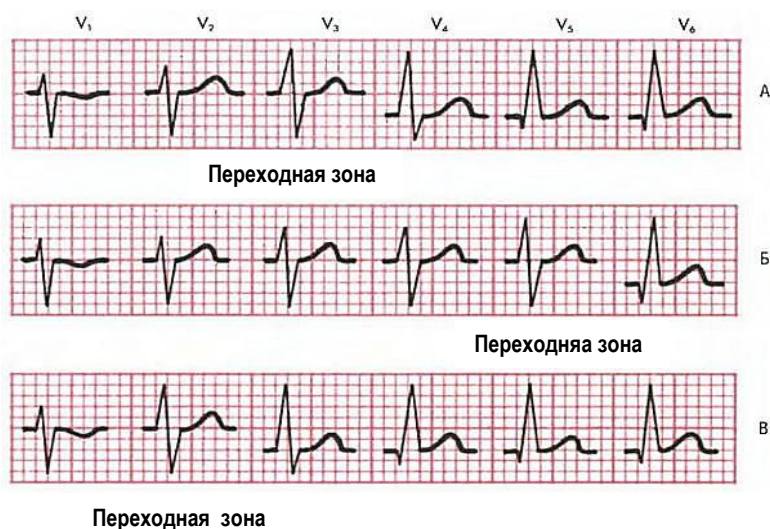


Рис.50. Локализация переходной зоны

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://kashel.su/krov/otvedenia-ekg>)

При повороте сердца вокруг продольной оси *относительно часовой стрелки* (если смотреть за вращением сердца снизу со стороны верхушки) переходная зона смещается влево в отведении V5 (Рис.42 Б), в отведении V6 регистрируется выраженный зубец S, комплекс RS регистрируется в I стандартном отведении, в III отведении наблюдается комплекс qR.

При повороте сердца вокруг продольной оси *против часовой стрелки* переходная зона смещается вправо в отведение V2 (Рис.42 В), комплекс QRS формы qR регистрируется в отведении V6, а также в I стандартном отведении.

6. *Определить вольтаж ЭКГ.*

Вольтаж ЭКГ можно оценить по высоте зубца R в мВ в стандартных и грудных отведениях. Высоту зубца R можно определять в мм. В

стандартных отведениях высота зубца R не менее 5 и не более 22 мм, в грудных отведениях - не менее 8 и не более 25 мм.

7. *Охарактеризовать отдельные элементы ЭКГ:* зубцы, сегменты, интервалы, комплексы.

Рекомендации по оформлению результатов работы. Вклеить в протоколы ЭКГ, записанную в различных отведениях, сделать необходимые расчеты. Сделать вывод на основании проведенного анализа ЭКГ согласно вышеприведенному плану.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Электрическая ось сердца, определение ее положения.
2. Регистрация и анализ ЭКГ у человека.
3. Какие процессы в сердечной мышце отражает ЭКГ?
4. Какие функции сердечной мышцы можно оценить по ЭКГ?
5. Что такое электрическая ось сердца?
6. Положение электрической оси сердца в норме.
7. Дать понятие переходной зоны.
8. Как определить по ЭКГ ритм, частоту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 263-266.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород: Издательство НГМА, 2005.- С. 224-229.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 332-338.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 501-516.
5. Мурашко В. В., Струтынский А. В. Электрокардиография: Учеб. пособие. — М.: Медпресс, 2000. — С. 59-109.
6. <https://www.grandars.ru/college/medicina/elektrokardiografiya.html>
7. https://studbooks.net/80748/meditsina/dinamika_vozbuzhdeniya_serdtsa

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Исследование физиологических свойств сердечной мышцы по ЭКГ

Научно-методическое обоснование темы: знание механизмов формирования электрокардиограммы и умение провести анализ этой кривой является необходимым, так как позволяет врачу определить, что

является водителем ритма сердца, оценить последовательность, скорость распространения возбуждения в сердце, ритмичность и частоту генерации импульсов возбуждения водителем ритма сердца, охарактеризовать в общем свойства сердечной мышцы.

Учебная цель.

Знать: Механизм автоматизма сердца, проводящую систему сердца, свойства ЭКГ, которые можно определить по ЭКГ, параметры характеризующие определенные свойства сердца.

Уметь: Определить автоматизм синусового узла, определить наличие экстрасистол, определить функцию проводимости миокарда.

Для работы необходимы: электрокардиограммы.

Работа 1. Определить автоматизм синусового узла.

Функцию автоматизма синусового узла определяют по частоте и ритму сердечных сокращений. При нарушении автоматизма синусового узла возникают аритмии. Различают:

- *синусовую тахикардию* - водителем ритма является синусовый узел, ритм правильный, частота сердечных сокращений превышает 80 в минуту. Зубцы ЭКГ обычно не отличаются от нормы, расстояние R-R одинаково, укорочено, укороченный и интервал T-P. Она может быть связана с повышением тонуса симпатического отдела нервной системы, снижением тонуса блуждающего нерва, повреждением синусового узла вследствие его ишемии; воздействием на синусовый узел различных инфекций, токсинов.

- *синусовую брадикардию* - характеризуется замедлением синусового ритма, когда частота сердечных сокращений от 40 до 60 в минуту. Ритм правильный, водителем ритма является синусовый узел, автоматизм которого снижен. Зубцы ЭКГ обычно изменены, интервалы R-R одинаковы и удлиненные. Она может быть связана с повышением тонуса блуждающего нерва, снижением тонуса симпатического отдела нервной системы, местным воздействием на синусовый узел (инфаркт, гипоксия), инфекционно-токсическими воздействиями.

- *синусовую аритмию* - она возникает при нерегулярной деятельности синусового узла, что приводит к неравномерному образованию в нем импульсов возбуждения. Это вызывает периоды ускорения и замедления ритма. Расстояние R-R между различными комплексами QRS неодинаково и разница между продолжительностью самого короткого и самого длинного интервала R-R превышает 10% от среднего расстояния R-R (рис.51).

Различают дыхательную и недыхательную синусовую аритмию (чаще встречается дыхательная форма). Изменение частоты сердечных

сокращений во время дыхания могут быть связаны с колебаниями тонуса симпатического и блуждающего нервов в связи с фазами дыхания.

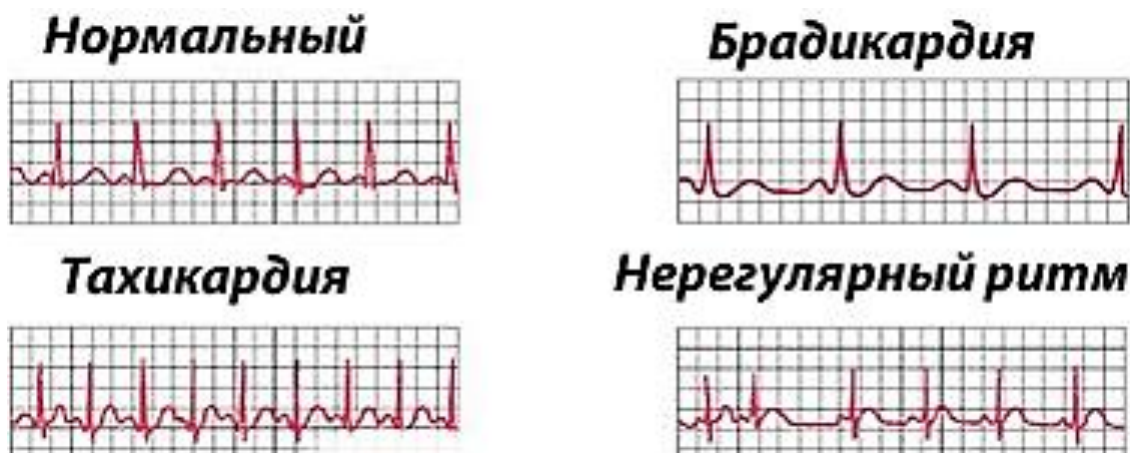


Рис.51. Синусовые ритмы

(изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://ekgcardio.ru/srednij-uroven-ekg/sinusovye-aritmii.html>)

Работа 2. Определить наличие экстрасистол.

При наличии дополнительного очага возбуждения в сердце возможно временное угнетение синусового ритма с образованием внеочередного импульса и последующего сокращения сердца - *экстрасистолы*. Это преждевременное возбуждение и сокращение всего сердца или его отделов, импульс для которого обычно выходит из разных участков проводящей системы сердца.

У здоровых людей экстрасистолия носит функциональный характер и может провоцироваться различными вегетативными реакциями, эмоциональным напряжением, курением, злоупотреблением крепким чаем, кофе, алкоголем и др.

Различают следующие типы экстрасистол:

- *предсердные экстрасистолы* - характерным для ЭКГ является деформация зубца Р. Комплекс QRS неизменный, после предсердной экстрасистолы наступает *компенсаторная пауза* (Рис.44)
- *желудочковые экстрасистолы* - отмечается расширение и деформация комплекса QRS, отсутствует связь с зубцом Р, наблюдается полная компенсаторная пауза.

Для левожелудочковой экстрасистолы характерен высокий зубец R в V₁ и глубокий зубец S в V₅₋₆.

Для правожелудочковой экстрасистолы характерен высокий зубец R в V₅₋₆, глубокий зубец S в V₁₋₂ (Рис.52).

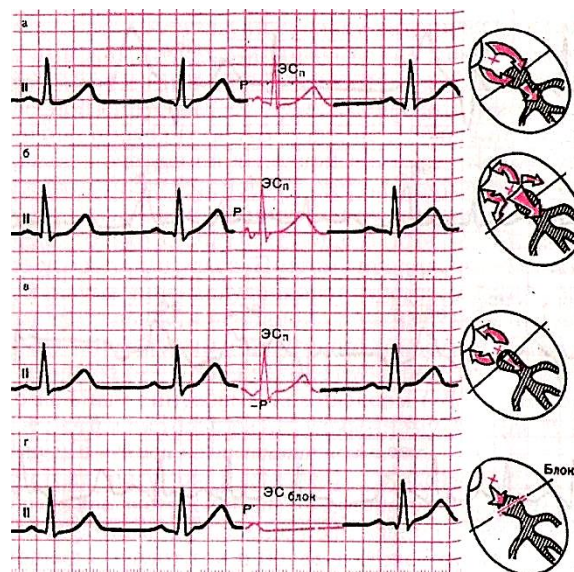


Рис. 52. ЭКГ в 2 стандартном отведении при предсердной экстрасистолии
 (изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://emhelp.jimdofree.com>)

- а – с верхних отделов предсердий (зубец Р позитивный);
- б – со средних отделов предсердий (зубец Р деформированный, двуфазный или сниженный);
- в – с нижних отделов предсердий (зубец Р негативный);
- г – блокированная предсердная экстрасистола (отсутствует экстрасистолический комплекс QRST после зубца Р).

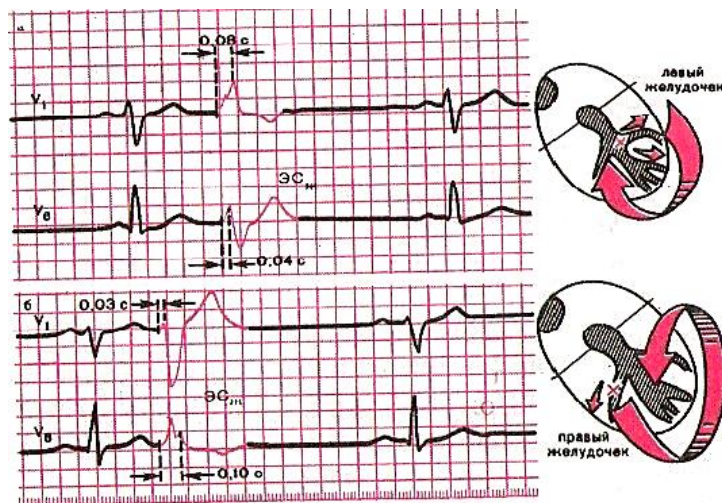


Рис. 53. ЭКГ при левожелудочковой (а) и правожелудочковой (б) экстрасистолах (При левожелудочковой экстрасистоле интервал внутреннего отклонения QRS увеличен в отведении V₁, при правожелудочковой – в отведении V₆).
 (изображение из свободного доступа интернет-ресурса <https://emhelp.jimdofree.com>)



Рис. 54. ЭКГ при экстрасистолии из АВ-соединения

(а-экстрасистолической импульс одновременно достигает предсердий и желудочков, комплекс QRS и зубцы P'сливаются друг с другом (зубца P' экстрасистолы не видно) б - экстрасистолической импульс сначала достигает желудочков, а затем предсердий, отрицательный зубец P' находится после желудочкового комплекса QRS ").

(изображение из свободного доступа на интернет-ресурсах <http://kbnk.info/blog/college/89.html>)

Работа 3. Определить функцию проводимости миокарда.

