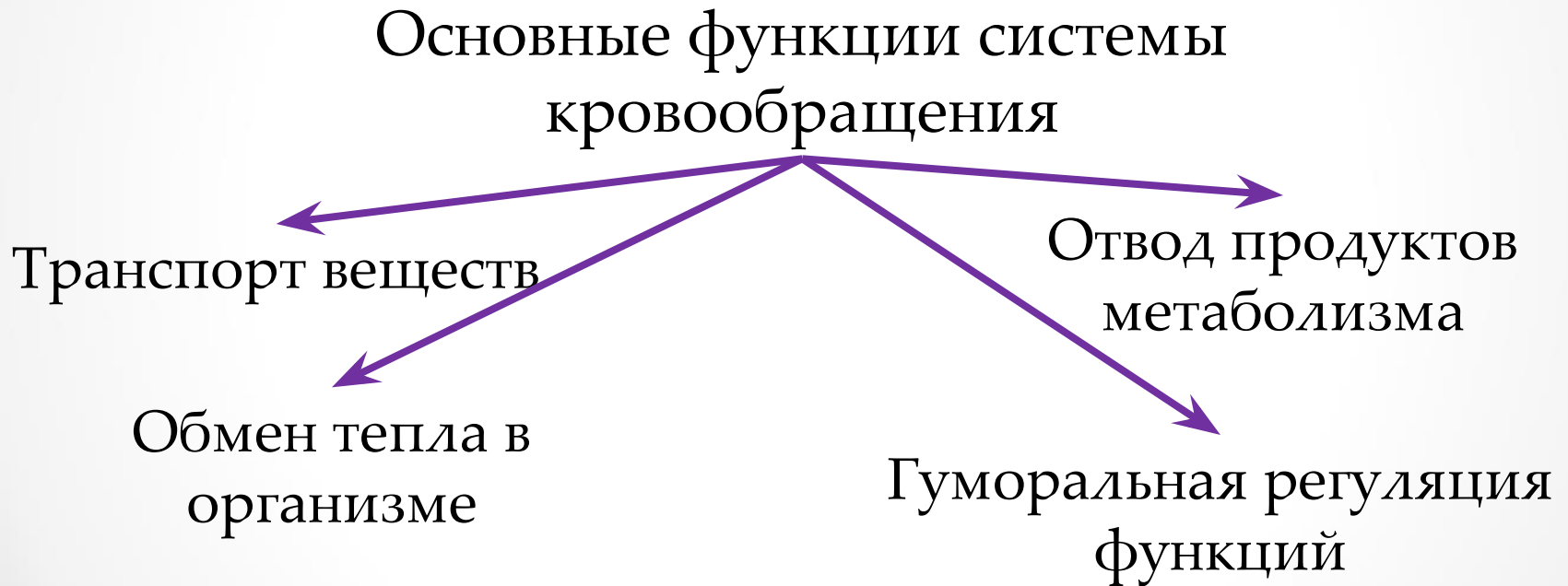


Физиология системы кровообращения и работы сердца

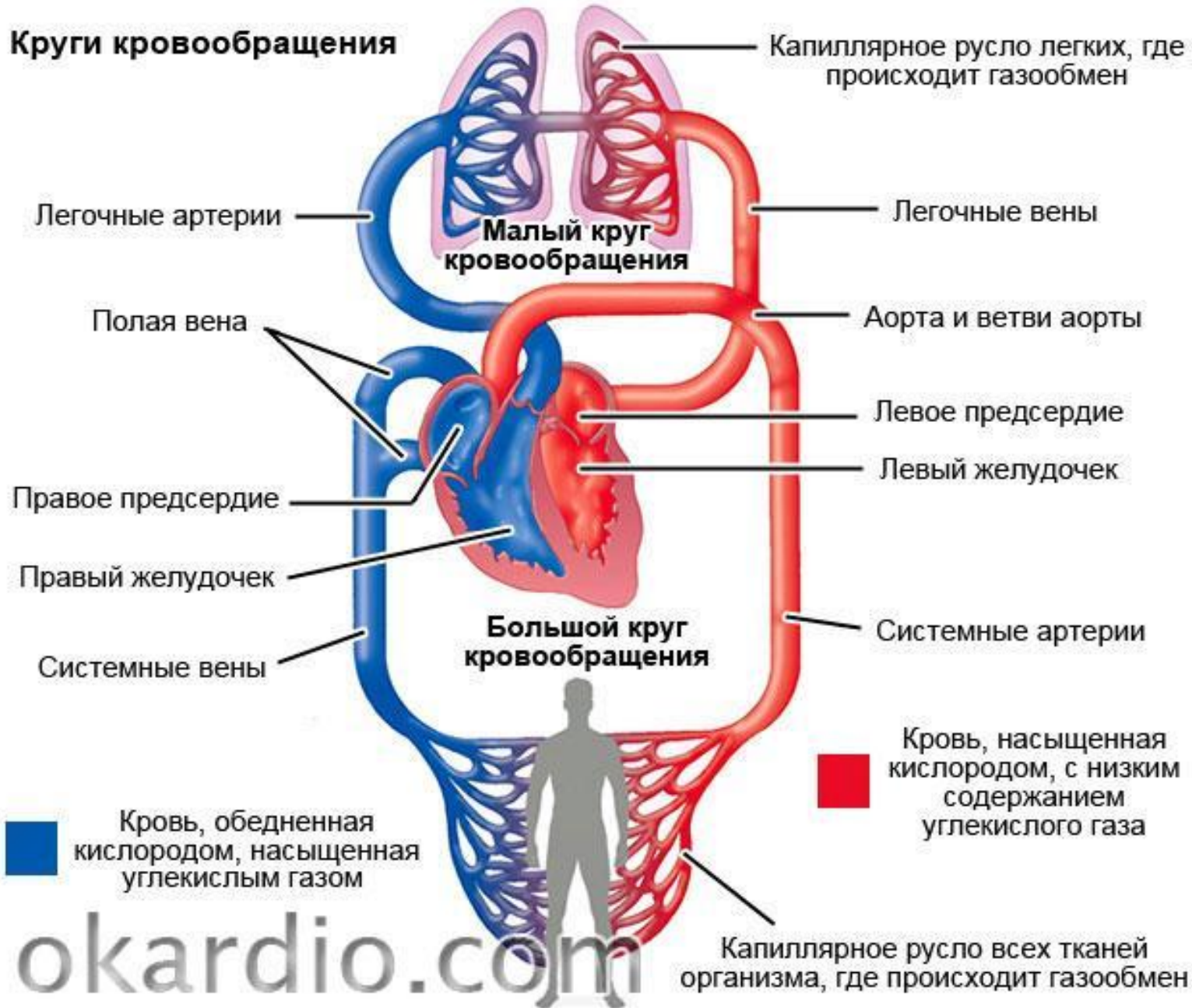
Калиман Николай Александрович

- Основное назначение сердечно-сосудистой системы: обеспечение кровообращения – постоянной циркуляции крови из сердца в сосуды и из сосудов вновь к сердцу.



Круги кровообращения

Круги кровообращения



Системная гемодинамика

Основные показатели, характеризующие системную гемодинамику:

- ✓ **Системное артериальное давление**
- ✓ **Общее периферическое сопротивление сосудов**
- ✓ **Сердечный выброс**
- ✓ **Частота сердечных сокращений**
- ✓ **Работа сердца**
- ✓ **Венозный возврат крови к сердцу**
- ✓ **Центральное венозное давление**
- ✓ **Объем циркулирующей крови**

Системное артериальное давление (САД)

- Является результирующей величиной сердечного выброса (СВ) и общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС).

$$\text{САД} = \text{СВ} * \text{ОПСС}$$

120/80 мм рт. ст.

