

**ФИЗИОЛОГИЯ
СЕРДЕЧНО-
СОСУДИСТОЙ
СИСТЕМЫ**

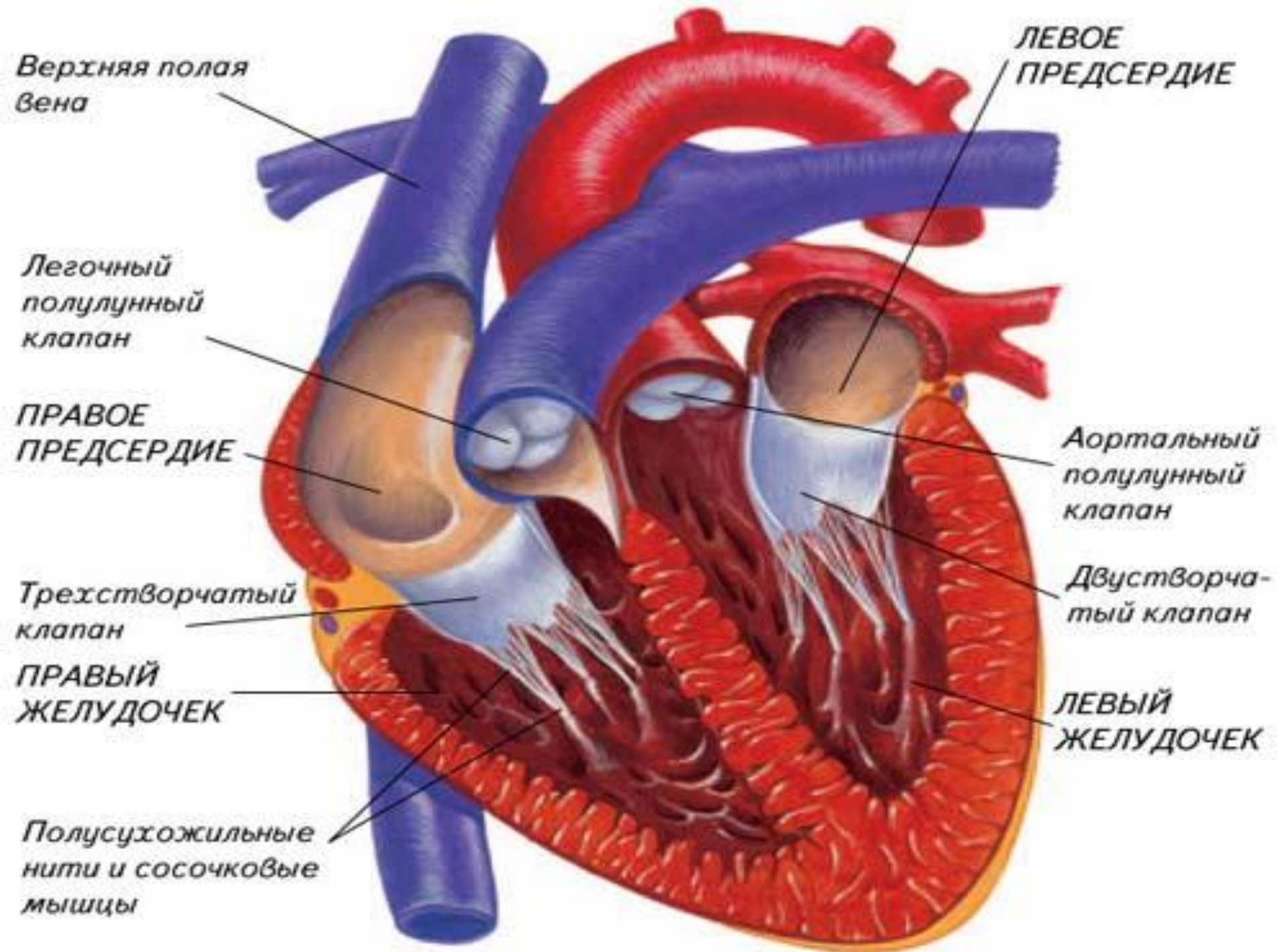
Строение сердца

Сердце – полый мышечный орган, перекачивающий кровь из венозного русла в артериальное и создающий в начале артерий высокое гидростатическое давление.

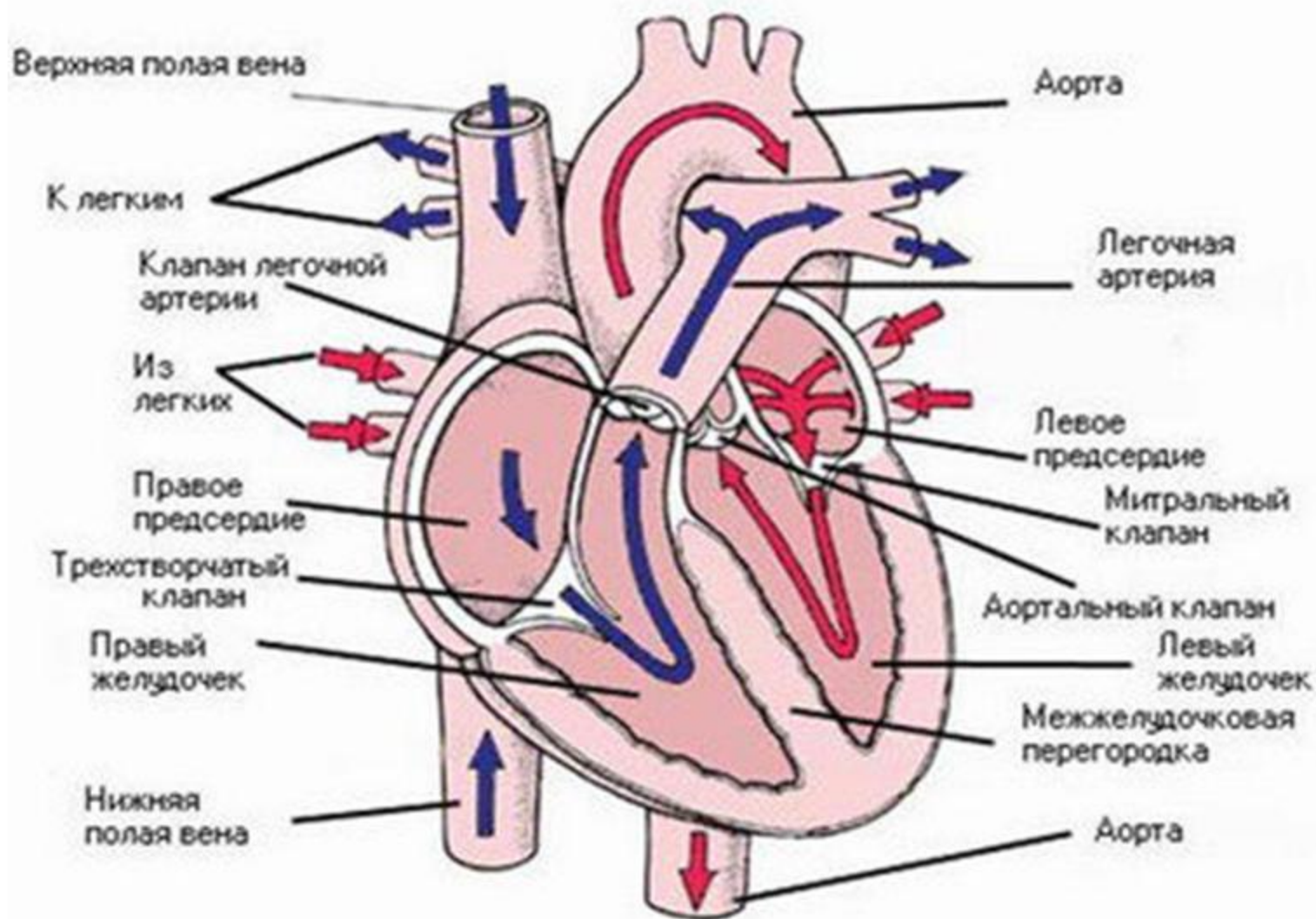
Сердце млекопитающих и птиц состоит из 4-х камер: 2 предсердия и 2 желудочка. Левая и правая половины сердца разделены сплошной мышечной перегородкой Мышцы предсердий отделены от желудочков сухожильным кольцом, образующим атриовентрикулярную перегородку.