В нормальных условиях импульс от синусового узла распространяется по миокарду в определенной последовательности. Нарушение функции проводимости могут быть локализованы на разных уровнях. Различают:

- **синоатриальную блокаду** - импульс с синусового узла не проводится к предсердиям (импульс не образуется в синусовом узле, слабый импульс, который предсердия не воспринимают):
 - I степени - замедление образования импульсов в синусном узле или замедление его проведения (на ЭКГ не улавливается)
 - II степени - часть импульсов не доходит к предсердиям, выпадают сокращения предсердий и желудочков. На ЭКГ - укорочение интервала P-P, за ним длительная пауза;
 - III степени - полная блокада. На ЭКГ - выпадение зубца P, комплекса QRS и зубца T, регистрируется изолиния. Наблюдается при воспалительных состояниях миокарда, пороках сердца, атеросклеротических процессах, гиперкалиемии и др.
- **AV-блокаду** - задержка или прекращение проведения импульсов с предсердий через атриовентрикулярный узел (Рис.47):
 - I степени - на ЭКГ отмечается удлинение интервала P-Q (более 2,0 см), комплекс QRS неизмененный (хроническая ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, миокардиты)
 - II степени - когда один или несколько импульсов с синусового узла не могут быть проведены к желудочкам, вследствие чего выпадает одно или более сокращений желудочков. На ЭКГ постепенное ухудшение AV-проводимости определяется в прогрессирующем удлинении интервала P-Q от комплекса к комплексу с последующим выпадением желудочкового комплекса.

- III степени - полная поперечная блокада, характеризуется тем, что ни один импульс с предсердий не проходит в желудочки. Предсердия возбуждаются под влиянием синусового узла, желудочки - атриовентрикулярного. Зубцы Р не связаны с желудочковым комплексом, наслаиваются на различные моменты систолы и диастолы желудочков. В связи с тем, что предсердия сокращаются чаще, чем желудочки, расстояние Р-Р меньше R-R.
- *блокада ножек пучка Гиса* - возбуждение или полное прекращение проведения возбуждения по правой или левой ножке пучка Гиса. Блокада правой ножки пучка Гиса диагностируется по грудным отведениям; есть изменения в стандартных отведениях. Блокада левой ножки пучка Гиса также характеризуется изменениями как в грудных, так и в стандартных отведениях.

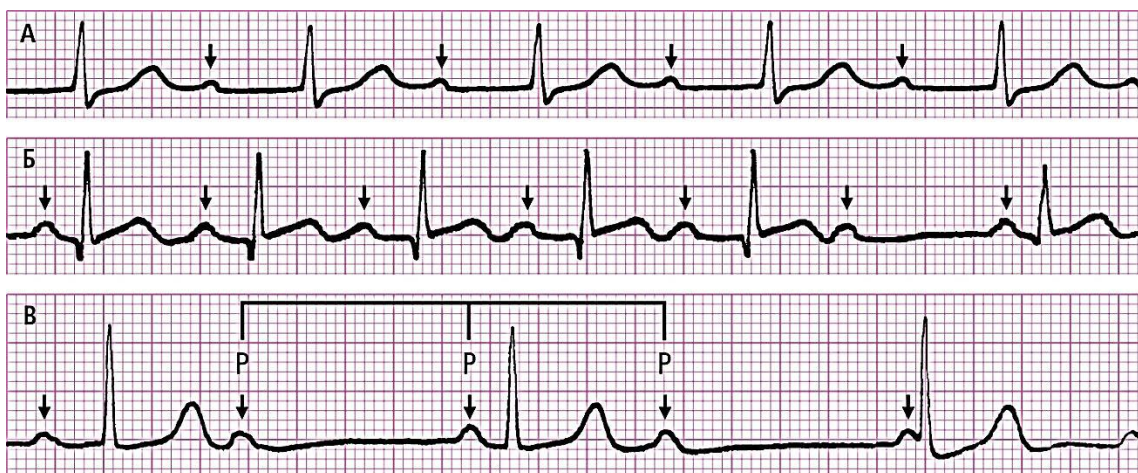


Рис. 55. АВ-блокады

(А - удлинение интервала PQ (АВ-блокада I ст.), Б - выпадение комплекса QRS, которому предшествовало постепенное удлинение следующих интервалов PQ (АВ-блокада II ст. Типа Венкебаха), В - хаотичная изменчивость продолжительности интервалов PQ, связанная с независимым ритмом зубцов Р и комплексов QRS (АВ-блокада III ст., Заместительный ритм из АВ-соединения). Интервалы PP, разделены комплексом QRS, есть короче, чем интервалы PP, не разделены комплексом QRS (стрелки указывают на зубцы Р).

(изображение из свободного доступа на интернет-ресурсах <https://empendium.com/ua/chapter/B27.П.2.7.2.>).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие свойства сердечной мышцы можно оценить по ЭКГ?
2. Основные виды аритмий.
3. Изменение возбудимости и появление экстрасистол.
4. Нарушение функции проводимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 263-266.

2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород: Издательство НГМА, 2005.- С. 224-229.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 332-338.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 501-516.
5. Мурашко В. В., Струтынский А. В. Электрокардиография: Учеб. пособие. — М.: Медпресс, 2000. — С. 59-109.
6. <https://www.grandars.ru/college/medicina/elektrokardiografiya.html>
7. https://studbooks.net/80748/meditsina/dinamika_vozbuzhdeniya_serdtsa

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Исследование насосной функции сердца, тонов сердца. ФКГ.

Научно-методическое обоснование темы. Сокращение сердца обуславливают изменения давления крови в камерах сердца и кровеносных сосудах. Состояние кровообращения в организме зависит от деятельности сердца как насоса. Поэтому знать и уметь оценить насосную функцию сердца очень важно для деятельности врача.

В течение каждого сердечного цикла возникают звуковые проявления работы сердца - **тоны**. В основе формирования сердечных тонов лежат колебательные движения различных структур сердца: клапанов, мышц, сосудистой стенки. Как любые колебания, тоны сердца характеризуются такими параметрами, как интенсивность (амплитуда), частота (количество колебаний за 1 сек) и продолжительность.

В настоящее время различают 6 тонов сердца. В клинической практике чаще всего определяют I и II тоны, иногда III и IV. Выслушивание тонов называется **аускультацией**, а графическая их регистрация - **фонокардиографией**. ФКГ дополняет метод аускультации и позволяет объективно оценить продолжительность тонов и шумов сердца, которые возникают в условиях патологии.

При поражении клапанов сердца или дефектах межжелудочковой перегородки возникают сердечные шумы. Исследование сердечного цикла в современной медицине включает применение ряда методов инструментальной диагностики и, в том числе аускультацию тонов сердца и фонокардиографию.

Изучение тонов и шумов сердца имеет большое клиническое значение, поскольку дает возможность оценить состояние клапанов сердца,

выяснить условия прохождения крови из одной камеры сердца ко второй и к крупным сосудам.

Учебная цель.

Знать: устройство и функции сердца, структуру сердечного цикла, а также принципы основных методов исследования насосной функции сердца.

Уметь: выявить на фонокардиограмме основные тоны сердца, объяснить их происхождение, выслушивать тоны сердца в основных точках.

Для работы необходимы: тонометр, фонендоскоп, фонокардиограммы.

Работа 1. Выслушать тоны сердца в состоянии покоя.

Места выслушивания компонентов тонов сердца: 5-е межреберье слева на 1 см внутрь от среднеключичной линии - двустворчатый клапан, 2-е межреберье справа от края грудины - клапаны аорты, 2-е межреберье слева от грудины - клапаны легочной артерии, основа мечевидного отростка - трехстворчатый клапан.

Работа 2. Выслушать тоны сердца после физической нагрузки.

У одного и того же исследуемого прослушать тоны до и после физической нагрузки (20 приседаний за 30 сек).

Работа 3. Проанализировать фонокардиограмму.

Записать фонокардиограмму для 2-3 испытуемых, а затем сделать ее анализ. Использовать стандартные фоно- и поликардиограммы.

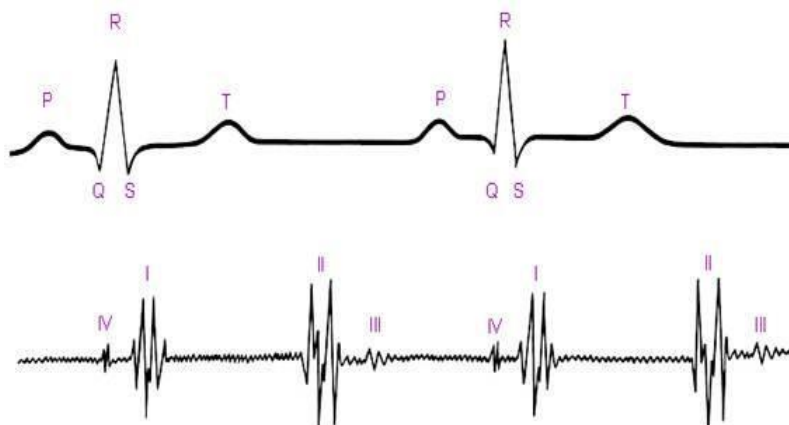


Рис. 56. Электрокардиограмма (А), фонокардиограмма (Б)

(изображение из свободного доступа на интернет-ресурсах

https://studopedia.com.ua/1_221149_mistsya-auskultatsii-prosluhovuvannya-klapaniv-sertsya.html)

Рекомендации по оформлению результатов работы. Нарисовать фрагмент ФКГ, отметив на ней I и II тоны сердца.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Роль сердца в гемодинамике.
2. Изменения давления и объема крови в полостях сердца в течение сердечного цикла.
3. Роль клапанов сердца в гемодинамике.
4. Тоны сердца, их происхождение.
5. Методы регистрации тонов сердца.
6. Место наилучшего выслушивания тонов сердца.
7. Анализ фонокардиограммы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 236-240, 266-267.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород: Издательство НГМА, 2005.- С. 204-208, 229-230.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 338-349.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 565-569.
5. <https://studfile.net/preview/5751388/page:27/>
6. https://studbooks.net/80753/meditsina/mechanicheskaya_rabota_tony_serdtca
7. <https://ru.coursera.org/lecture/phyheart/3-6-nasosnaia-funktsiia-sierdtca-LB8Rz>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Исследование артериального давления и пульса у человека. СФГ.

Научно-методическое обоснование. Кровь должна постоянно обеспечивать транспорт кислорода и питательных веществ к клеткам субстратов, необходимых для их функционирования, а также удаление продуктов жизнедеятельности тканей. Одним из механизмов, обеспечивающих движение крови, является поддержание необходимого уровня кровяного давления. Знание механизмов развития артериального давления и его изменений, обмена жидкости между кровью и тканями нужны врачу для коррекции этих констант в случае их нарушения. Кроме того, артериальный пульс и кровяное давление является показателями, по

которым можно судить о работе сердца и состоянию сосудов. Поэтому умение оценить эти показатели необходимо врачу.

Учебная цель:

Знать: Механизмы происхождения артериального давления, механизмы развития артериального давления, и факторы, обуславливающие его изменения.

Уметь: Оценить показатели артериального пульса с помощью пальпации; проанализировать сфигмограмму сонной артерии. Измерить артериальное давление у человека, оценить его показатели и назвать факторы, от которых зависит его величина.

Для занятия необходимы: пульсотометр, тонометр, фонендоскоп, секундомер.

Работа 1. Исследовать пульс методом пальпации.

Лучевую артерию слегка прижимают подушечками указательного, среднего и безымянного пальцев к подлежащей кости в дистальном конце предплечья. Пульс считают в течение 1 минуты, определяют частоту, ритм, наполнение, напряжение в покое и после физической нагрузки (15-20 приседаний).

Рекомендации по оформлению результатов работы. Записать результаты подсчета пульса в состоянии покоя и после нагрузки. В выводах указать, нормальная частота пульса в состоянии покоя, ее изменения после физической нагрузки.

Работа 2. Записать и проанализировать сфигмограмму.

Оценить такие качества пульса: частоту, ритм, высоту, скорость.

Рекомендации по оформлению результатов работы. Нарисовать сфигмограмму в протоколе, отметить на ней анакроту, катакроту, дикротический подъем, инцизуру. Отметить часть кривой, которая соответствует одному сердечному циклу.

Работа 3. Измерить артериальное давление в состоянии покоя и после физической нагрузки.