Систолическое — **Диастолическое** = Пульсовое
В период систолы левого желудочка В период диастолы левого желудочка давление

Уровни артериальной гипертензии

Категория	Систолическое		Диастолическое
Оптимальное	<120	и	<80
Нормальное	120–129	и/или	80–84
Высокое нормальное	130–139	и/или	85–89
АГ 1 степени	140–159	и/или	90–99
АГ 2 степени	160–179	и/или	100–109
АГ 3 степени	≥180	и/или	≥110
Изолированная систолическая АГ	≥140	и	<90

Примечание:^a – категория артериального давления (АД) определяется по наивысшему значению, не важно – систолическому или диастолическому. Изолированной систолической АГ следует присваивать степень 1, 2 или 3 в зависимости от того, в какой из указанных диапазонов попадают значения систолического АД.

- **Общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС).**
- Состоит из сумм сопротивлений регионарных сосудистых отделов.
- **Сердечный выброс (СВ), минутный объем кровообращения (МОК).**
- Общее количество крови, перекачиваемое правым и левым отделом сердца в течение 1 минуты.
- Измеряется в л/мин, мл/мин.
- При мышечной работе МОК увеличивается в 3-4 р, а у тренированных спортсменов в 5-7 р.
- $МОК = \text{ударный объем (УО)} * ЧСС.$

Таблица 9.3. Некоторые параметры системной гемодинамики и насосной функции сердца у человека (в условиях основного обмена)

Сердечный выброс, л/мин	4,0—6,0	
Частота сердечных сокращений, мин ⁻¹	60—80	
Конечно-диастолический объем, мл	65—130	
Конечно-систолический объем, мл	40—60	
Ударный объем сердца, мл	60—90	
Давление, мм рт. ст.	Аорта	Легочный ствол
систолическое	110—120	25—30
диастолическое	60—75	6—12
среднее	70—80	9—17
Общее периферическое сопротивление сосудов, дин · с · см ⁻⁵	Большой круг	Малый круг
	1200—1700	150—350
Давление, мм рт. ст.	Левое предсердие	Правое предсердие
конечно-систолическое	10—12	3—7
конечно-диастолическое	0—6	0—2
Давление, мм рт. ст.	Левый желудочек	Правый желудочек
конечно-систолическое	110—120	25—30
конечно-диастолическое	9—12	6—10
Максимальная скорость прироста давления (dP/dt _{max}), мм рт. ст./с	2000—2500	350—400
Работа за систолу, Дж	0,9—1,0	0,2

Частота сердечных сокращений

- 60-90 уд/мин.