Стенка всех четырёх камер имеет три оболочки: эндокард – внутренняя оболочка из соединительнотканной основы, покрытой эндотелием миокард состоит из кардиомиоцитов: *рабочие* – содержат сократительный аппарат, контактируют друг с другом при помощи вставочных дисков нексусов, которые способствуют переходу возбуждения с одной клетки на другую; *проводящие* – образуют проводящую систему сердца и водители (пейсмекеры) ритма; *секреторные* – синтезируют вазодилататор атриопептин (натрийдиуретический гормон) – гормон, регулирующий АД.

эпикард наружный слой, переходит в перикард – париетальный листок околосердечной сумки, содержащей серозную жидкость, предохраняющую сердце от трения. Кроме того, перикард ограничивает растяжение сердца во время заполнения его кровью.



Строение сердца



Клапанный аппарат сердца

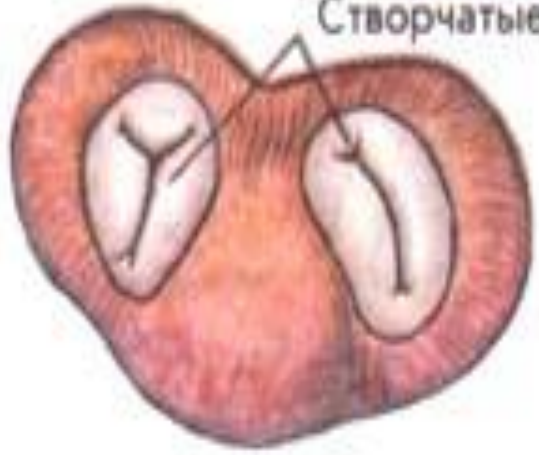
створчатые (предсердно-желудочковые или атриовентрикулярные) – трёхстворчатый клапан в правом предсердно-желудочковом отверстии и двустворчатый (митральный) клапан – в левом. Они препятствуют обратному поступлению крови из желудочков в предсердия, закрываются, когда давление в желудочках превышает давление в предсердиях. От свободных краёв клапанов отходят сухожильные хорды, прикрепляющиеся к сосочковыми мышцами миокарда желудочков, не позволяют створкам выпячиваться в сторону предсердий в систолу желудочков;

полулунные – аортальный клапан и клапан лёгочной артерии – расположены на выходе из левого и правого желудочков соответственно. Они предотвращают возврат крови из артериальной системы в полости желудочков. Оба клапана представлены тремя «кармашками», имеющими полулунную форму и прикреплёнными симметрично вокруг клапанного кольца.