Артериальное давление определяют аускультативным методом по Короткову. Измерить давление в состоянии покоя, сразу и через 5 минут после физической нагрузки (20 приседаний за 30 сек). По реакции на физическую работу определить тип реакции сердечно-сосудистой системы:

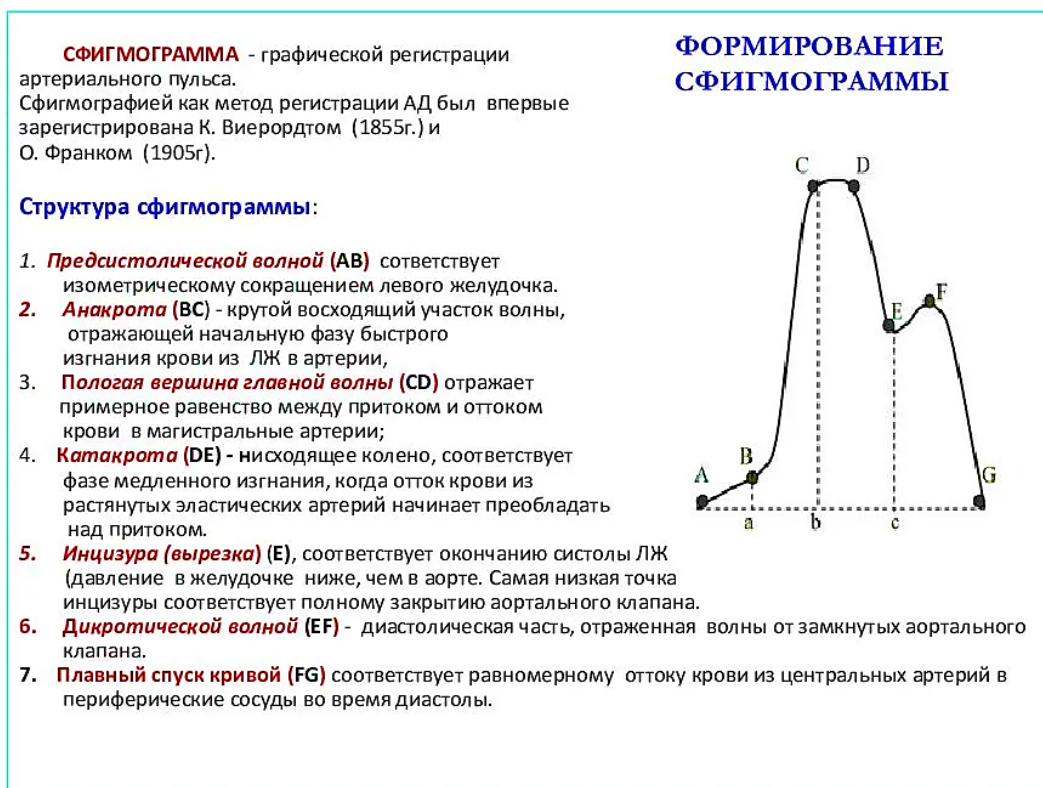
I тип - нормотонический - незначительное повышение систолического давления и неизменное или немного повышенное диастолическое давление;

II тип - гиперстенический - значительно повышенное систолическое и диастолическое давление;

III тип - гипостенический - незначительное снижение (до 10 мм рт. ст.) систолического и диастолического давления;

IV тип - астенический - ускорение сердечной деятельности при незначительных изменениях систолического артериального давления.

Если при II, III, IV типах реакции восстановительный период продолжается более чем 5 мин, эти реакции считаются неадекватными, они свидетельствуют о низких функциональных возможностях сердечно-сосудистой системы.



Рекомендации по оформлению результатов работы. Записать результаты измерений в протокол и сделать выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Законы гемодинамики.
2. Артериальный пульс, скорость пульсовой волны.
3. Клинические характеристики пульса.
4. Анализ сфигмограммы.
5. Методы определения кровяного давления.
6. Факторы, влияющие на величину давления.
7. Понятие пульсового, среднединамического давления.
8. Изменения давления при физической работе.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница: Новая книга, 2009.- С. 245-251, 267-274.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 235-237, 238-239.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 367-371..
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 579-598.
5. Исследование пульса и артериального давления [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/14480/1>
6. <http://repo.knmu.edu.ua/bitstream/123456789/14480/>
7. https://mir.ismu.baikal.ru/src/downloads/c70046b3_kalyagin_puls_ad.pdf

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Роль сосудов в кровообращении. Законы гемодинамики. Реография.

Научно-методическое обоснование темы. В основу гемодинамики - науки о движении крови через сосуды и сердце, - положены законы гидродинамики. Основными гемодинамическими показателями движения крови через сосуды является артериальное давление, скорость кровообращения и периферическое сопротивление сосудов.

Реография - это бескровный метод исследования общего и органного кровообращения и позволяет охарактеризовать гемодинамику любого органа, в том числе артериального кровенаполнения, тонуса артерий, венозного оттока, коллатерального кровообращения и микроциркуляции.

К понятию гемодинамики относят закономерности, согласно которым осуществляется движение крови по кровеносным сосудам. Факторами, которые обеспечивают кровообращение, являются: градиент давления, поперечное сечение сосуда, площадь этого сечения и другие. В клинической практике для их оценки используются различные физиологические методы: исследование пульса, кровяного давления, объемной скорости кровотока.

Учебная цель.

Знать: законы гидродинамики и возможность их применения в гемодинамике, функциональное дифференцирование сосудистого русла и его роль в гемодинамике

Уметь: измерить артериальное давление, проанализировать реограмму; оценить и интерпретировать показатели гемодинамики, характеризующие кровообращение во время приспособительных реакций.

Для работы необходимы: кушетка, тонометр, фонендоскоп, ИПК-1, реограммы, реограф.

Работа 1. Определить величину систолического и минутного объема кровотока в покое и после физической нагрузки.

В исследуемого в состоянии покоя определяют систолическое и диастолическое давление по методу Короткова. Рассчитывают величину пульсового давления (ПД), выясняют возраст (В), определяют частоту пульса (ЧП). Полученные данные подставляют в формулу Старра для расчета систолического (СО) и минутного объема (МОК) кровотока:

$$СО = 90,97 + 0,54 \cdot ПД - 0,57 \cdot ДД - 0,61 \cdot В, \text{ где}$$

СО — систолический объем, мл;

ПД — пульсовое давление, мм рт. ст.;

ДД — диастолическое давление, мм рт. ст.;

В — возраст, годы.

В норме СО в покое — 70-80 мл, а при нагрузке — 140- 170 мл.

$$МОК = СО \times ЧП$$

Подобные расчеты выполнить с данными, полученными после физической нагрузки (20 приседаний за 30 сек).

Рекомендации по оформлению результатов работы. Записать результаты измерения давления, определить величину систолического и минутного объема по формулам. Сделать выводы.

Работа 2. Определить относительную скорость кровотока с помощью индикатора потока крови ИПК-1 (демонстрация).

Работа 3. Сделать запись реограммы конечностей.

Для регистрации реограммы конечностей используют электроды, которые накладывают продольно на плечо и предплечье, или на бедро и голень. Чем больше расстояние между двумя электродами, тем больше колебания сопротивления между ними и тем выше реографические волны. Обследуемого укладывают за 15 мин до начала исследования. После

наладки установки и наложения электродов записывают реограмму, а затем калибровочный сигнал в 0,1 Ом, нажимая кнопку калибратора.

По реограмме определяют величину систолического притока по реографическому индексу (РИ), или по отношению амплитуды реограммы H (мм) к высоте калибровочного сигнала E (мм). У здоровых людей РИ колеблется от 1 до 3. Схематическое изображение такой реограммы показано на рисунке.

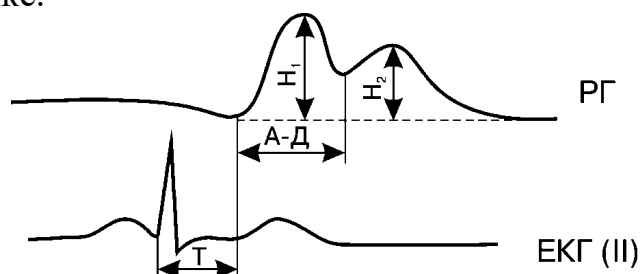


Рис 57. Реограмма здорового человека

(T — время распространения пульсовой волны.
 $A-D$ — расстояние от начала подъема кривой до начала отраженной или дикротической волны (характеризует периодизгнания крови из левого желудочка).
 H_1 — высота основной волны.
 H_2 — высотаотраженнойволны.)

Соотношение H_2/H_1 характеризует состояние оттока крови из артерий в вены и тонус венозных сосудов. РИ - реографический индекс (отношение H_1 к величине калибровочного сигнала) характеризует величину артериального притока и эластичность сосудов.

Заостренная или зазубренная вершина волны указывает на значительное повышение тонуса сосудов. Заокругленные и уплотненные реографические волны, сглаженность или отсутствие дополнительных волн на нижней части кривой, нерегулярность появления указывают на потерю эластических свойств сосудистой стенки. Высокая венозная волна, превышающая по высоте артериальный подъем кривой, указывает на появление венозного застоя.

Рекомендации по оформлению результатов работы. Реограмму вклеить в протокол, отметить анакроту, катакроту, дикроту, инцизуру. Определить реографический индекс, дать характеристику артериального притока, венозного оттока крови. Сделать вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Систолический и минутный объемы кровотока.
2. Плетизмография и ее значение в медицине.
3. Линейная и объемная скорость кровотока.
4. Основные принципы реографии.
5. Реограмма и ее показатели.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница: Новая книга, 2009.- С. 240-245, 251-263.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 216-223, 241-243.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровського, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 349-396.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 577-643.
5. https://www.1spbgmu.ru/images/home/universitet/struktura/kafedry/kaf_normalnoi_fiziologii/2016
6. <https://sibmeda.ru/directories/diagnostic-methods/element/reografiya/>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

Исследование регуляции деятельности сердца и регуляции кровообращения.

Научно-методическое обоснование темы. Регуляция кровообращения заключается в обеспечении величины минутного объема крови в соответствии с потребностями организма за счет изменения систолического объема желудочков сердца и частоты его сокращений, изменении диаметра сосудов сопротивления (прежде всего артериол) или изменении количества крови, депонированной в емкостных сосудах (венах).

Нервная регуляция сердечно-сосудистой деятельности определяется влиянием симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а также центральных структур мозга. Имеет место и локальное рефлекторное воздействие на сердце. Значительную роль в регуляции сердечно-сосудистой системы играют гуморальные механизмы (гормоны, продукты клеточного метаболизма, электролиты).

Болевые раздражения вызывают заметные изменения в системе кровообращения. Эти отклонения зависят от интенсивности раздражения и реактивности организма. Характер изменений сердечной деятельности зависит от начальной скорости сердцебиения: она может ускоряться (тахикардия) или замедляться (брадикардия) после болевого раздражения. Тахикардия чаще наблюдается у лиц с преимуществом тонууса симпатического отдела вегетативной нервной системы, а замедление - у лиц с преимуществом парасимпатических влияний.

Регуляция деятельности сердца заключается в обеспечении соответствующей потребностям организма величины минутного объема

крови за счет изменения систолического объема желудочков сердца и частоты его сокращений. Нервная регуляция деятельности сердца определяется влиянием симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а также центральных структур мозга. В состоянии покоя симпатических нервов сердца характерна умеренная тоническая активность. Ей противостоит более выражена тоническая импульсация блуждающих нервов. Многие гормоны, биологически активные вещества, циркулирующие в крови, вызывают изменения сердечной деятельности.

Приспособление кровообращения к требованиям организма осуществляется благодаря тесной взаимосвязи местных и центральных механизмов. Система регуляторных механизмов обеспечивает определенное соотношение между работой сердца, просветом и емкостью сосудистого русла и количеством циркулирующей крови. Благодаря этим показателям поддерживаются оптимальные условия кровоснабжения органов и тканей в соответствии с их состоянием.

Знание механизмов, обеспечивающих изменения в деятельности сердца, нужны врачу для коррекции в случае их нарушения.

Учебная цель.

Знать: механизмы миогенной, гуморальной и нервной регуляции деятельности сердца; механизмы регуляции деятельности сердца и сосудов при различных приспособительных реакциях организма.

Уметь: измерить артериальное давление, объяснить механизмы регуляции частоты сокращений сердца (ЧСС), скорости предсердно-желудочкового проведения, возбуждения, возбудимости и сократимости миокарда, обеспечивающих приспособительные изменения деятельности сердца как насоса в системе кровообращения.

Для работы необходимы: кимограф, универсальный штатив, кардиограф Энгельмана, пробковая пластина, набор инструментов, вата, марля, физиологический раствор Рингера, лигатура, источник тока, электроды, растворы хлористого кальция, калия и адреналина, кушетка, тонометр, фонендоскоп.

Работа 1. Изучить рефлекс Гольца на сердце лягушки.

У декапитированной, но не обездвиженной лягушки раскрыть сердце, не раскрывая брюшную полость. Подсчитать число сокращений в минуту, зарегистрировать кардиограмму. Затем отрывисто ударять по животу лягушки ручкой пинцета. Следить за работой сердца. Определить время остановки сердца в секундах. Повторить наблюдения. Зарегистрировать кардиограмму. Разрушить спинной мозг и повторить опыт.

Работа 2. Изучить влияние раздражения вагосимпатического ствола на работу сердца лягушки.

В той же декапитированной лягушки найти вагосимпатический ствол. Зарегистрировать кардиограмму и подсчитать число сокращений в 1 мин. Нанести кратковременное раздражение с помощью электродов, зарегистрировать кардиограмму. На записи найти результат раздражения и симпатического влияния. Через 2 - 3 минуты нанести длительное раздражение. Отметить, будет ли соответствовать остановка сердца и время раздражения.

Работа 3. Изучить влияние избытка ионов кальция, калия, растворов адреналина и ацетилхолина на работу сердца.

Обнаженное сердце лягушки осторожно поднять пинцетом и отделить маленькими ножницами от тела, сохранив все отделы сердца, и особенно водитель ритма (венозный синус).

Изолированное сердце поместить в бюкс с раствором Рингера. Подсчитать число сокращений в минуту. Добавить одну каплю раствора хлористого кальция, отметить изменение силы и амплитуды сокращений. Отмыть сердце от раствора и добиться выходных параметров сокращения. Добавить одну каплю хлористого калия. После подсчета числа сокращений снова отмыть сердце и добавить каплю разбавленного адреналина. Опять восстановить исходные параметры работы сердца и добавить раствора ацетилхолина. Сделать вывод.

Работа 4. Изучить рефлекс Чермака с каротидных синусов.

Определить число сердечных сокращений. Надавливать на область сонных синусов (на уровне углов нижней челюсти) в течение 10 сек с обеих сторон одновременно. Определить изменение сердечных сокращений.