САД = МОК *

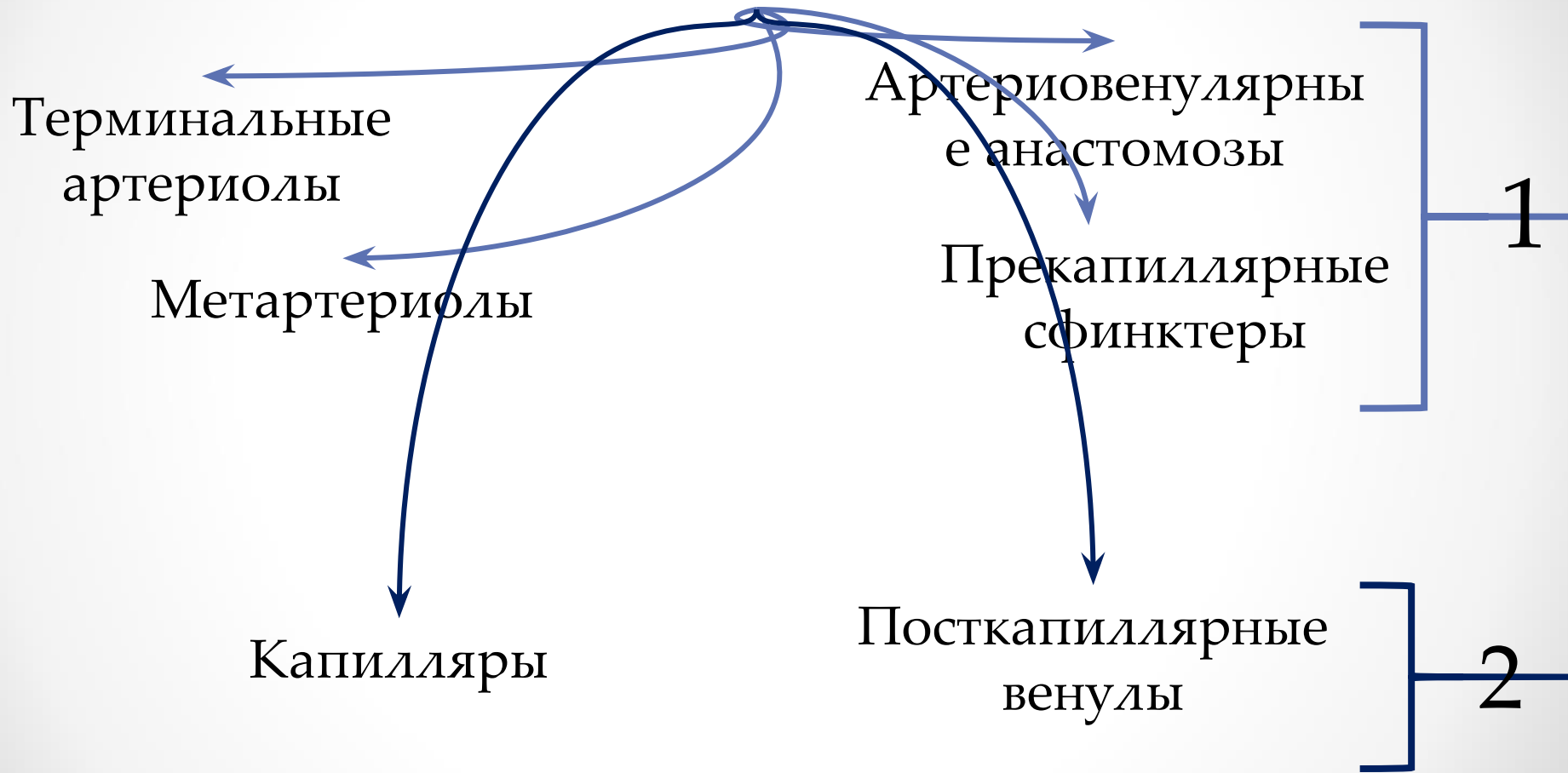
ОПСС ↓

УО * ЧСС

Важный механизм повышения МОК и САД!

Микроциркуляция (микродинамика)