Полусухожильные нити



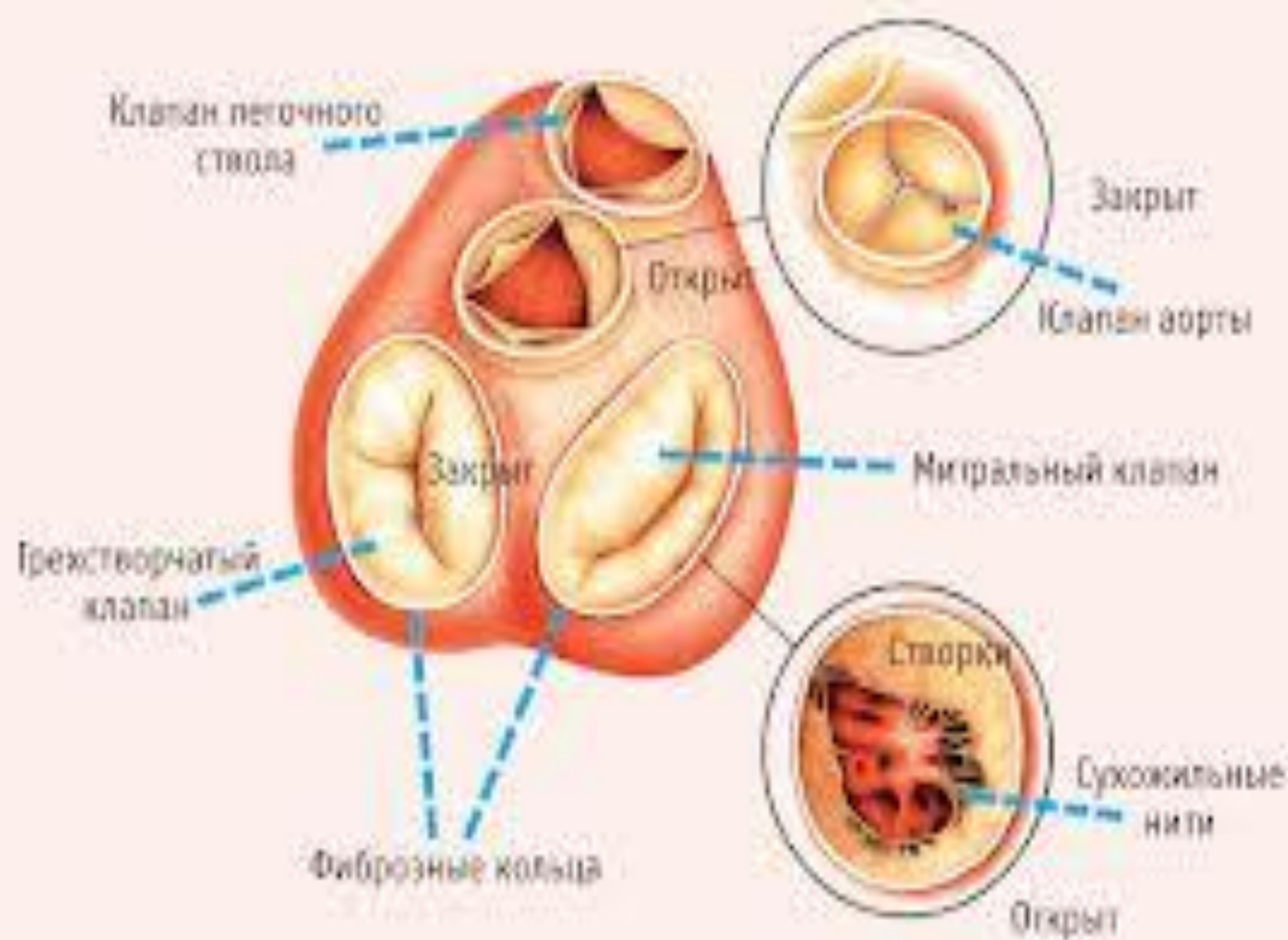
Створчатые клапаны

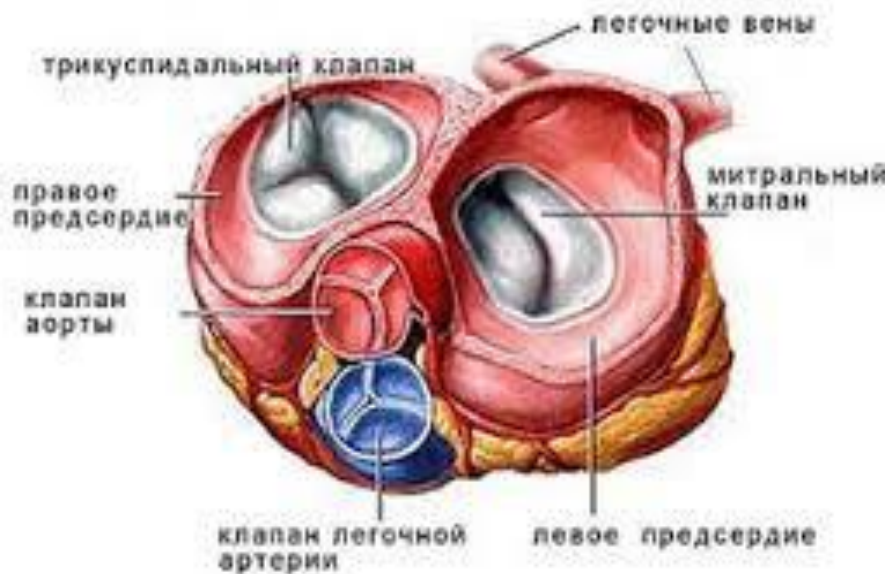


Полулунный клапан



Линия продольного разреза сосуда

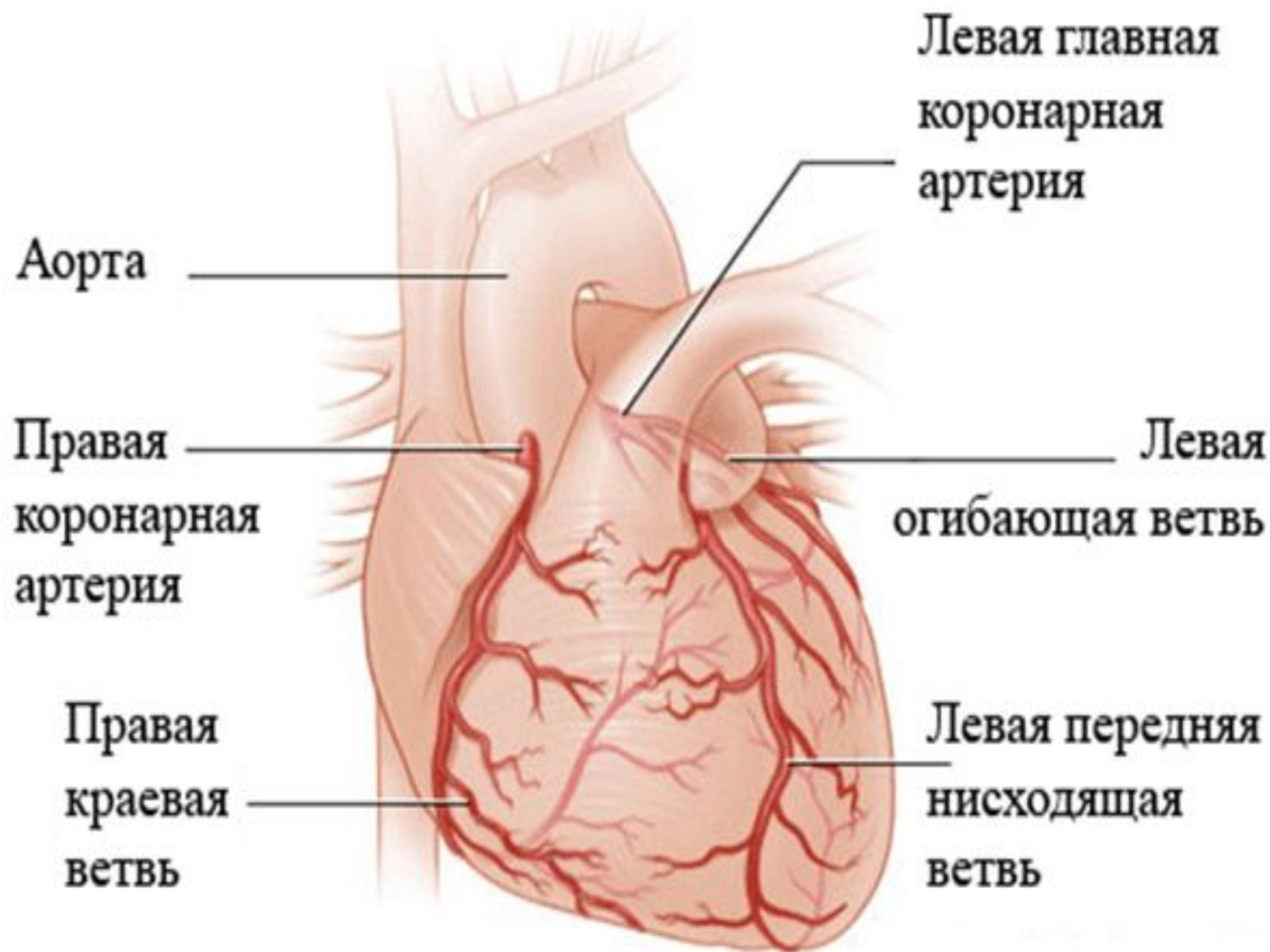




Значение клапанов заключается в обеспечении одностороннего движения крови в сердце. Все клапаны (предсердно-желудочковые и полулунные) закрываются и открываются пассивно.

Кровоснабжение сердца

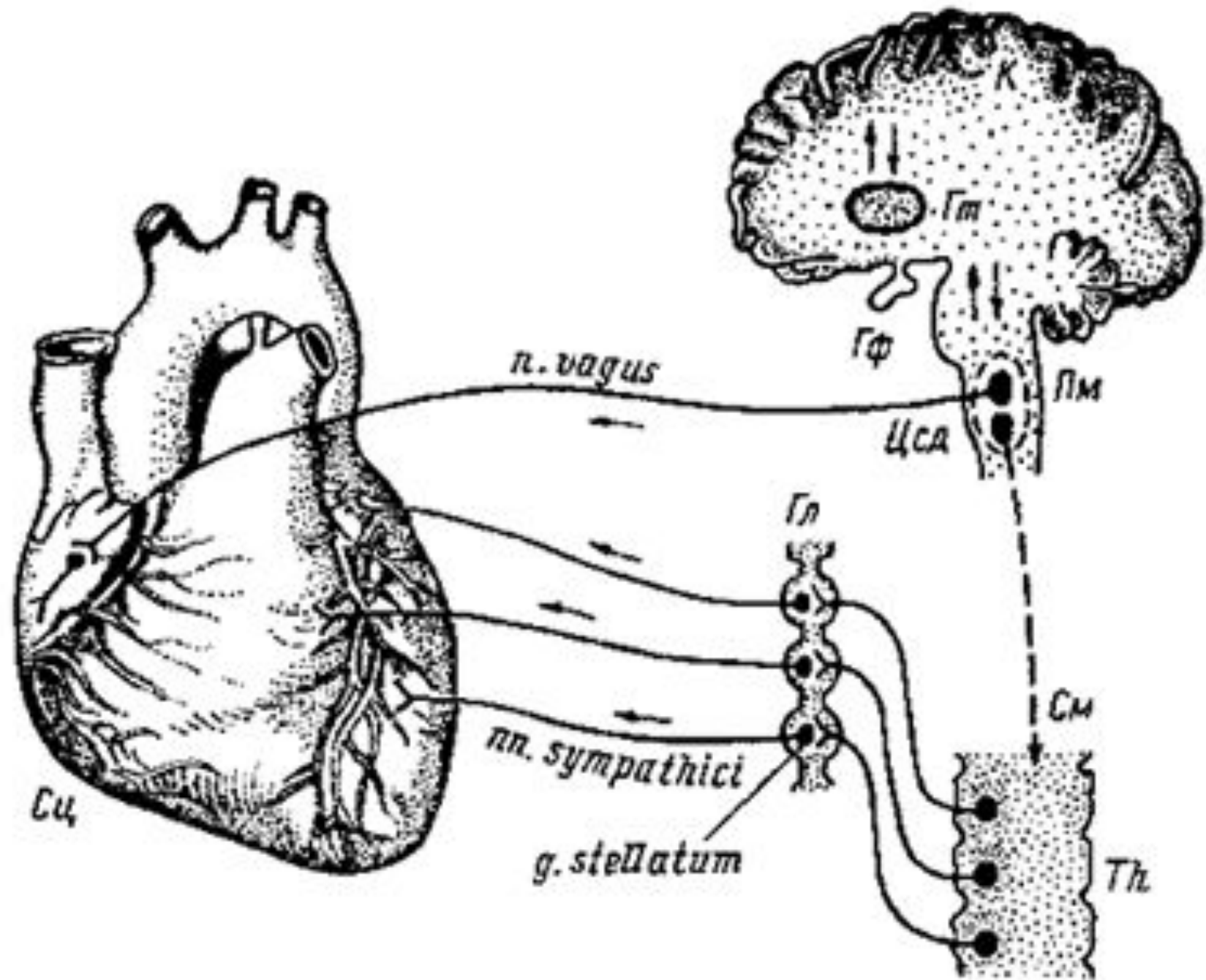
Сердце снабжается кровью через две коронарные артерии – первые артерии, которые отходят от дуги аорты, сразу за полулунными клапанами. Левая коронарная артерия разветвляется в левой половине сердца, а правая – в обеих половинах сердца и в перегородке сердца. Венозная кровь оттекает от сердца через коронарный синус и через сосуды Тебезия в полости правого и левого желудочков.