Работа 5. Изучить глазо-сердечный рефлекс (Данини - Ашнера).

Определить частоту пульса. Надавить на область глазных яблок в течение 10 сек и снова определить пульс. Слабая или нулевая выразительность глазо-сердечного рефлекса указывает на тормозное состояние соответствующих образований в центральных отделах парасимпатического отдела нервной системы.

Работа 6. Провести клиностатическую пробу.

Испытуемый стоит в свободной позе 10 мин у кушетки. На 1 и 5 минутах у него определяют АД и пульс. Затем испытуемый ложится на кушетку и у него определяют АД и пульс на 1 и 5 минутах.

Работа 7. Провести ортостатическую пробу.

В положении лежа у испытуемого на 1 и 5 минутах определяют АД и пульс. На 11 минуте переводят испытуемого в положение стоя и снова определяют АД и пульс.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Миогенные механизмы регуляции сердца.
2. Влияние вегетативных нервов на деятельность сердца.
3. Рефлекторная регуляция деятельности сердца.
4. Роль гормонов в регуляции деятельности сердца.
5. Зависимость деятельности сердца от ионного состава крови.
6. Гемодинамический центр, его структура, прессорные и депрессорные рефлексы (собственные и сопряженные).
7. Рефлекторная регуляция деятельности сердца.
8. Периферические и центральные компоненты системы саморегуляции кровяного давления.
9. Регуляция кровообращения при приспособительных реакциях организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница: Новая книга, 2009.- С. 240-245, 251-263.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород:Издательство НГМА, 2005.- С. 216-223, 241-243.
3. Физиология человека, Т.2, под. редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротко.- Москва: Медицина, 2001.- С. 349-396.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 577-643.
5. <https://foxford.ru/wiki/biologiya/serdechno-sosudistaya-sistema-printsipy-regulyatsii-krovoobrascheniya>
6. <https://www.grandars.ru/college/medicina/regulyaciya-raboty-serdca.html>

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

Решение ситуационных задач по содержательному модулю 12. Практические навыки по физиологии системы кровообращения.

Научно-методическое обоснование темы. Занятие носит обобщающий прикладной характер и необходимо для формирования целостного представления о системе кровообращения, умения применять

знания для решения ситуационных задач и выполнения практических навыков.

Учебная цель.

Знать:

- Строение и функции системы кровообращения ее роль в организме
- Механизмы регуляции минутного объема крови (МОК) как интегрированного показателя кровообращения на основе анализа параметров гомеостаза в соответствии с уровнем метаболизма;
- Физиологические свойства сердца, которые обеспечивают его насосную функцию (автоматизм, возбудимость, проводимость, сократимость), на основе анализа ЭКГ, МОК, механизмы их регуляции;
- Функцию сердца как насоса на основании продолжительности сердечного цикла, структуры его фаз и периодов, величины МОК, давления крови в камерах сердца и в аорте и легочной артерии, параметров тонов сердца.

Уметь:

- Анализировать регулируемые параметры деятельности сердца как насоса и делать выводы о механизмах ее регуляции;
- Анализировать основные параметры кровообращения и делать выводы о состоянии кровеносных сосудов и механизмы регуляции тонуса артериальных и венозных сосудов;
- Анализировать регулируемые параметры кровообращения и делать выводы о механизмах регуляции системы кровообращения в покое и при осуществлении функциональных проб (при изменении положения тела, физической нагрузке).
- Объяснять особенности регионарного кровообращения (коронарного, мозгового, легочного, брюшного) и делать выводы о состоянии кровеносных сосудов этих регионов и их регуляцию.
- Анализировать возрастные изменения параметров кровообращения и делать выводы о физиологических свойствах сердца как насоса, функции кровеносных сосудов и механизмы регуляции кровообращения
- Объяснять физиологические основы методов исследования системы кровообращения: определение МОК, артериального и венозного давления, пульса, регистрации ЭКГ, ФКГ, СФГ.

Для работы необходимы: тесты 1-3 уровней, ситуационные задачи, электрокардиограммы, поликардиограммы.

Р а б о т а 1. Решение тестов 1-3 уровней (Ответить на вопрос, приведенные в тестах, отметить правильный ответ).

1. Между разными элементами проводящей системы сердца существует градиент автоматии. Какое из перечисленных её образований обладает наиболее высокой пейсмекерной активностью?
- А. Ножки пучка Гиса
 - В. Синоатриальный узел
 - С. Волокна Пуркинье
 - Д. Атриовентрикулярный узел
 - Е. Пучок Гиса
2. У пациента по данным электрокардиографии установлена неполная блокада пучка Гиса (правой его ножки). Какое свойство сердечной мышцы при этом нарушается?
- А. Проводимость
 - В. Возбудимость
 - С. Сократимость
 - Д. Автоматия
 - Е. Рефрактерность
3. При регистрации электрокардиограммы у больного наблюдается снижение вольтажа зубца "Р". В каком из перечисленных элементов проводящей системы сердца имеется нарушение электрогенеза?
- А. Синоатриальном узле
 - В. Атриовентрикулярном узле
 - С. Пучке Гиса
 - Д. Ножках пучка Гиса
 - Е. Волокнах Пуркинье
4. При обращении к врачу с жалобами на боли в области сердца пациенту произведена запись электрокардиограммы, на которой отмечается вольтаж и расщепление зубца "R". В какой части проводящей системы нарушен электрогенез, отражающий указанные изменения ЭКГ?
- А. Пучке Венкенбаха
 - В. Увеличивается
 - С. Синоатриальном узле
 - Д. Пучке Бахмана
 - Е. Проводящей системе желудочков
5. При визите к врачу пациент отметил, что испытывает внезапные кратковременные остановки сердца. На ЭКГ отмечаются экстрасистолы с компенсаторными паузами. В каком отделе проводящей системы возникает внеочередное возбуждение, обуславливающее указанные изменения?
- А. СА узле
 - В. Пучке Бахмана
 - С. Пучке Венкенбаха
 - Д. Пучке Торела
 - Е. АВ узле

- 6.** Сердечная мышца реагирует на различные раздражители внешней и внутренней среды изменением показателей своей деятельности: CO, МОК, ЧСС. Через какое свойство сердечной мышцы изменяются указанные показатели?
- A. Сократимость
 - B. Рефрактерность
 - C. Автоматия
 - D. Возбудимость
 - E. Проводимость
- 7.** Человек пренебрёг мерами безопасности и получил электротравму. При этом ток прошёл через сердечную мышцу. Какие опасные нарушения в работе сердца, требующие срочного вмешательства, могут возникнуть в этой ситуации?
- A. Экстрасистолия
 - B. Аритмия
 - C. Брадикардия
 - D. Тахикардия
 - E. Фибрилляция
- 8.** На электрокардиограмме пациента отмечается экстрасистолы с компенсаторными паузами. В какой из перечисленных образований сердца внеочередное возбуждение является причиной указанных изменений?
- A. Проводящей системе желудочков
 - B. Пучке Венкенбаха
 - C. Синоатриальном узле
 - D. Пучке Бахмана
 - E. Пучке Торелля
- 9.** У пациента проведена электрокардиография и выявлены экстрасистолы без компенсаторных пауз. В каком отделе проводящей системы сердца возникает внеочередное возбуждение, вызывающее указанные изменения?
- A. Атриовентрикулярном узле
 - B. Пучке Гиса
 - C. Ножках пучка Гиса
 - D. Волокнах Пуркинье
 - E. Синоатриальном узле
- 10.** При обследовании кардиологического больного установлено снижение напряжения кислорода в сердечной мышце. Какой из перечисленных методов был использован в этом случае?
- A. Электрокардиография
 - B. Полярография
 - C. Резистография
 - D. Коронарография
 - E. Кардиография

11. У пациента по данным электрокардиографии установлена неполная блокада пучка Гиса (правой его ножки). Как при этом изменится время распространения возбуждения по желудочкам?

- A. Увеличивается
- B. Остаётся нормальным
- C. Незначительно удлиняется
- D. Уменьшается
- E. Распространение возбуждения прекращается

12. Одной из особенностей сердечной мышцы является её длительная рефрактерность. В чём состоит физиологическое значение указанного свойства?

- A. Замедляет сокращения сердца
- B. Исключает тетанические сокращения
- C. Исключает одиночные сокращения
- D. Ускоряет сокращения сердца
- E. Способствует развитию тетануса

Эталонные ответы к ситуационным тестам

№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор
1	B	5	E	9	E
2	A	6	D	10	B
3	A	7	E	11	A
4	E	8	A	12	B

1. Для аускультации тонов сердца пользуются точками акустической проекции клапанов в предсердной области. Какая из ниже приведенных точек является местом наилучшего выслушивания трёхстворчатого клапана?

- A. II-е межреберье слева у края грудины
- B. У основания мечевидного отростка
- C. V-е межреберье на верхушке сердца
- D. II-е межреберье справа у края грудины
- E. III-е межреберье справа - точка Боткина

2. При аускультации сердца у пациента отмечается изменение I-го тона. Органические изменения каких структур сердца могут вызвать указанные явления?

- A. Клапанов аорты
- B. Митрального клапана
- C. Трикуспидального отверстия
- D. Трёхстворчатого клапана
- E. Клапанов легочной артерии

- 3.** Мышечный фактор является одним из компонентов, участвующих в формировании звуковых явлений в сердце. В каком из перечисленных тонов он практически не участвует?
- A. IV - м
 - B. III - м
 - C. I - м
 - D. V - м
 - E. II - м
- 4.** Для установления диагноза заболеваний сердца в клинической практике широко используется аускультация. При этом важно умение отличить I-й тон от II-го. Какая из приведенных характеристик отражает I-й тон?
- A. Продолжительный, низкий, приглушенный
 - B. Короткий, низкий, приглушенный
 - C. Короткий, высокий, звонкий
 - D. Продолжительный, низкий, звонкий
 - E. Продолжительный, высокий, приглушенный
- 5.** При использовании в хирургической практике дефибрилляции для восстановления сердечной деятельности необходимо, чтобы электрический разряд не совпадал с абсолютной рефрактерностью миокарда. Какому периоду работы сердца присуще это свойство?
- A. Систоле желудочков
 - B. Началу диастолы
 - C. Общей паузе
 - D. Середине диастолы
 - E. Концу диастолы
- 6.** Для аускультации тонов сердца пользуются точками акустической проекции клапанов в предсердной области. Какая из перечисленных точек является местом наилучшего выслушивания клапанов аорты?
- A. V-е межреберье на верхушке сердца
 - B. III-е межреберье справа - точка Боткина
 - C. II-е межреберье справа у края грудины
 - D. У основания грудины
 - E. IV-е межреберье слева у края грудины
- 7.** Звуковые явления (тоны сердца) возникают в различные периоды сердечного цикла. Какая из перечисленных фаз является необходимой для возникновения I-го тона?
- A. Изометрического расслабления
 - B. Медленного изгнания крови
 - C. Асинхронного сокращения
 - D. Быстрого изгнания крови
 - E. Изометрического сокращения

- 8.** У больного сужение митрального отверстия вызывает изменение звучания I-го тона на верхушке сердца. Что из перечисленного может быть объяснением развития указанного симптома?
- A. Недостаточный венозный приток к сердцу
 - B. Уменьшение амплитуды митрального клапана
 - C. Недостаточное наполнение левого желудочка
 - D. Переполнение кровью левого желудочка
 - E. Недостаточное наполнение левого предсердия
- 9.** Для установления диагноза заболеваний сердца в клинической практике широко используется аускультация. При этом важно умение отличить I-й тон от II-го. Какая из приведенных характеристик отражает II-й тон?
- A. Продолжительный, низкий, приглушенный
 - B. Короткий, низкий, приглушенный
 - C. Продолжительный, высокий, приглушенный
 - D. Продолжительный, низкий, звонкий
 - E. Короткий, высокий, звонкий
- 10.** Для аускультации тонов сердца пользуются точками акустической проекции клапанов в предсердной области. Какая из ниже перечисленных точек является местом наилучшего выслушивания митрального клапана?
- A. У основания мечевидного отростка
 - B. V-е межреберье на верхушке сердца
 - C. III-е межреберье справа - точка Боткина
 - D. II-е межреберье справа у края грудины
 - E. II-е межреберье слева у края грудины
- 11.** Звуковые явления (тоны сердца), сопровождающие сердечный цикл, можно зарегистрировать в виде кривых. Каким из перечисленных методов необходимо воспользоваться для этой цели?
- A. Фонокардиографией
 - B. Электрокардиографией
 - C. Эхокардиографией
 - D. Баллистокардиографией
 - E. Динамокардиографией
- 12.** При обследовании кардиологического больного установлено снижение напряжения кислорода в сердечной мышце. Какой из перечисленных методов был использован в этом случае?
- A. Электрокардиография
 - B. Полярография
 - C. Резистография
 - D. Коронарография
 - E. Кардиография
- 13.** В сфигмограмме регистрируются элементы, обусловленные колебанием артериального давления в аорте в процессе сердечного цикла. Что из перечисленного вызывает формирование «анакроты»?