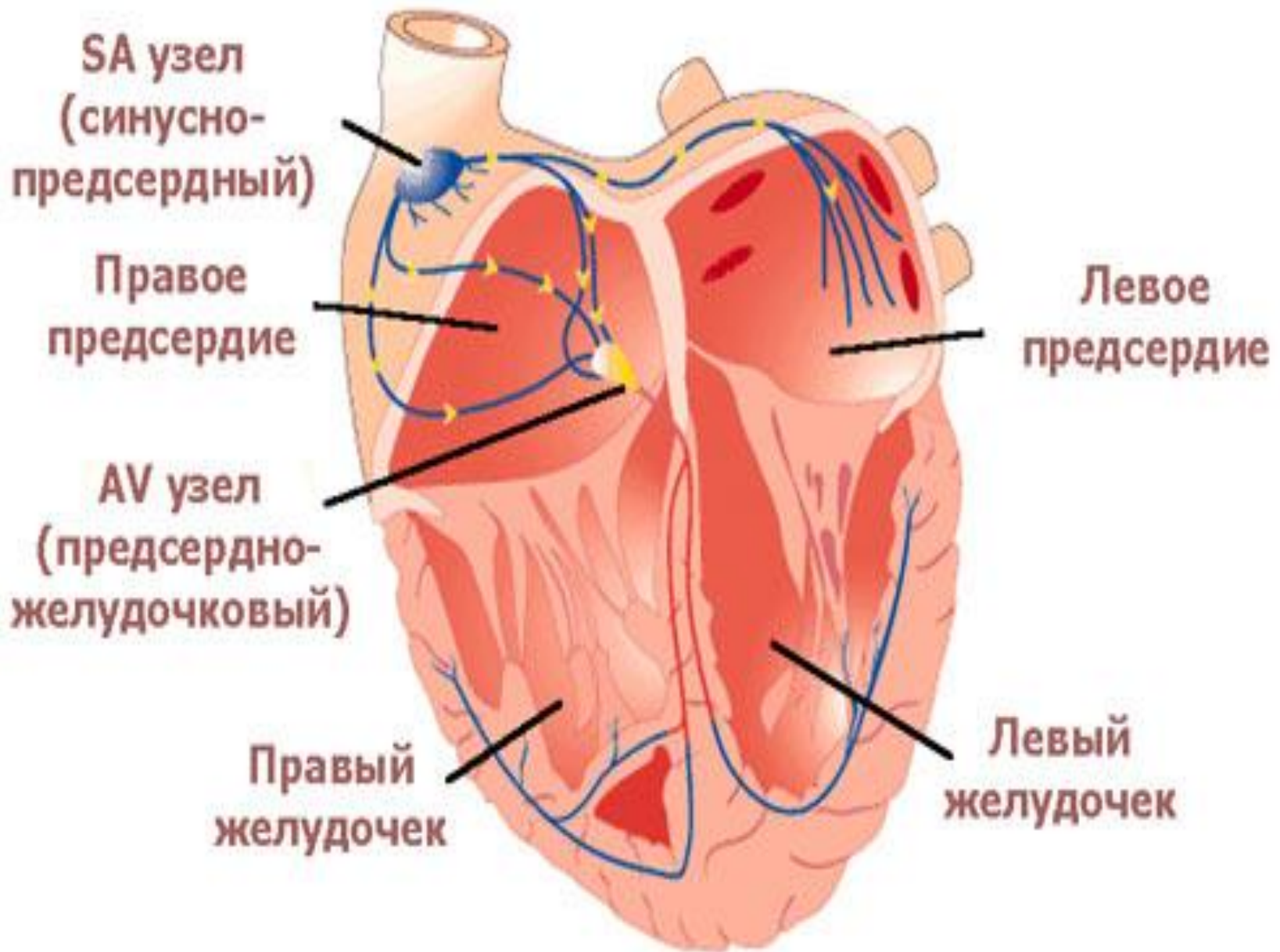


Иннервация сердца

Все нервы, подходящие к сердцу, имеют смешанное вагосимпатическое происхождение. Парасимпатические нервы иннервируют предсердия и узлы проводящей системы сердца. Преганглионарные парасимпатические волокна проходят в составе блуждающего нерва с обеих сторон. Волокна правого блуждающего нерва иннервируют правое предсердие. Волокна левого – преимущественно атриовентрикулярный узел. Симпатические нервы распределяются в основном в желудочках и, в меньшей степени, в предсердиях, и иннервируют сократительные мышечные волокна. Афферентные волокна сердца начинаются с чувствительных нервных окончаний в предсердиях и желудочках и отвечают на напряжение и растяжение сердечной мышцы.



Проводящая система сердца



ПСС представлена комплексом анатомических образований сердца, состоящих из проводящих кардиомиоцитов (пейсмейкеры) и обеспечивающих координированную работу разных отделов сердца.

Синусно-предсердный узел (синусный, синусно-аурикулярный, Киса-Флека) располагается в месте впадения верхней полой вены в правое предсердие, частота импульсации - 60-90 имп/мин и он задаёт частоту сокращения сердца. Такой ритм называют синусным, а синусный узел – водителем ритма первого порядка.

Атриовентрикулярный узел (предсердно-желудочковый, Ашоффа-Тавары) находится в правой задней части межпредсердной перегородки, непосредственно позади трёхстворчатого клапана. Частота импульсации - 40-50 имп/мин.

Пучок Гиса связывает миокард предсердий с миокардом желудочков. В мышечной части межжелудочковой перегородки подразделяется на левую и правую ножки. Частота импульсации - 30-35 имп/мин.

Волокна Пуркинье распространяются ко всем частям миокарда желудочков где контактируют с концевыми участками волокон ножек пучка Гиса. Частота импульсации - 20 имп/мин.

Свойства сердечной мышцы

Возбудимость – свойство сердечной мышцы переходить в состояние возбуждения, т.е. изменять ионную проницаемость мембран клеток и генерировать потенциал действия (ПД) под влиянием различных раздражителей.

В естественных условиях раздражителем является ПД, возникающий в синусном узле и распространяющийся по проводящей системе сердца до рабочих кардиомиоцитов. ПП кардиомиоцита составляет 80-90 мВ, ПД – 100-120 мВ. Деполяризация развивается быстро, но МП возвращается к исходному уровню не сразу, а через 200-400 мс. Это связано с тем, что между фазами деполяризации и реполяризации мембраны имеется фаза плато обусловленная открытием Ca^{2+} -каналов и поступлением ионов Ca^{2+} внутрь клетки, наряду с ионами Na^{+} , при этом ток ионов K^{+} из клетки сохраняется. Фаза плато свойственна только рабочим кардиомиоцитам.