- A. Повышением давления при закрытии полулунных клапанов
 - B. Повышением давления в период систолы
 - C. Повышением давления в период диастолы
 - D. Снижением давления в период систолы
 - E. Снижением давления в период диастолы
- 14.** Звуковые явления (тоны сердца) формируются в различные фазы сердечного цикла. В какую из них формируется II-й тон?
- A. Протодиастолическая
 - B. Пресистола
 - C. Изометрического расслабления
 - D. Быстрого наполнения
 - E. Медленного наполнения
- 15.** В острой стрессовой ситуации в организме человека происходит изменение объёма циркулирующей крови в сосудистой системе. Как в этой ситуации изменится объём депонированной крови?
- A. Увеличится
 - B. Уменьшится
 - C. Увеличится на 20 %
 - D. Не изменится
 - E. Увеличится на 10 %
- 16.** У человека отмечается положительный баланс натрия в результате избыточного потребления соли с пищей, что сопровождается развитием гипертензии. Какой фактор формирования кровяного давления становится ведущим в развитии этого состояния?
- A. Уменьшение объёма циркулирующей крови
 - B. Увеличение частоты сердечных сокращений
 - C. Периферическое сосудистое сопротивление
 - D. Увеличение объёмности скорости кровотока
 - E. Увеличение диуреза

Эталонные ответы к ситуационным тестам

№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор
1	B	5	A	9	E	13	B
2	B	6	C	10	B	14	A
3	E	7	E	11	A	15	B
4	A	8	C	12	B	16	D

1. Частота сердечных сокращений у новорожденных детей выше, чем у взрослого человека почти в два раза и составляет 120-140 в 1 минуту. Чем объясняется это явление?

- A. Выраженным центральным тонусом блуждающих нервов
 - B. Слабым тонусом симпатических нервов
 - C. Отсутствием вагального тонуса
 - D. Высоким тонусом парасимпатических нервов
 - E. Тормозящим влиянием ретикулярной формации
2. После введения адреналина в сердечную мышцу больного с острой сердечной недостаточностью отмечается значительное повышение частоты сердечных сокращений. С какими рецепторами взаимодействует адреналин, вызывающий указанные сдвиги?
- A. α - адренорецепторы
 - B. Холинорецепторы
 - C. Хеморецепторы
 - D. Волюморецепторы
 - E. β - адренорецепторы
3. Кроме центробежной вагосимпатической иннервации в сердце имеется афферентная, выполняющая роль "обратной связи". В какие центры по афферентным волокнам поступает информация о систоле предсердий и желудочков?
- A. Симпатические спинальные
 - B. Спинальные соматические
 - C. Парасимпатические спинальные
 - D. Ретикулярную формуляцию ствола
 - E. Вагальные бульбарного отдела
4. Боксёру на ринге противник нанёс удар в эпигастральную область, после чего у пострадавшего возникла брадикардия и кратковременная потеря сознания. Какие из приведенных механизмов отражают указанные изменения?
- A. Торможение вагального центра
 - B. Возбуждение вагального центра
 - C. Возбуждение симпатических центров
 - D. Раздражение заднего гипоталамуса
 - E. Торможение переднего гипоталамуса
5. Человек занимался продуктивной мозговой деятельностью, которая заметно снизилась на некоторое время после приёма пищи. Какие рефлекторные сосудистые реакции проявились в данной ситуации и вызвали указанные изменения?
- A. Сопряжённые
 - B. Собственные
 - C. Парасимпатические
 - D. Вагальные
 - E. Экстероцептивные

6. У конькобежца на старте перед бегом на дистанцию частота сердечных сокращений увеличилась на 30 ударов в минуту. Какие реакции лежат в основе этого явления?
- A. Сосудистые
 - B. Парасимпатические
 - C. Симпатические
 - D. Условнорефлекторные
 - E. Безусловнорефлекторные
7. В регуляции тонуса сосудов ведущая роль принадлежит симпатической нервной системе. Она обеспечивает как вазоконстрикцию, так и вазодилатацию сосудов. Что из перечисленного является главным фактором, определяющим характер сосудистой реакции?
- A. Состояние базисного тонуса стенки сосудов
 - B. Частота симпатических импульсов
 - C. Возбуждение депрессорного центра
 - D. Ничто из перечисленного
 - E. Частота импульсов от барорецепторов сосудов
8. После продолжительной и выраженной физической нагрузки у спортсмена частота пульса увеличилась до 120 ударов в 1 минуту при хорошем наполнении и правильном ритме. Какие изменения в крови отражают физиологическую основу указанных симптомов?
- A. Снижение вазопрессина в крови
 - B. Повышение адреналина в крови
 - C. Снижение адреналина в крови
 - D. Повышение гистамина в крови
 - E. Повышение ацетилхолина в крови
9. У больного с гиперфункцией щитовидной железы наблюдается резкое увеличение частоты сердечных сокращений (тахикардия). Концентрация какого из перечисленных веществ возрастает в крови и способствует развитию указанного состояния?
- A. Тироксина
 - B. Ренина
 - C. Гистамина
 - D. Адреналина
 - E. Ацетилохолина
10. После травмы в область солнечного сплетения у пострадавшего наблюдается резкое уменьшение ЧСС и кратковременная потеря сознания. Какой из перечисленных сердечных рефлексов включается в данной ситуации и способствует развитию указанных изменений?
- A. Догеля
 - B. Гольца
 - C. Данини-Ашнера
 - D. Бейнбриджа

Е. Парина

11. Между силой сердечных сокращений, величиной венозного притока и конечной диастолической длиной волокон миокарда существуют определённые отношения. Кем из перечисленных авторов установлена эта зависимость?

- А. Париным
- В. Франком и Старлингом
- С. Боудичем
- Д. Анрепом
- Е. Пуазейлем

12. Результаты биохимического анализа крови больного свидетельствуют о повышении содержания Ca^{2+} (гиперкальциемия). Как изменяется работа сердца в этой ситуации?

- А. Не изменяется
- В. Усиливается, учащается
- С. Ослабляется, урежается
- Д. Усиливается, урежается
- Е. Урежается, учащается

Эталонные ответы к ситуационным тестам

№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор	№ теста	Дистрактор
1	С	5	А	9	А
2	Е	6	Д	10	В
3	Е	7	В	11	В
4	В	8	В	12	В

Работа 2. Решение ситуационных задач.

1. Расстояние между зубцами R на ЭКГ больного равно 0,8 с. Какова частота сердцебиений?

Ответ: $60:0,8=75$ ударов в минуту.

2. Определите ударный объем сердца, если известно, что минутный объем равен 8 л, а расстояние R-R на ЭКГ – 0,6 с.

Ответ: $УОС=МОК:ЧСС$. $ЧСС=60:0,6=100$. $УОС=80$ мл.

3. Амплитуда зубца R у взрослого человека на ЭКГ самая большая в I отведении, а зубца S в III. Что это значит?

Ответ: Такие соотношения зубцов ЭКГ бывают при гипертрофии левого желудочка (левограмма).

4. Мембранный потенциал пейсмекерной клетки сердца увеличился на 10 мВ. Как изменится при этом частота генерации автоматических импульсов?

Ответ: сокращений уменьшится, так как в этом случае уровень мембранного потенциала пейсмеккера удаляется от критического уровня деполаризации и время медленной диастолической деполаризации удлиняется.

5. За 10 минут человек поглотил 5600 мл кислорода. Определение количества кислорода в крови показало, что в артериальной крови его содержание равно 200 мл в 1 л, а в венозной – 120 мл в 1 л крови. Определите ударный объем сердца, если частота сердцебиений 75 ударов в минуту.

Ответ: Ударный объем сердца (УОС) равен минутному объему кровотока (МОК), деленному на частоту сердцебиений (ЧСС). МОК определяется по методу Фика как отношение количества поглощенного в минуту кислорода в мл к артериовенозной разнице кислорода в мл. В данном случае МОК равен 7 л, УОС – 93,5 мл.

6. Как изменится ударный объем сердца и длительность фазы медленного наполнения кровью желудочков, если частота сердцебиений увеличится в 1,5 раза?

Ответ: Длительность фазы медленного наполнения уменьшится примерно на такую же величину. Ударный объем может остаться прежним.

7. Какой фазе сердечной деятельности соответствует фаза в левом желудочке 50 мм рт.ст.?

Ответ: Фаза изометрического сокращения или фаза изометрического расслабления.

8. До выполнения работы при частоте сокращения сердца в 70 ударов в минуту минутный объем крови (МОК) составлял 5 л. Чему будет равен МОК, если во время ударной работы ударный объем сердца (УОС) увеличится на 20%, а частота сердцебиений – на 100%?

Ответ: $УОС = МОК : ЧСС$. До работы $УОС = 71,5$ мл. Во время работы он стал равен 86 мл. ЧСС возросла до 140. В этих условиях $МОК = 12,1$ л.

9. При интенсивной физической работе ЧСС значительно увеличивается, однако МОК при этом может уменьшиться. Почему?

Ответ: МОК равен произведению ЧСС и УОС. У нетренированных людей при значительном росте ЧСС ударный объем сердца (УОС) может снизиться настолько, что это приводит к падению МОК.

10. Какие три основных фактора и как влияют на систолический выброс (СВ) крови сердцем?

Ответ: Увеличение венозного возврата и сократимости миокарда, а также уменьшение сопротивления выбросу крови (артериальное давление) увеличивают СВ. Противоположные изменения перечисленных факторов уменьшают СВ.

11. Что называют гетерометрической регуляцией деятельности сердца? Сформулируйте "закон сердца" Франка – Старлинга.

Ответ: Регуляцию силы сердечных сокращений, связанную с изменением исходной длины волокон миокарда. Сила сокращений сердца в систолу тем больше, чем больше растяжение миокардиальных волокон во время диастолы.

12. Объясните, почему растяжение мышцы сердца в диастолу приводит к усилению ее сокращений. Какова роль сократительных белков и ионов Ca^{2+} в этом процессе?

Ответ: Растяжение сердечной мышцы притекающей кровью в физиологических пределах ведет к увеличению площади контакта актина с миозином, к выбросу дополнительного количества кальция из саркоплазматического ретикулума и увеличению сродства тропонина к Ca^{2+} , а также к увеличению эластических сил в миокарде, что сопровождается усилением его сокращения.

13. Как изменится частота сердечных сокращений при действии атропина на сердце, какова причина этих изменений?

Ответ: Увеличится, так как атропин, блокируя миокардиальные М-холинорецепторы, выключает тормозное тоническое влияние блуждающего нерва на автоматическую активность сердца.

14. Объясните, почему надавливание на область каротидного синуса может вызвать замедление деятельности сердца, а резкий удар по этой области – остановку сердца?

Ответ: Увеличивается возбуждение барорецепторов в области каротидного синуса, афферентный поток импульсов от них стимулирует центры блуждающих нервов, усиливая тормозное влияние этих центров на деятельность сердца.

Практические навыки по физиологии системы кровообращения.

- Рисовать схемы графиков ПД водителя ритма сердца синоатриального узла (СА), типичных кардиомиоцитов желудочков сердца и объяснять механизмы их развития.
- Уметь исследовать пульс, артериальное давление, тоны сердца.
- Уметь регистрировать ЭКГ.
- Анализировать и трактовать нормальные ЭКГ, ФКГ, СФГ, величину артериального давления, структуру сердечного цикла.
- Рисовать схемы контуров регуляции системного кровообращения при различных физиологических состояниях организма.
- Трактовать роль особенностей регионального кровообращения и его регуляции (легочного, коронарного, мозгового, брюшного) для обеспечения приспособительной реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Автоматизм сердца. Градиент автоматизма. Опыт Станниуса.
2. Потенциал действия атипичных кардиомиоцитов синоатриального узла, механизмы происхождения, физиологическая роль.
3. Проводящая система сердца. Последовательность и скорость проведения возбуждения по сердцу.
4. Потенциал действия типичных кардиомиоцитов желудочков, механизмы происхождения, физиологическая роль. Соотношение во времени ПД и единичного сокращения миокарда.
5. Периоды рефрактерности при развитии ПД типичных кардиомиоцитов, их значение.
6. Сопряжение возбуждения и сокращения в миокарде. Механизмы сокращения и расслабления миокарда.
7. Векторная теория формирования ЭКГ. Электрокардиографические отведения. Происхождение зубцов, сегментов, интервалов ЭКГ.
8. Сердечный цикл, его фазы, их физиологическая роль.
9. Роль клапанов сердца. Тоны сердца, механизмы их происхождения. ФКГ, ее анализ.
10. Артериальный пульс, его происхождение. СФГ, ее анализ.
11. Миогенные механизмы регуляции деятельности сердца.
12. Характер и механизмы влияния симпатических нервов на деятельность сердца. Роль симпатических рефлексов в регуляции сердечной деятельности.
13. Характер и механизмы воздействий парасимпатических нервов на деятельность сердца. Роль парасимпатических рефлексов в регуляции сердечной деятельности.
14. Гуморальная регуляция деятельности сердца. Зависимость деятельности сердца от изменения ионного состава крови.
15. Особенности структуры и функции различных отделов кровеносных сосудов. Основной закон гемодинамики.
16. Значение вязкости крови для гемодинамики.
17. Линейная и объемная скорость движения крови в различных участках сосудистого русла. Факторы, влияющие на их величину.
18. Кровяное давление и его изменения в различных отделах сосудистого русла.
19. Артериальное давление, факторы, определяющие его величину. Методы регистрации артериального давления.
20. Кровообращение в капиллярах. Механизмы обмена жидкости между кровью и тканями.
21. Кровоток в венах, влияние на него гравитации. Факторы, определяющие величину венозного давления.
22. Тонус артериол и венул, его значение. Влияние сосудодвигательных нервов на тонус сосудов.

23. Миогенная и гуморальная регуляция тонуса сосудов. Роль эндотелия сосудов в регуляции сосудистого тонуса.
24. Гемодинамический центр. Рефлекторная регуляция тонуса сосудов. Прессорные и депрессорные рефлексы.
25. Рефлекторная регуляция кровообращения при изменении положения тела в пространстве (ортостатическая проба).
26. Регуляция кровообращения при мышечной работе.
27. Особенности кровообращения в сосудах головного мозга и его регуляция.
28. Особенности кровообращения в сосудах сердца и его регуляция.
29. Особенности легочного кровообращения и его регуляция.
30. Механизмы образования лимфы. Движение лимфы по сосудам.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница: Новая книга, 2009.- С. 228-274.
2. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.- М.: Медицинская книга, Н.Новгород: Издательство НГМА, 2005.- С. 204-270.
3. Физиология человека, Т.1, под редакцией В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- Москва: Медицина, 2001.- С. 326-400.
4. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 550-643.
5. Электрокардиография. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://balka-book.com/files/2017/10_06/09_43/u_files_store_3_432588.pdf

Тесты для КТЭ по теме: «Физиология ССС»

Изолированная клетка сердца человека автоматически генерирует импульсы возбуждения с частотой 60 раз за минуту. С какой структуры сердца получено эту клетку?

- синауриальный узел
- предсердия
- желудочек
- атриовентрикулярный узел
- пучок Гиса

Анализ ЭКГ больного обнаружил отсутствие зубца Р. Продолжительность и амплитуда QRS комплекса и зубца Т соответствуют норме. Что является водителем ритма сердца данного пациента?

- предсердно-желудочковый узел
- синусовый узел
- пучок Гиса
- волокна Пуркинье

миокард желудочков

Непосредственно после перехода из горизонтального положения в вертикальное у мужчины частота сердечных сокращений увеличилась на 15 сокращений в минуту. Какие механизмы регуляции преимущественно обуславливают эту смену?

Безусловные симпатичные рефлексy

Условные симпатичные рефлексy

Условные и безусловные симпатичные рефлексy

Катехоламины

Симпатичные рефлексy и катехоламины

В эксперименте раздражают веточки блуждающего нерва, которые иннервируют сердце. Это привело к тому, что прекратилось проведения возбуждения от предсердий к желудочкам. Электрофизиологические изменения в каких структурах сердца является причиной этого?

Атриовентрикулярный узел

пучок Гиса

Синоатриальный узел

желудочки

предсердия

В эксперименте раздражают веточки симпатического нерва, которые иннервируют сердце. Это привело к увеличению силы сердечных сокращений, так как через мембрану типичных кардиомиоцитов увеличился:

Вход ионов кальция

Выход ионов кальция

Выход ионов калия

Вход ионов калия

Вход ионов кальция и калия

В эксперименте разрушением определенной структуры сердца прекратили проведение возбуждения от предсердий к желудочкам. Что именно разрушили?

атриовентрикулярный узел

синаотриальный узел

пучок Гиса

Ножки пучка Гиса

волокна Пуркинье

Определите пульсовое и среднединамическое артериальное давление (мм) у обследуемого, если измеренное у него артериальное давление составляет 130/70 мм рт.ст.:

60, 90

60, 80

50, 90

60, 100

50, 70

В результате стресса у пожилого человека повысилось артериальное давление. Причиной этого является активация:

- Симпатоадреналовой системы
- Парасимпатического ядра блуждающего нерва
- Функции щитовидной железы
- Функции коры надпочечников
- функции гипофиза

Вследствие кратковременной физической нагрузки у человека рефлекторно возросли частота сердечных сокращений и системное артериальное давление. Активация каких рецепторов в наибольшей степени обусловила реализацию прессорного рефлекса?

- Проприорецепторы работающих мышц
- хеморецепторы сосудов
- волюморецепторы сосудов
- барорецепторы сосудов
- терморецепторы гипоталамуса

Вследствие кровопотери у человека уменьшился объем циркулирующей крови. Как это повлияет на величину артериального давления?

- Уменьшится систолическое и диастолическое давление
- Уменьшится только систолическое давление
- Уменьшится только диастолическое давление
- Уменьшится систолическое давление при росте диастолического
- Уменьшится диастолическое давление при росте систолического

В результате нажатия на глазные яблоки частота сердечных сокращений у человека уменьшилась с 72 до 60 в минуту. На какие структуры сердца влияют эфферентные нервные сигналы, обуславливающие эти изменения?

- синоатриальный узел
- атриовентрикулярный узел
- Ведущая система желудочков сердца
- Рабочий миокард предсердий
- Рабочий миокард желудочков

Женщина 49-ти лет обратилась к врачу с жалобами на повышенную утомляемость и появление одышки во время физической нагрузки. На ЭКГ: ЧСС-50 в мин, PQ - удлиненный, QRS - не изменен, количество зубцов P превышает количество комплексов QRS. Какой вид аритмии в пациентка?

- Атриовентрикулярная блокада
- Екстрасистолия
- синусовая брадикардия
- мерцательная аритмия
- Синоатриальная блокада

На изолированном сердце изучалась скорость проведения возбуждения в разных его участках. Где была обнаружена наименьшая скорость?

- Атриовентрикулярный узел
- пучок Гиса

волокна Пуркинье
миокард предсердий
миокард желудочков

На переход из горизонтального положения в вертикальное система кровообращения отвечает развитием рефлекторной прессорной реакции. Что является ее обязательным компонентом?

Системное сужение венозных сосудов емкости
Системное расширение артериальных сосудов сопротивления
Уменьшение объема циркулирующей крови
Уменьшение частоты сердечных сокращений
Уменьшение насосной функции сердца

Обследование пациента с высоким артериальным давлением показало у него вторичную артериальную гипертензию. Причиной такого состояния является ренинпродуцирующая опухоль почки. Что является главным звеном в патогенезе вторичной артериальной гипертензии у больного?

Гиперпродукция ангиотензину II, альдостерона
Гиперпродукция кортизола
Гиперпродукция инсулина
Недостаточная продукция вазопрессина
Недостаточная продукция катехоламинов

Во время анализа ЭКГ человека во втором стандартном отведении зубцы R положительные, их амплитуда 0,1 mV (норма - 0,05-0,25 mV), продолжительность - 0,1 с (норма - 0,07-0,10 с). Значит в предсердиях нормально происходит процесс:

деполяризации
Реполяризации
возбуждения
сокращения
расслабления

Во время анализа электрокардиограммы установлено увеличение продолжительности и амплитуды зубца S. Деполяризация какого участка сердца нарушена у больного?

Базальные отделы желудочков
предсердия
верхушка сердца
Боковые стенки желудочков
Средняя и нижняя треть межжелудочковой перегородки

Во время анализа электрокардиограммы установлено, что продолжительность сердечного цикла у человека равна 1 секунде. Какая частота сердечных сокращений в минуту?

60
50
70
80
100

Во время эмоционального возбуждения частота сердечных сокращений (ЧСС) у человека достигла 112/мин. Изменение состояния какой структуры ведущей системы сердца является причиной увеличения ЧСС?

- Синоатриальный узел
- волокна Пуркинье
- Ножки пучка Гиса
- Атриовентрикулярный узел
- пучок Гиса

Во время подготовки пациента к операции проведено измерение давления в камерах сердца. В одной из них давление в течение сердечного цикла изменялось от 0 до 120 мм рт.ст. Назовите эту камеру сердца:

- Левый желудочек
- правый желудочек
- правое предсердие
- левое предсердие
- аорта

Во время умеренной физической нагрузки минутный объем крови у исследуемого составляет 10 л/мин. Какой объем крови проходит у него за минуту через сосуды легких?

- 10 л/мин
- 5 л/мин
- 4 л/мин
- 6 л/мин
- 7 л/мин.

Во время регистрации ЭКГ у больного с гиперфункцией щитовидной железы зарегистрировано увеличение частоты сердечных сокращений. Укорочение какого элемента ЭКГ об этом свидетельствует?

- Интервал R - R
- Сегмент P - Q
- Интервал P - Q
- Интервал P - T
- комплекс QRS

Во время работы врачу-стоматологу приходится долго стоять на ногах, что может привести к застою крови в венах нижних конечностей и их варикозному расширению. С нарушением какого механизма венозного притока крови к сердцу это связано?

- Отсутствие сокращения скелетных мышц
- Градиент давления
- Присасывательный эффект грудной клетки
- Остаточной движущей сила сердца
- Насосный эффект диафрагмы на органы брюшной полости

Во время эмоционального возбуждения частота сердечных сокращений (ЧСС) у человека 30 лет достигло 112 в минуту. Изменение состояния какой структуры проводящей системы сердца является причиной увеличения ЧСС?

синоатриальный узел
волокна Пуркинье
Ножки пучка Гиса
атриовентрикулярный узел
пучок Гиса

При подготовке пациента к операции на сердце проведено измерение давления в камерах сердца. В одной из них давление в течение сердечного цикла менялся от 0 до 120 мм рт.ст. Назовите эту камеру сердца:

левый желудочек
правый желудочек
правое предсердие
левое предсердие
аорта

Раздражение правого блуждающего нерва повлекло резкое замедление атриовентрикулярного проведения. На ЭКГ при этом будет удлинён:

Интервал $P - Q$
Комплекс $QRST$
Зубец T
Зубец P
Интервал $R - R$

При анализе ЭКГ обнаружено выпадение некоторых сердечных циклов $PQRST$. Имеющиеся зубцы и комплексы не изменены. Назовите вид аритмии:

Синоатриальная блокада
мерцательная аритмия
Атриовентрикулярная блокада
предсердная экстрасистола
Внутрипредсердная блокада

При анализе ЭКГ человека выяснено, что во втором стандартном отведении от конечностей зубцы T положительные, их амплитуда и длительность соответствует норме. Верным является вывод о том, что в желудочках сердца нормально происходит процесс:

Реполаризация
деполяризация
возбуждение
сокращение
расслабление

При анализе ЭКГ необходимо определить, что является водителем ритма сердца. Сделать это можно на основании измерения:

Продолжительности интервала $R - R$
амплитуды зубцов
направления зубцов
продолжительности зубцов
Продолжительности комплекса $QRST$

При анализе электрокардиограммы установлено, что длительность сердечного цикла у человека равна 1 сек. Какая у нее частота сердечных сокращений в минуту?

- 60
- 50
- 70
- 80
- 100

При исследовании изолированного кардиомиоцита установлено, что он не генерирует импульсы возбуждения автоматически. Из какой структуры сердца получен кардиомиоцит?

- желудочек
- Сино-атриальный узел
- Атриовентрикулярный узел
- пучок Гиса
- волокна Пуркинье

При исследовании изолированного кардиомиоцита (КМЦ) установлено, что он не генерирует импульсы возбуждения автоматически. КМЦ получен с:

- желудочков
- Сине-атриального узла
- AV-узла
- пучка Гиса
- Волокон Пуркине

При обследовании человека установлено, что минутный объем сердца равен 3500 мл, систолическое объем - 50 мл. Какой у человека частота сердечных сокращений?

- 70 сокращений в минуту
- 60 сокращений в минуту
- 50 сокращений в минуту
- 80 сокращений в минуту
- 90 сокращений в минуту

При регистрации ЭКГ у больного с гиперфункцией щитовидной железы записано увеличение частоты сердечных сокращений. Укорочение какого элемента ЭКГ об этом свидетельствует?

- интервала RR
- сегмента PQ
- интервала PQ
- интервала PT
- комплекса QRS

При стрессе у пожилого человека повысилось артериальное давление. Причиной является активация:

- Симпато-адреналовой системы
- Парасимпатического ядра блуждающего нерва
- Функции щитовидной железы

Функции коры надпочечников
функции гипофиза

При вводе большой дозы гистамина подопытному животному резко снизилось артериальное давление вследствие:

Расширение сосудов сопротивления
Сужение сосудов сопротивления
повышение ЧСС
снижение ЧСС
Снижение частоты и силы сердечных сокращений

У взрослого человека длительность интервала PQ составляет 0,25 с (норма - 0,10-0,21 с). Это свидетельствует о замедлении проведения возбуждения:

от предсердий к желудочкам
по левой ножке пучка Гиса
по правой ножке пучка Гиса
по волокнам Пуркинье
по миокарду желудочков

У взрослого человека системный артериальное давление снизилось с 120/70 до 90/50 мм рт.ст., что вызвало рефлекторное сужение сосудов. В каком из указанных органов сужение сосудов будет наибольшим?

кишечник
сердце
головной мозг
почки
надпочечники

У взрослого человека системный артериальное давление снизилось с 120/70 до 90/50 мм рт.ст., что вызвало рефлекторное сужение сосудов. В каком из указанных органов сужение сосудов будет наименьшим?

сердце
кожа
кишечник
Скелетные мышцы
печень

У женщины 30-ти лет минутный объем крови в состоянии покоя составляет 5 л/мин. Какой объем крови проходит у нее через сосуды легких за 1 минуту?

5 л
3,75 л
2,5 л
2,0 л
1,5 л

У женщины ограничен кровоток в почках, повышенный артериальное давление. Гиперсекреция какого гормона обусловила повышение давления?