мВ 50

Пик ПД

Плато

Овер-шут

Потенциал действия

Потенциал покоя

Деполаризация

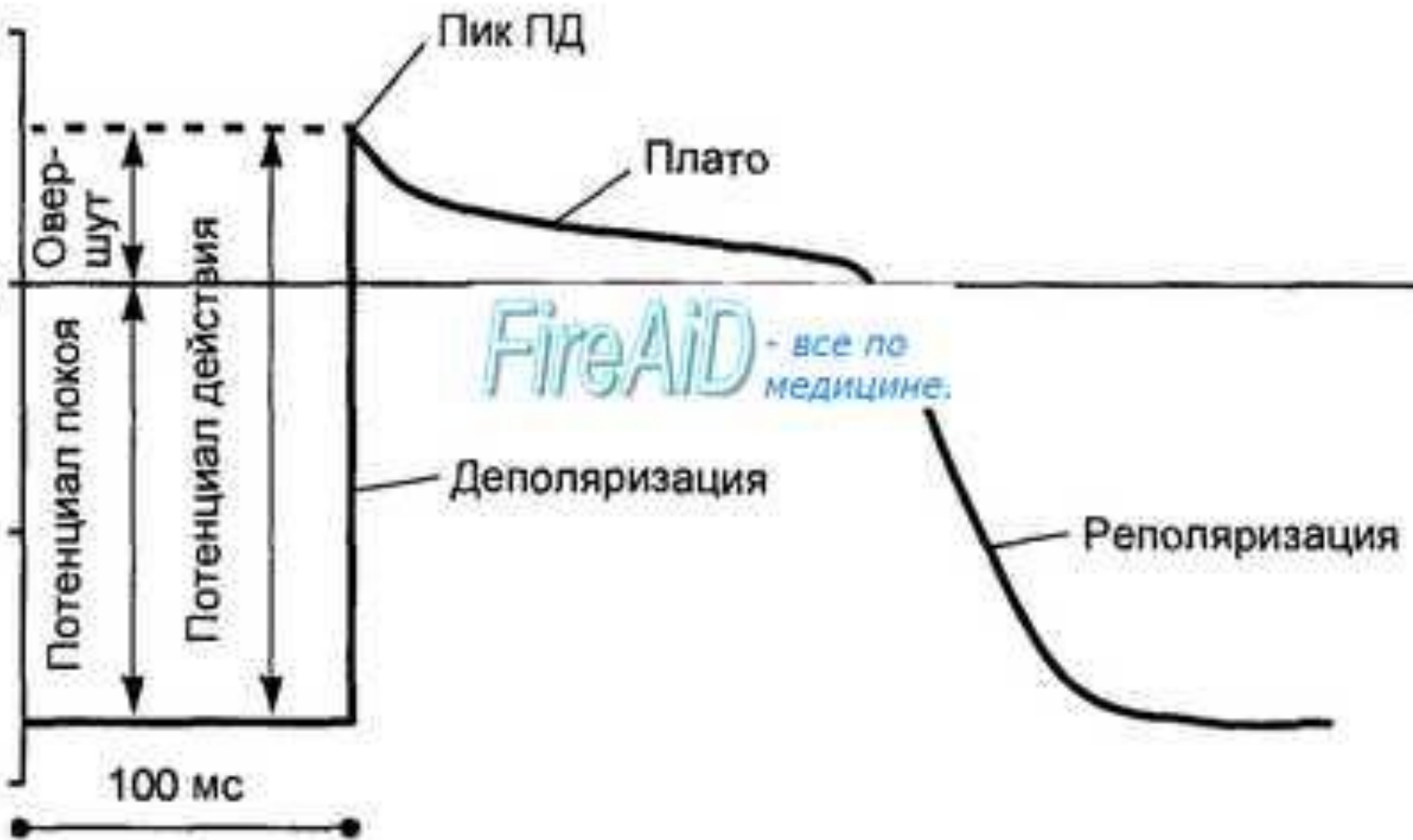
FireAiD - все по
медицине.

Реполаризация

-50

-100

100 мс



Рефрактерность – невосприимчивость к повторным раздражениям. Возбудимость миокарда не постоянна. На протяжении фаз деполяризации, плато и до середины фазы реполяризации мышца сердца не может быть возбуждена снова. Она находится в состоянии абсолютной рефрактерности. После возникает состояние относительной рефрактерности, в котором миокард остаётся до возвращения МП к исходному уровню. Если в начале диастолы на сердце действует какой-либо дополнительный раздражитель, то сердце может ответить на него новой волной возбуждения. Внеочередное возбуждение и сокращение сердца, возникающее под действием раздражителя в период относительной рефрактерности, называется экстрасистолой, после чего следует компенсаторная пауза – интервал между экстрасистолой и очередной систолой желудочков.

После относительной рефрактерности наступает период экзальтации, когда сердце готово ответить даже на подпороговое раздражение.

Автоматия — способность миокарда ритмически возбуждаться и сокращаться без каких-либо внешних воздействий, т.е. без участия нервной системы и гуморальных факторов.

Автоматия обусловлена проводящими кардиомиоцитами, которые самопроизвольно деполяризуются после каждого потенциала действия. Эти клетки называются пейсмейкерами или водителями сердечного ритма.

Проводимость – это свойство сердечной мышцы проводить возбуждение. Возбуждение охватывает все без исключения рабочие волокна.

ПД возникает в пейсмейкерах синусного узла. Отсюда ПД распространяется сначала на предсердия, затем по проводящей системе к кардиомиоцитам желудочков.

Скорость распространения возбуждения в сердце:
от синусного узла до атриовентрикулярного узла: **0,8-1 м/с;**
в атриовентрикулярном узле: **0,02-0,05 м/с;**
в пучке Гиса: **1-1,5 м/с;**
в волокнах Пуркинье: **3-4 м/с;**
сократительная мускулатура желудочков: **0,8-1 м/с.**
Время полного охвата сердца возбуждением **10-15 мс.**

Сократимость – это специфический признак возбуждения сердечной мышцы. Сокращение миокарда начинается сразу после начала деполяризации и продолжается в течение всего ПД. Сердечная мышца подчиняется закону «всё или ничего»: на подпороговые раздражения сердце не сокращается, а на пороговое раздражение отвечает максимальным сокращением, и увеличение силы раздражителя не приводит к увеличению силы сокращения.

Вместе с тем закон «всё или ничего» не абсолютен. В 1871 г. Г. Боудич раздражая сердечную мышцу импульсами возрастающей частоты, не меняя их силы, обнаружил, что величина сократительного ответа миокарда возрастала при каждом последующем стимуле. Это явление получило название лестницы Боудича.

Сердечный цикл

Совокупность электрических, механических и биохимических процессов в сердце в течение одного полного сокращения и расслабления. Последовательные чередования сокращения (систола) и расслабления (диастола) полостей сердца, обеспечивают перекачивание крови из венозного русла в артериальное.

В сердечном цикле принято выделять три фазы:

- 1 – систола предсердий и диастола желудочков (12,5 % времени);**
- 2 – диастола предсердий и систола желудочков (37,5 % времени);**
- 3 – общая пауза предсердий и желудочков (50% времени).**

Систола предсердий длится 0,1 с давление в них повышается до 5-6 мм рт. ст. и становится выше, чем в расслабленных желудочках (0 мм рт. ст.). Открываются створчатые клапаны, кровь нагнетается в желудочки.

Диастола предсердий (0,7 с) и сопровождает весь период систолы и большую часть диастолы желудочков. Предсердия заполняются кровью из полых и лёгочных вен.

Систола желудочков (0,33 с) совпадает с началом диастолы предсердий. В ней различают два периода: напряжения и изгнания, каждый из которых делится на несколько фаз.

Период напряжения (0,08 с) включает

фазу асинхронного сокращения (0,05 с). Идёт постепенный охват возбуждением миокарда, вызывая асинхронное сокращение волокон. Давление крови в желудочках равно 0. Митральный и трёхстворчатый клапаны закрываются в конце этой фазы;

фазу изометрического напряжения (0,03 с). Возбуждение охватывает все волокна. Наполненные кровью желудочки сокращаются без изменения объёма. Клапаны закрыты. Давление в левом желудочке у лошади и крс возрастает до 100-120 мм рт. ст. В правом – до 20-30.