Ренин
адреналин

норадреналин
эритропоэтин
вазопрессин

У здорового взрослого человека проводят зондирование полостей сердца и крупных сосудов. Где находится зонд, если в течение сердечного цикла зарегистрированы изменения давления от 0 до 120 мм рт.ст.?

Левый желудочек
правый желудочек
аорта
легочная артерия
предсердия

У здорового взрослого человека проводят зондирование полостей сердца. Зонд находится в левом желудочке. Во время какой фазы сердечного цикла будет зарегистрировано увеличение давления от 8 до 70 мм рт.ст.?

Фаза изометричного сокращения
Фаза асинхронного сокращения
период изгнания
Фаза быстрого изгнания
Фаза медленного изгнания

У здорового взрослого человека скорость проведения возбуждения через атриовентрикулярный узел равна 0,02-0,05 м/с. Атриовентрикулярная задержка обеспечивает:

Последовательность сокращения предсердий и желудочков
Одновременное сокращение обоих предсердий
Одновременное сокращение обоих желудочков
Достаточную силу сокращения предсердий
Достаточную силу сокращения желудочков

У человека 70 лет скорость распространения пульсовой волны оказалась существенно выше, чем у 25-летнего. Причиной этого является снижение:

Эластичности стенок артерий
артериального давления
сердечного выброса
Частоты сердечных сокращений
скорости кровотока

У человека определили частоту сердечных сокращений по пульсу. Она равна 120 в мин. Какой при этом будет продолжительность сердечного цикла?

0,5 с
0,7 с
0,8 с
0,9 с
1,0 с

У человека необходимо оценить состояние клапанов сердца. Каким из инструментальных методов исследования целесообразно воспользоваться для этого?

Фонокардиография
электрокардиография
Сфигмография
Флебография
зондирования сосудов

У человека частота сердечных сокращений увеличилась с 60 до 90 раз в минуту. Какая из указанных изменений может происходить при этом в клетках синоатриального узла?

Увеличение скорости медленной диастолической деполяризации
Уменьшение скорости медленной диастолической деполяризации
Увеличение порога деполяризации
Увеличение потенциала покоя
Уменьшение критического уровня деполяризации

У человека частота сердечных сокращений постоянно удерживается на уровне 40 раз в минуту. Что является водителем ритма сердца у нее?

Атриовентрикулярный узел
Синоатриальный узел
пучок Гиса
Ножки пучка Гиса
волокна Пуркинье

В миокарде желудочков исследуемого человека нарушены процессы реполяризации. Это приведет к нарушению амплитуды, конфигурации, продолжительности зубца:

T
Q
R
S
P

У нетренированного мужчины во время физической нагрузки ЧСС выросла с 80 (в состоянии покоя) до 180 уд.в минуту. Как изменится при этом артериальное давление?

Возрастет диастолическое давление при уменьшении пульсового
Возрастет систолическое давление без изменений диастолического давления
Возрастет пульсовое давление
Не изменится пульсовое давление
Не изменится артериальное давление

У пациента перед кардиологической операцией зарегистрировано давление во всех отделах сердца. Давление в левом желудочке во время диастолы?

0 мм рт.ст.
40 мм рт.ст.
80 мм рт.ст.
100 мм рт.ст.
120 мм рт.ст.

У пациента продолжительность интервала P - Q на ЭКГ превышает норму при нормальной продолжительности зубца P. Причиной этого является уменьшение скорости проведения возбуждения:

- Атрио-вентрикулярным узлом
- Сино-атриальным узлом
- пучком Гиса
- Ножками пучка Гиса
- волокнами Пуркинье

У пациента имеет место уменьшение скорости проведения возбуждения по атриовентрикулярному узлу. На ЭКГ при этом будет регистрироваться увеличение продолжительности:

- Интервала P-Q
- зубца P
- Интервалу R-R
- комплекса QRS
- Сегмента S-T

У пациента продолжительность интервала P-Q на ЭКГ превышает норму при нормальной продолжительности зубца P. Причиной этого является снижение скорости проведения возбуждения:

- Атриовентрикулярных узлом
- Сино-атриального узлом
- пучком Гиса
- Ножками пучка Гиса
- волокнами Пуркинье

В результате бытовой травмы у пациента возникла значительная кровопотеря, что сопровождалось снижением артериального давления. Действие каких гормонов обеспечивает быстрое восстановление кровяного давления, вызванного кровопотерей?

- Адреналин, вазопрессин
- кортизол
- половые
- окситоцин
- альдостерон

У студента перед испытанием возникла тахикардия. Какие изменения на ЭКГ свидетельствуют о ее наличии?

- Укорочение интервала R-R
- Удлинение интервала R-R
- Продление комплекса QRS
- Укорочение интервала P-Q
- Удлинение сегмента Q-T

У хирурга после проведения длительной операции повысилось артериальное давление до 140/110 мм рт.ст. Какие изменения гуморальной регуляции могут быть причиной повышения артериального давления в данном случае?

- Активация симпатoadреналовой системы

Активация образования и выделения альдостерона
Активация ренин-ангиотензиновой системы
Активация каликреин-кининовой системы
Торможение симпатoadреналовой системы

У больного приступ тахикардии. Какие мембранные циторепторы кардиомиоцитов целесообразно заблокировать, чтобы прекратить приступ?

Бета-адренорецепторы
Альфа-адренорецепторы
М-холинорецепторы
Н-холинорецепторы
М- и Н-холинорецепторы

У больного высокое артериальное давление вследствие увеличенного тонуса сосудов. Для снижения давления целесообразно назначить блокаторы:

альфа-адренорецепторов
бета-адренорецепторов
альфа- и бета-адренорецепторов
М-холинорецепторов
Н-рецепторов

У больного обнаружена экстрасистолия. На ЭКГ отсутствует зубец Р, комплекс QRS деформирован, есть полная компенсаторная пауза. Какая это экстрасистола?

желудочковая
Передсердная
Предсердно-желудочковая
Синусная
атриовентрикулярная

У больного с пересаженным сердцем при физическом нагрузке увеличился минутный объем крови. Какой механизм регуляции обеспечивает эти изменения?

Катехоламины
Симпатические безусловные рефлексy
Парасимпатические безусловные рефлексy
Симпатические условные рефлексy
Парасимпатические условные рефлексy

У больного с сердечной недостаточностью возникла аритмия, во время которой частота сокращений предсердий была 70, а шлуночків 35/мин. Нарушение какой функции сердца наблюдалось у больного?

проводимость
возбудимость
автоматизм
Возбудимость и проводимость
Сократимость

У больного на ЭКГ обнаружили увеличение продолжительности зубца Т. Это является следствием уменьшения в желудочках скорости:

- реполяризации
- деполяризации и реполяризации
- деполяризации
- сокращения
- расслабления

У больного на ЭКГ обнаружено увеличение продолжительности комплекса QRS. Следствием чего это может быть?

- Увеличение времени охвата возбуждением желудочков
- Нарушение проводимости в атриовентрикулярному узле
- Увеличение возбудимости предсердий
- Увеличение возбудимости желудочков и предсердий
- Увеличение времени охвата возбуждением предсердий

У больного на ЭКГ выявлено, что продолжительность интервала RR равна 1,5 с, частота сердечных сокращений - 40/мин. Что является водителем ритма сердца?

- Атриовентрикулярный узел
- синусовый узел
- пучок Гиса
- Левая ножка Гиса
- Правая ножка Гиса

У больного приступ тахикардии. Какие мембранные циторецепторы кардиомицитов целесообразно заблокировать, чтобы прекратить приступ?

- Бета-адренорецепторы
- Альфа-адренорецепторы
- М-холинорецепторы
- Н-холинорецепторы
- М- и Н-холинорецепторы

У больного замедленное проведение возбуждения через атриовентрикулярный узел. Какие изменения на ЭКГ будут при этом?

- Увеличение продолжительности интервала PQ
- Увеличение продолжительности интервала Q-S
- Отрицательный зубец Т
- Смещение сегмента ST
- Увеличение продолжительности интервала QT

У больного наблюдается увеличенный тонус артериол при нормальных показателях насосной функции сердца. Как это повлияет на величину артериального давления?

- Возрастет преимущественно диастолическое
- Возрастет преимущественно систолическое
- Давление не изменится
- Уменьшится преимущественно диастолическое
- Уменьшится преимущественно систолическое

Больному мужчине 75-ти лет, у которого частота сердечных сокращений была 40/мин, имплантировали сердечный электростимулятор. После этого частота сердечных сокращений возросла до 70/мин. Функцию какого отдела сердца взял на себя электростимулятор?

- Синоатриальный узел
- Атриовентрикулярный узел
- ножки Гиса
- Волокна пучка Гиса
- волокна Пуркинье

При анализе ЭКГ человека выяснено, что во втором стандартном отведении от конечностей зубцы Т положительные, их амплитуда и длительность нормальные. Верным является вывод, что в желудочках сердца нормально происходит процесс:

- Реполаризации
- Деполаризации
- Возбуждения
- Сокращения
- Расслабления

У животного электрическими импульсами раздражают симпатический нерв, иннервирующий сосуды кожи. Какой будет реакция сосудов?

- Артерии и вены суживаются
- Реакция отсутствует
- Артерии расширяются
- Артерии и вены расширяются
- Вены расширяются

После перенесенной психической травмы у пациентки периодически происходит повышение артериального давления, что сопровождается головной болью, сердцебиением, общей слабостью. Какой механизм лежит в основе гипертензии у больной?

- Повышение тонуса артериол
- Увеличение массы циркулирующей крови
- Снижение минутного объема крови
- Тахикардия
- Веноконстрикция

В эксперименте изучали сопротивление сосудов течению крови в разных участках кровеносного русла. Установили, что наибольшее сопротивление создают:

- Артериолы
- Артерии
- Капилляры
- Венулы
- Вены

Девочка 16-ти лет при быстром переходе из горизонтального положения в вертикальное потеряла сознание. Что из нижеприведенного привело к потере сознания?

- Уменьшение венозного возврата крови к сердцу
- Увеличение венозного возврата крови к сердцу
- Повышение центрального венозного давления
- Снижение онкотического давления плазмы крови
- Повышение артериального давления

При анализе ЭКГ человека выяснено, что во втором стандартном отведении от конечностей зубцы Р положительные, их амплитуда 0,1 mV (норма - 0,05-0,25 mV), длительность - 0,1 с (норма - 0,07-0,10 с). Верным является вывод, что в предсердиях нормально проходит процесс:

- Деполаризация
- Реполаризация
- Возбуждение
- Сокращение
- Расслабление

Больной 44-х лет, страдающий механической желтухой, поступил в больницу с признаками холемического синдрома. На ЭКГ обнаружена аритмия. Какое нарушение ритма сердца наиболее вероятно у больного?

- Синусовая брадикардия
- Синусовая тахикардия
- Предсердная экстрасистола
- Желудочковая экстрасистола
- Атриовентрикулярная блокада

У девушки 17-ти лет периодически возникают приступы сердцебиения, которые длятся несколько минут. Частота сердечных сокращений - 200/мин., пульс - ритмичный. Какое нарушение ритма сердца возникло?

- Пароксизмальная тахикардия
- Синусовая тахикардия
- Синусовая брадикардия
- Экстрасистолия
- Атриовентрикулярная блокада

У больного на ЭКГ обнаружено увеличение длительности комплекса QRS. Это говорит о:

- Увеличении времени охвата возбуждением желудочков
- Нарушении проведения возбуждения в атриовентрикулярном узле
- Увеличении возбудимости предсердий
- Увеличении возбудимости желудочков и предсердий
- Увеличении времени охвата возбуждением предсердий

Подросток 15-ти лет жалуется на нехватку воздуха, общую слабость, сердцебиение. Объективно: частота сердечных сокращений - 130/мин., артериальное давление - 100/60 мм рт.ст. На ЭКГ комплекс QRS нормальной формы и длительности. Число зубцов Р и желудочных комплексов одинаковое, зубец Т слитый с зубцом Р. Какая аритмия сердца наблюдается у подростка?

- Синусовая тахикардия
- Синусовая экстрасистолия

- Мерцание предсердий
- Трепетание предсердий
- Предсердная пароксизмальная тахикардия

У женщины, на протяжении 15-ти лет страдающей выраженной гипертензией, последнее время появились одышка, сердцебиение, немного понизилось систолическое давление, диастолическое осталось неизменным. Какой основной механизм возникновения у больной сердечной недостаточности?

- Перегрузка сердца увеличенным сопротивлением выбросу крови
- Перегрузка сердца увеличенным объёмом крови
- Повреждение миокарда
- Нарушение проведения импульса по миокарду
- Нарушение регуляции сердечной деятельности

Вследствие кровопотери у человека уменьшился объём циркулирующей крови. Как это повлияет на величину артериального давления?

- Уменьшится систолическое и диастолическое давление
- Уменьшится только систолическое давление
- Уменьшится только диастолическое давление
- Уменьшится систолическое давление при повышении диастолического
- Уменьшится диастолическое давление при повышении систолического

Вследствие кратковременной физической нагрузки у человека рефлекторно увеличились частота сердечных сокращений и системное артериальное давление. Активация каких рецепторов наиболее обусловила реализацию прессорного рефлекса?