Период изгнания (0,25 с) включает

фазу быстрого изгнания (0,12 с). Открываются полулунные клапаны. Ещё больше увеличивается напряжение стенки, давление в желудочках возрастает и выравнивается с давлением в аорте и лёгочной артерии (160-180 мм рт. ст. и 50-60 мм рт. ст. соответственно). Кровь изгоняется из желудочков в сосуды;

фазу медленного изгнания (0,13 с). Объём желудочков уменьшается до минимума (остаточный объём крови при систоле в покое около 50%, а при максимальном сокращении – 15-20%). Напряжение мышцы ослабевает. Давление между желудочками и сосудами уменьшается (в левом желудочке 100 мм рт. ст., в правом – 20). Скорость изгнания крови из желудочков падает до полного прекращения.

Диастола желудочков (0,47 с) имеет два периода: расслабления и наполнения, каждый из которых делится на несколько фаз.

Период расслабления (0,12 с) включает
протодиастолу – период (0,04 с) между прекращением изгнания крови из желудочков и захлопыванием полулунных клапанов;
фазу изометрического расслабления (0,08 с). Все клапаны закрыты. В желудочках остаток крови. Мышца расслабляется изометрически. Давление в желудочках падает до 0. В конце фазы, открываются митральный и трёхстворчатый клапаны.

Период наполнения (0,35 с) включает

фазу быстрого наполнения (0,08 с). Кровь из предсердий проваливается в желудочки, их объём возрастает;

фазу медленного наполнения (0,27 с).

Наполнение идёт за счёт кинетической энергии потока крови. Фаза предшествует систоле предсердий или совпадает с ней, поэтому также выделяют фазу дополнительного наполнения желудочков за счёт систолы предсердий.

Частота сокращений сердца (ЧСС) – количество сердечных циклов в 1 минуту. ЧСС можно определить по числу сердечных толчков, т.е. систол желудочков в течение минуты. ЧСС (циклов в 1 мин): лошадь – 25-42, крс – 50-75, овца, коза, свинья – 60-80, собака – 60-120, кошка – 100-120, кролик – 100-140, курица – 130-200.

Учащение сердечных сокращений называется тахикардия (при физической нагрузке, гипертермии, гипобарии, гиперкапнии и др.), урежение сокращений сердца в пределах физиологической нормы – брадикардия (во время сна, у тренированных животных).

ЧСС зависит от возраста. Так, у плода коровы она достигает 120-190 ударов в минуту. ЧСС у плода не соответствует частоте работы сердца у матери. Она может быть реже у плода (крыса, птица), или чаще (корова), чем у взрослой особи, и зависит от развития строения и функции синусного узла. У молодых животных ЧСС намного больше, чем у взрослых.

Ритм сердечной деятельности – правильное согласование во времени сердечных циклов. Для оценки сердечного ритма следует проанализировать в течение минуты запись электрических потенциалов (электрокардиограмму), обратив внимание на интервалы между одинаковыми фазами сердечного цикла.

Сердечная деятельность может быть ритмичной (одинаковые интервалы) и неритмичной. Изменения сердечного ритма называются аритмиями. Аритмии могут быть физиологическими (дыхательная аритмия и аритмия молодого возраста) и патологическими (экстрасистолия, фибрилляция желудочков).

Основные показатели деятельности сердца

Систолический (ударный) объём – это количество крови, выбрасываемое одним желудочком сердца при одной систоле. Эта величина примерно одинакова для обоих желудочков. Систолический объём у животных, в мл: бык, лошадь – 700, овца – 70, свинья – 60, собака – 20, курица – 2,5.

Минутный объём (сердечный выброс) – объём крови, перекачиваемой желудочком сердца за минуту. Минутный объём у животных, в л: бык – 45, лошадь – 23, овца – 5, свинья – 4,5, собака – 2, курица – 0,4

Сердечный индекс – показатель насосной функции сердца. Выражается как отношение минутного объёма к площади поверхности тела в л/мин×м².

Регуляция работы сердца

Внутрисердечные механизмы

внутриклеточные механизмы направлены на усиление или ослабление синтеза клеточных белков, а также внутриклеточных структур, обеспечивающих биохимические процессы в клетках. Сюда относится и закон Франка-Старлинга (чрезмерное растяжение полости желудочков повышает силу сокращения кардиомиоцитов);

механизмы межклеточного взаимодействия обеспечиваются вставочными дисками-нексусами, объединяющими клетки миокарда в функциональный синцитий;

внутрисердечные периферические рефлексy – более высокий уровень регуляции. Собственная нервная регуляция сердца осуществляется метасимпатической нервной системой. Эти рефлексy замыкаются не в ЦНС, а во внутрисердечных нервных ганглиях. Аfferентные нейроны воспринимают растяжения мышечных волокон сердца и коронарных сосудов, эfferентные нейроны иннервируют миокард и гладкие мышцы коронарных сосудов. Эти рефлексy стабилизируют наполнение кровью артериального русла: уменьшают выброс крови в артерии при переполнении их кровью и увеличивают – при недостаточном возврате крови к сердцу.

Внесердечные или

экстракардиальные механизмы

нервные механизмы;

гуморальные механизмы.

**Нервная, или рефлекторная
регуляция осуществляется по
принципу рефлексов по рефлекторной
дуге: рецепторы → афферентные
нервы → нервный центр →
эфферентные нервы → сердце.**

Влияние вегетативной нервной системы на сердце (отрицательное – при раздражении парасимпатических нервов, положительное – при раздражении симпатических нервов)

батомотропное – влияние на возбудимость;