- Проприорецепторы работающих мышц
- Хеморецепторы сосудов
- Волюморецепторы сосудов
- Барорецепторы сосудов
- Терморецепторы гипоталамуса

При анализе ЭКГ человека выяснено, что во втором стандартном отведении от конечностей зубцы Р положительные, их амплитуда 0,1 mV (норма -0,05-0,25 mV), длительность - 0,1 с (норма - 0,07-0,10 с). Верным является вывод, что в предсердиях нормально проходит процесс:

- Деполяризация
- Реполяризация
- Возбуждение
- Сокращение
- Расслабление

Больной 67-ми лет был доставлен в кардиологическое отделение с жалобами на периодические боли в сердце, одышку при незначительной физической нагрузке, цианоз и отёки. На ЭКГ: внеочередные сокращения желудочков сердца. Как называется такое нарушение ритма?

- Экстрасистолия

Брадикардия
Тахикардия
Трепетание
Фибрилляция

Какие изменения со стороны изолированного сердца лягушки можно ожидать после введения в перфузионный раствор избыточного количества хлорида кальция?

Увеличение частоты и силы сокращений
Уменьшение силы сокращений
Увеличение силы сокращений
Остановка сердца в диастоле
Увеличение частоты сокращений

У человека системное артериальное давление 120/65 мм рт.ст. Открытие полулунных клапанов аорты у нее происходит, если давление в левом желудочке становится больше по:

65 мм рт.ст.
10 мм рт.ст.
90 мм рт.ст.
100 мм рт.ст.
120 мм рт.ст.

На изолированном сердце изучалась скорость проведения возбуждения в разных его участках. Где была обнаружена наименьшая скорость?

В атриовентрикулярном узле
В пучке Гиса
В волокнах Пуркинье
В миокарде предсердий
В миокарде желудочков

(Внимание ! В тестах КТЭ первый ответ правильный)

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Физиология человека: учебник для студ. мед. вузов /под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2011. – 664 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785225100087.html>.
2. Нормальная физиология: учебник, рек. ГОУ ВПО "Первый Московский гос. мед. ун-т им. И. М. Сеченова" для студ. учреждений высш. проф. образования, обучающихся по спец. "Лечебное дело" / под ред. Б. И. Ткаченко. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Гэотар Медиа, 2014. – 687, [1] с.: рис. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
3. Физиология человека [Текст]: учебник / под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 2011. – 664 с.
4. Камкин, А. Г. Атлас по физиологии [Электронный ресурс]: в 2-х т.: учебное пособие / А. Г. Камкин, И. С. Киселева. – М.: ГЭОТАР-

- МЕДИА, 2010. – Т. 1. – 404 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970412909.html>
5. Камкин, А. Г. Атлас по физиологии [Электронный ресурс]: в 2-х т.: учебное пособие / А. Г. Камкин, И. С. Киселева. - Электрон. текстовые дан. - М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2012. – Т. 2. – 448 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970415948.html>.
 6. Судаков, К. В. Нормальная физиология: учебник для студ. мед. вузов / К. В. Судаков. – М.: МИА, 2006. – 919 с.
 7. Нормальная физиология [Электронный ресурс] : учебник / К. В. Судаков [и др.]; под ред. К. В. Судакова. – Электрон. текстовые дан. – М.: Гэотар Медиа, 2011. – 880 с. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970419656.html>
 8. Алипов Н.Н. Основы медицинской физиологии. Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М., Практика, 2013. – 496 с., 200 ил.
 9. Нормальная физиология: учебник / под ред. К.В. Судакова. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2012. – 880 с.: ил.
 10. Физиология в рисунках и таблицах: вопросы и ответы / Под ред. В.М. Смирнова. – 4-е изд. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. – 456 с.
 11. Филимонов В.И. Физиология человека.- Киев: Медицина, 2008.- С. 505-550.
 12. Филимонов В.И. Физиология человека в вопросах и ответах.- Винница:Новая книга, 2009.- С. 187-227.

Дополнительная:

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснакова С.А. Физиология человека. – М.: Медицинская книга, Н. Новгород: Издательство НГМА, 2001. – 526 с.: илл.
2. Нормальная физиология. Ситуационные задачи и тесты / Под ред. К.В. Судакова. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2006. – 248 с.
3. Нормальная физиология. Учебное пособие. Москва, 2002. – 302 с.
4. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. – 656 с.: ил.: [2] л. ил. – (Учеб. лит. для студ. мед. вузов).
5. Физиология человека: в 3-х томах. Пер. с англ./Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – 3-изд. – М.: Мир, 2007. – 314 с., ил.
6. Физиология и основы анатомии: Учебник/Под ред. А.В. Котова, Т.Н. Лосевой. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2011. – 1056 с.

7. Фундаментальная и клиническая физиология: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Г. Камкина и А.А. Каменского – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 1072 с.
8. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии: учебное пособие / Н.Н. Алипов, Д.А. Ахтямова, В.Г. Афанасьев и др.; под ред. С.М. Будылиной, В.М. Смирнова. – М.: Академия, 2005. – 331 с.
9. Физиология плода и детей: учебник / под ред. В.Д. Глебовского. – М.: Медицина, 1988. – 224 с. 60
10. Гайтон А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Д.Е. Холл. – М.: Логосфера, 2008. – 1296 с.

Список использованной литературы:

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека.-М.:Медицинская книга, Н. Новгород: Издательство НГМУ, 2005.- С.204-271.
2. Ганонг Вільям Ф. Фізіологія людини: Підручник / Переклад з англ. Наук. ред.перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. — Львів : БаК, 2002. — 784 с.
3. Фізіологія серцево-судинної системи: навчально-методичний посібник для студентів, інтернів, лікарів /Л.Е.Весніна, В.М.Соколенко, І.В.Міщенко – Полтава: ФОП Мацкевич, 2015. – 102с.
4. Фізіологія: практикум для студентів стоматологічних факультетів медичних ВНЗ України/І.В.Міщенко, В.М.Соколенко, Т.М.Запорожець...; за ред.. проф.. І.В.Міщенка.- Полтава:ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», 2014.- 240 с.
5. Физиология человека: учебник/ В.И. Филимонов – К.: Медицина, 2008.- С. 522-612.
6. Филимонов В.И. Руководство по общей и клинической физиологии.- М.: Медицинское информационное агентство,2002.- С.389-529.
7. Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. – 656 с.
8. Физиология человека: в 3-х томах. Пер. с англ./Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – 3-изд. – М.: Мир, 2007. – Т.2.- 314 с.
9. Цибенко В.О. Фізіологія серцево-судинної системи. — К.: Фітосоціоцентр, 2002. — 248 с.

10. Еволюція системи кровообігу. Кровообіг та його значення для організму. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://studopedia.su/2_12314_ruh-krovi-po-velikomu-ta-malomu-kolah-krovoobigu.html
11. Фізіологічні властивості серця. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/normal_phiz/lectures_stud/uk/med/lik/ntn/2
12. Серцево-судинна і лімфосудинна системи. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://sport.mdu.edu.ua/tmfks/wp-content/uploads/2017/12/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-2-1.pdf>
13. Фізіологія кровообігу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.docsity.com/ru/fiziologiya-krovoobigu/1485272/>
14. Провідна система серця. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://pidruchniki.com/80246/meditsina/providna_sistema_sertsya

ГЛОССАРИЙ

Сердечно-сосудистая система

КРОВООБРАЩЕНИЕ - непрерывное движение крови по замкнутой системе кровеносных сосудов за счет движущей силы сердца.

ВОЗБУДИМОСТЬ - это способность сердца переходить из состояния покоя к рабочему состоянию под влиянием различных раздражителей (механических, химических, электрических). Например, после остановки сердца его функцию можно снова восстановить, ритмично нажимая руками на грудную клетку.

АВТОМАТИЯ СЕРДЦА - это способность сердца ритмически сокращаться без каких-либо внешних раздражителей под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце. Автоматизмом обладают сами мышечные волокна сердца, но не все, а только атипичные, из которых построена проводящая система.

ПРОВОДИМОСТЬ - способность сердечной мышцы проводить возбуждение.

СОКРАТИМОСТЬ - способность изменять свою форму и величину под действием раздражителя, а также растягивающей силы или крови.

СИСТОЛИЧЕСКИЙ (УДАРНЫЙ) ОБЪЕМ СЕРДЦА (СО) - объем крови, выбрасываемой желудочками при каждом сокращении. СО = 65-80мл

КОНЕЧНО-ДИАСТОЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ (КДО) - количество крови, содержащееся в желудочке перед систолой. КДО = 130-140 мл. При физической нагрузке может вырасти на 30-40 мл - **резервный диастолический объем**.

КОНЕЧНО-СИСТОЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ (КСО)- количество крови которая остается в желудочке в конце систолы. КСО = 60-70 мл.

РЕЗЕРВНЫЙ СИСТОЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕМ (РСО) - КСО при максимальном сокращении. РСО = 30-40 мл.

МИНУТНЫЙ ОБЪЕМ КРОВИ = СО x ЧСС = 4-4,5 л/мин у женщин и 4,5-5 л/мин у мужчин.

СИСТОЛИЧЕСКИЙ (СЕРДЕЧНЫЙ) ИНДЕКС - отношение МОК к площади поверхности тела. СИ = 2,53 л / м².

ИНДЕКС КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ ОРГАНИЗМА - отношение МОК к массе тела в кг. ИК = 55-60 мл / кг * мин.

ЗАКОН ФРАНКА-СТАРЛИНГА (гетерометрия) - чем больше растянут сердечный желудочек (мышца) притекающей кровью, тем больше сила его сокращений и тем больше крови выбрасывается в сосуды.

ЭФФЕКТ АНРЕПА, или гомеометрическая регуляция - повышение силы сокращений миокарда, например, левого желудочка при росте диастолического давления в аорте.

ХРОНОИНОТРОПИЯ ИЛИ ЛЕСТНИЦА БОУДИЧА - зависимость силы сокращения сердца от частоты его деятельности. При увеличении частоты сердечного ритма сила сокращений возрастает.

РЕФЛЕКС ГОЛЬЦА - легкое постукивание по брюшным органам лягушки вызывает замедление сокращений сердца или даже его остановку, у человека - сильный удар по животу (афферентные импульсы по брюшным нервам к спинному мозгу, затем к ядрам блуждающего нерва, оттуда по эфферентным волокнам к сердцу).

РЕФЛЕКС ДАНИ-АШНЕРА - глазо-сердечный рефлекс, замедление сердечных сокращений и падение артериального давления при нажатии на боковую поверхность глазного яблока. Это рефлекс с рецепторов тройничного нерва (его глазной ветви).

РЕФЛЕКС ЧЕРМАКА (ШЕЙНО-СЕРДЕЧНЫЙ, КАРОТИДНО-СЕРДЕЧНЫЙ) - при нажатии на участок каротидного синуса в норме наступает замедление пульса на 8-10 ударов в минуту.

КЛИНОСТАТИЧЕСКАЯ ПРОБА - функциональная проба, основанная на том, что при переходе с вертикального положения в горизонтальное повышается тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, причем наблюдается уменьшение частоты сердечных сокращений.

ЩЕЛЕВЫЕ КОНТАКТЫ ИЛИ НЕКСУСЫ - это тип межклеточных контактов, характеризующихся наличием белковых каналов, которые позволяют прохождению ионов и небольших молекул между соседними клетками, таким образом связывая их метаболически и электрически (иногда термином «плотный контакт» обозначают сами каналы).

ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ (проба Вальдфогеля) - функциональная проба, основанная на том, что тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы и соответственно частота сердечных сокращений увеличиваются при переходе из горизонтального положения (клиностати́ка) в вертикальное (ортостати́ка).

Содержание

Введение		3
1. Морфо-физиологическая характеристика миокарда		4
1.1.	Свойства сердечной мышцы	9
1.2.	Фазы сердечной деятельности	16
1.3.	Тоны сердца	21
1.4.	Электрокардиография	29
1.5.	Регуляция работы сердца.	36
2. Кровеносные сосуды		45
2.1.	Особенности кровотока	46
2.2.	Основные показатели гемодинамики	50
2.3.	Артериальный пульс и его характеристики	53
2.4.	Капиллярный кровоток	56
2.5.	Венозный кровоток	57
2.6.	Регуляция кровообращения	59
3. Особенности кровообращения и регуляция в отдельных регионах		65
3.1.	Кровоток в сердце	65
3.2.	Кровоток в мозге	66
3.3.	Кровоток в легких	67
3.4.	Кровоток в челюстно-лицевой области и полости рта	68
4. Изменение деятельности органов кровотока при физической работе		74
5. Физиология лимфатической системы		76
6. Практические работы		79
Практическое занятие №1. Исследование физиологических свойств сердечной мышцы		79
Практическое занятие №2. Исследование динамики возбуждения сердца. Регистрация ЭКГ		84
Практическое занятие №3. Исследование динамики возбуждения сердца. Анализ электрокардиограммы		89
Практическое занятие №4. Исследование физиологических свойств сердечной мышцы по ЭКГ		93
Практическое занятие №5. Исследование насосной функции сердца, тонов сердца. ФКГ		99
Практическое занятие №6. Исследование артериального давления и пульса у человека		101
Практическое занятие №7. Роль сосудов в кровообращении. Законы гемодинамики. Реография		104
Практическое занятие №8. Исследование регуляции деятельности сердца и регуляция кровообращения		107
Практическое занятие №9. Решение ситуационных задач с содержательного модуля 12. Практические навыки по физиологии системы кровообращения		110
Тесты для КТЭ с темы: «Физиология ССС»		124
Рекомендованная литература		140
Список использованной литературы		142