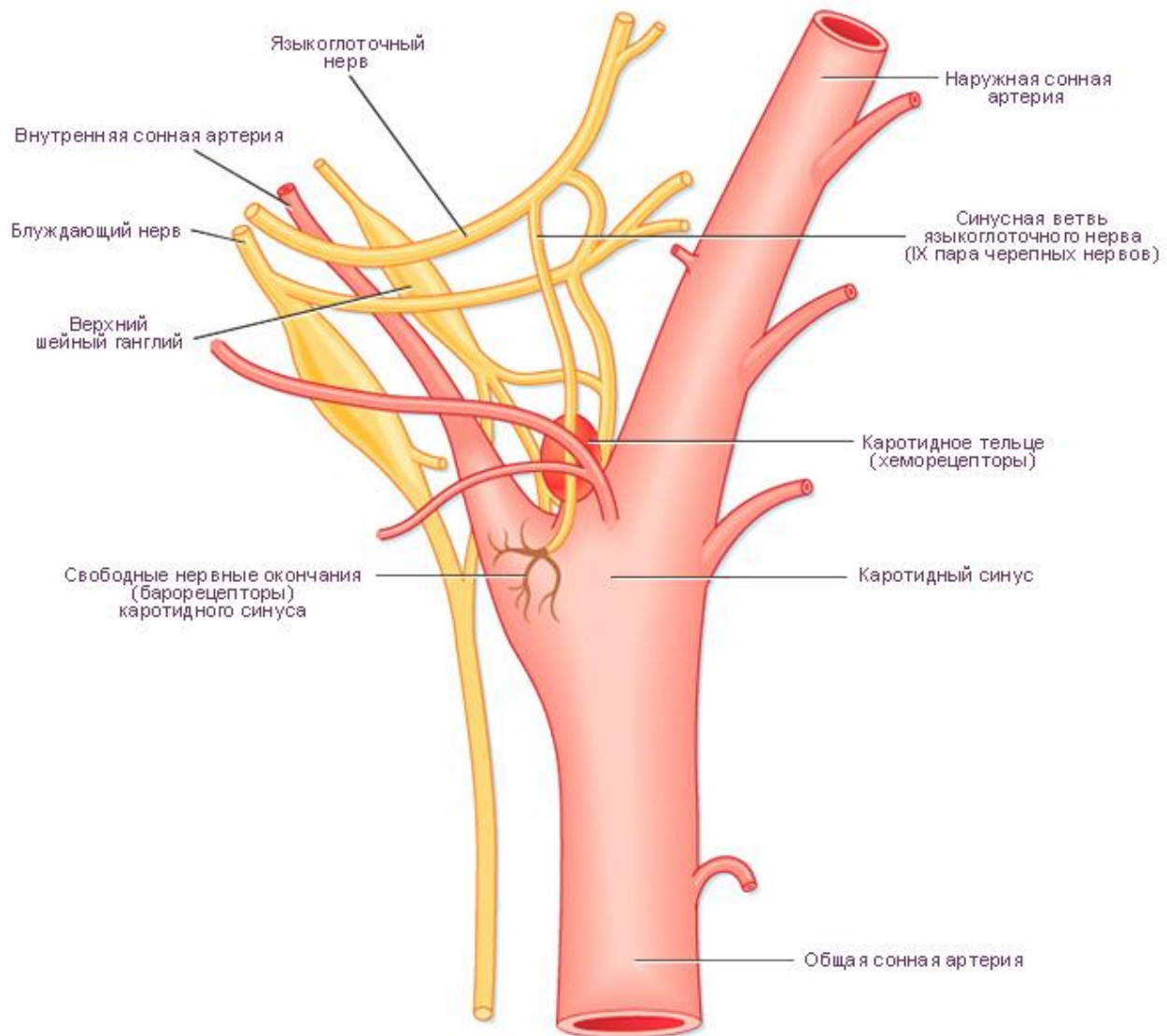
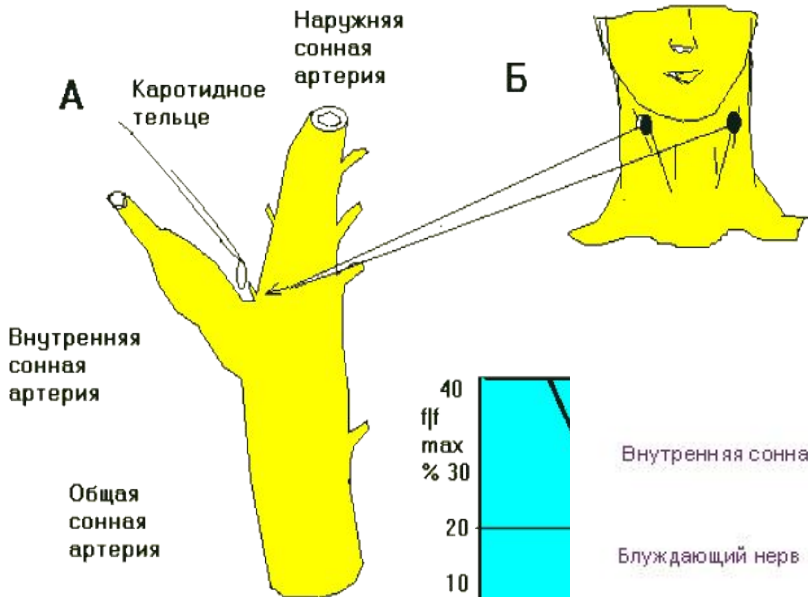
инотропное – влияние на силу сокращений;

дромотропное – влияние на проводящую систему сердца;

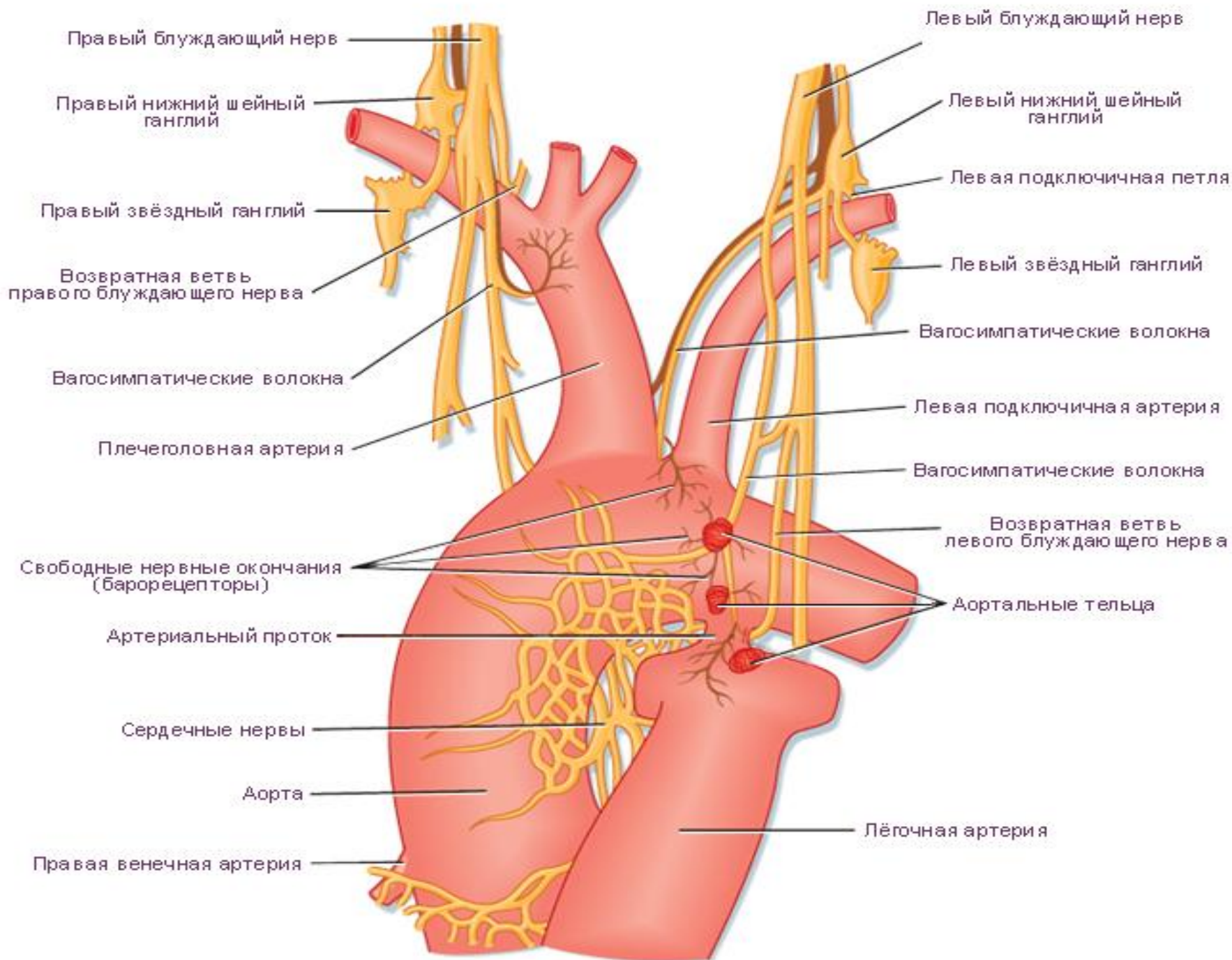
хронотропное – влияние на частоту сердечных сокращений.

Рефлексы, начинающиеся с сосудистых рефлексогенных зон участвующих в регуляции сердечной деятельности и сосудистого тонуса

Рефлексогенная синокаротидная зона (зона каротидного синуса) – парная, находится в разветвлениях правой и левой сонных артерий на наружные и внутренние ветви. Здесь имеется каротидный синус. Благодаря хеморецепторам синус регистрирует изменения концентрации CO_2 и O_2 , сдвиги pH крови, а благодаря барорецепторам – колебания АД. При увеличении АД импульсы от рецепторов по синусному нерву Геринга идут в продолговатый мозг к ядрам блуждающего нерва. По блуждающему нерву импульс идёт к сердцу, вызывая отрицательные инотропные и хронотропные эффекты. В результате АД снижается.

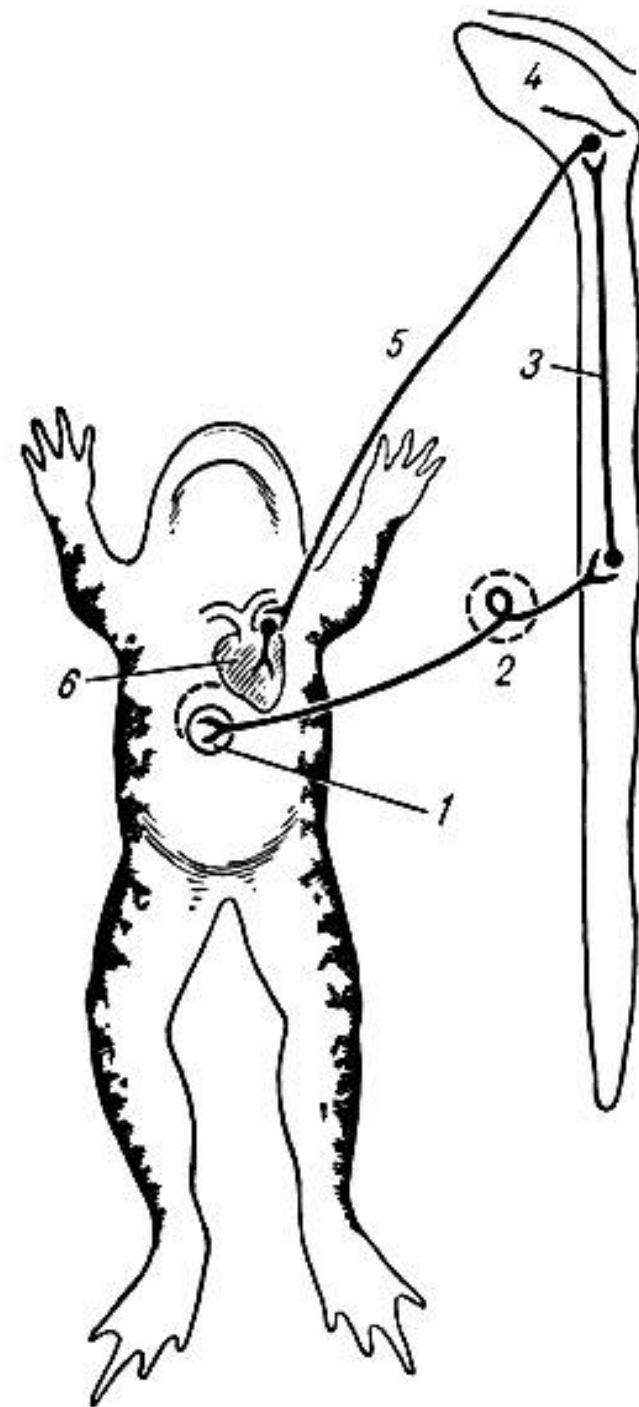


Рефлексогенная зона дуги аорты
имеет баро- и хеморецепторы;
возбуждение от них передаётся по
аортальному, или депрессорному
нерву в продолговатый мозг, откуда
по блуждающему нерву импульсы
идут к сердцу, уменьшая его работу.
Аортальная зона контролирует
общее артериальное давление в
организме.

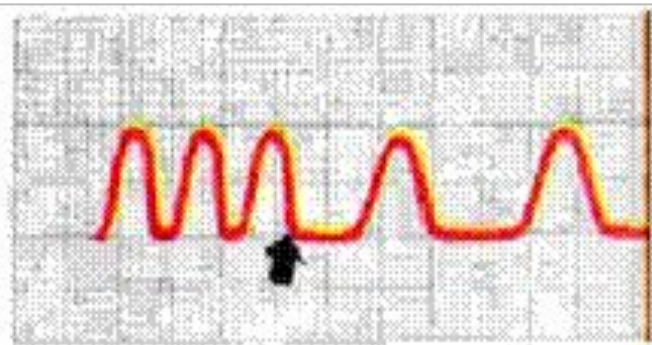
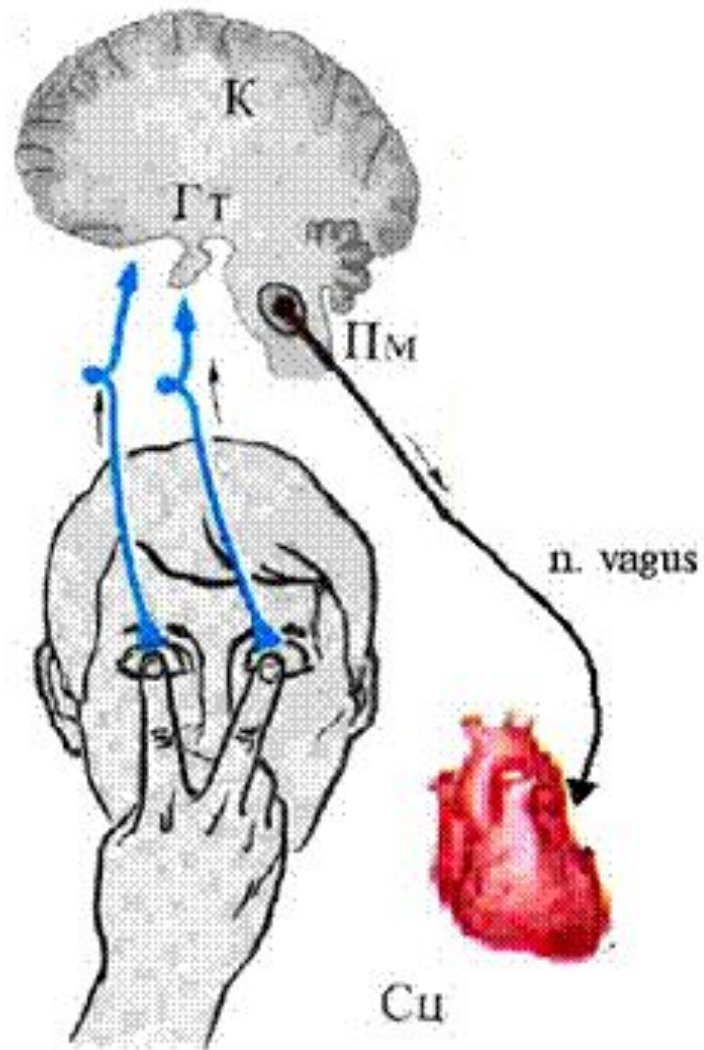


Рефлексогенная зона вблизи устья полых вен, а также в правом предсердии.
Рефлекс с барорецепторов этой зоны носит название рефлекса Бейнбриджа: при переполнении кровью полых вен импульсы направляются по спинномозговым нервам в грудную часть спинного мозга, где находятся центры симпатических нервов сердца. Они усиливают работу сердца, и давление крови в полых венах снижается.

Рефлекторные изменения работы сердца возникают и при раздражении других рецепторных зон организма:
рефлекс Гольца – резкое замедление или остановка сердца при раздражении механорецепторов брюшной стенки и органов брюшной полости.



Рефлекс
Ашнера —
замедление
сокращений
сердца при
несильном
надавливании
на глазные
яблоки.



Рефлекс Парина –
увеличение давления в
легочной артерии
замедляет ритм
сокращений сердца.

Гуморальная регуляция сердца осуществляется биологически активными веществами, которые влияют либо непосредственно на сердечные волокна, либо на эфферентные нервные окончания синапсов, либо рефлекторно – через ЦНС.

Катехоламины (адреналин, норадреналин, дофамин) – действуют на сердце аналогично симпатической нервной системе.

Ацетилхолин – действует так же как и парасимпатические нервы.

Глюкагон – оказывает положительное инотропное действие.

Тироксин – положительное инотропное действие, за счёт усиления тонуса симпатической нервной системы.

Кортикостероиды – положительное инотропное действие.

Ангиотензин II – положительное инотропное действие.

Серотонин – положительное инотропное действие.

Катионы Ca^{2+} - повышают возбудимость клеток миокарда, участвуют в механическом сокращении миофибрилл.

Катионы K^{+} - в повышенной концентрации уменьшают потенциал покоя миокардиоцитов и увеличивают калиевую проницаемость мембран.

Уменьшение содержания O_2 в крови, увеличение CO_2 , H^+ , HCO_3^- угнетают сократительную активность миокарда.