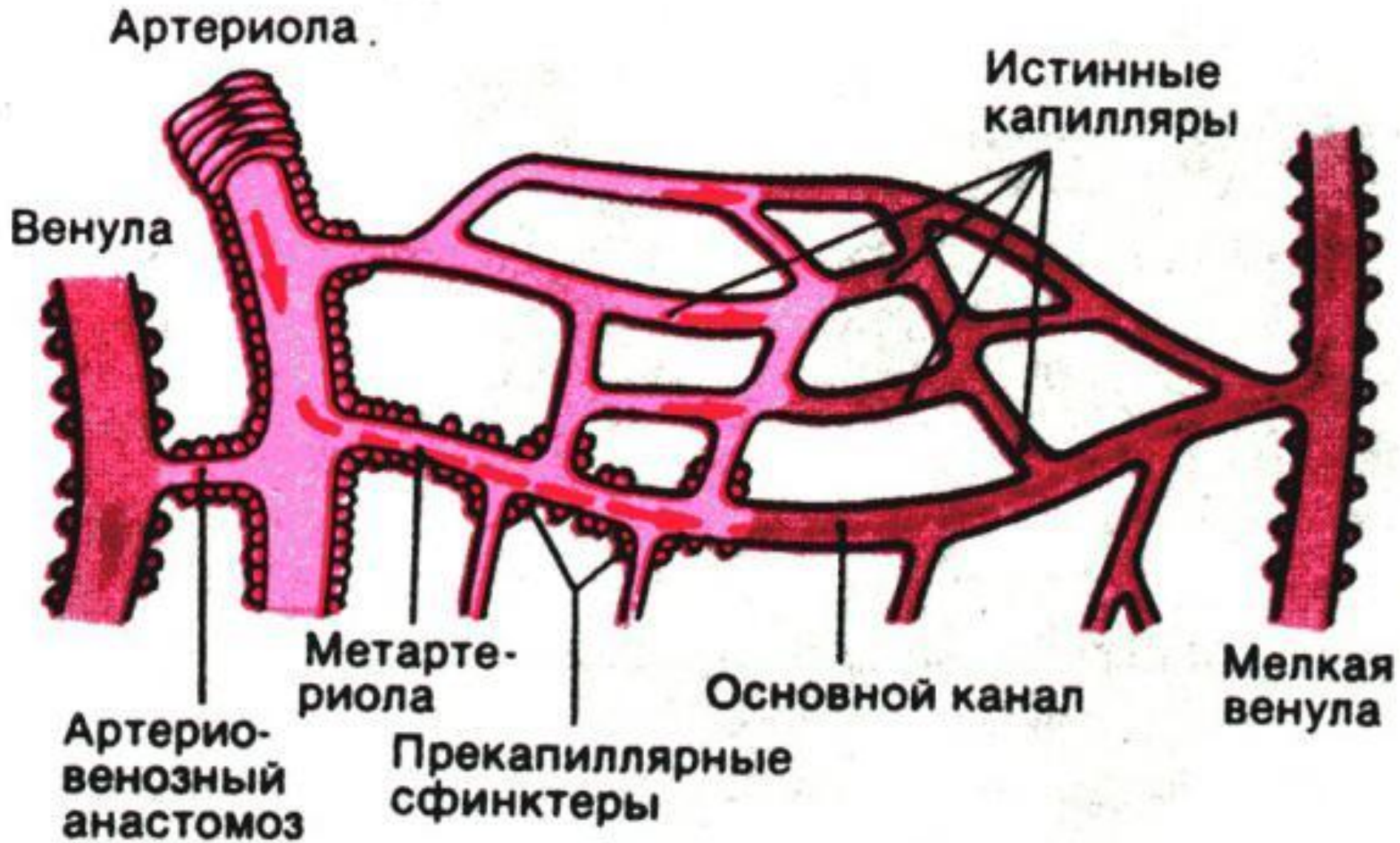
❖ Сосуды микроциркуляторного русла



1 – распределители капиллярного кровотока

2 – обменные сосуды

Микроциркуляция



Микроциркуляция

В **КАПИЛЛЯРАХ** наиболее благоприятные условия для обмена между кровью и тканевой жидкостью:

- ✓ Высокая проницаемость стенок.
- ✓ Большая обменная поверхность.
- ✓ Гидростатическое давление, способствующее фильтрации и реабсорбции.
- ✓ Медленная линейная скорость кровотока.

Механизмы регуляции тонуса сосудов

Миогенные механизмы

Способность гладких мышц сосудистой стенки возбуждаться при растяжении.

Нейрогенные механизмы

Гуморальные механизмы



Гормоны

Адреналин, норадреналин, вазопрессин, ангиотензин II, ренин, АКТГ, кортикостероиды, ренин, брадикинин, гистамин, простагландины E.

Метаболические факторы

Ионы калия вызывают расширение сосудов, ионы кальция суживают их.

Молочная кислота и другие кислоты цикла Кребса расширяют сосуды. Таким же образом действует повышение содержания CO₂ и протонов, т. е. сдвиг реакции среды в кислую сторону. Осмотическое давление тканевой жидкости. При его повышении происходит расширение сосудов.

Центральные механизмы регуляции сосудистого тонуса

Симпатические спинальные центры

Прессорный отдел находится в состоянии постоянного возбуждения. В результате нервные импульсы от него постоянно идут к спинальным симпатическим нейронам, а от них к сосудам. Благодаря этому сосуды постоянно умеренно сужены.

Центры гипоталамуса

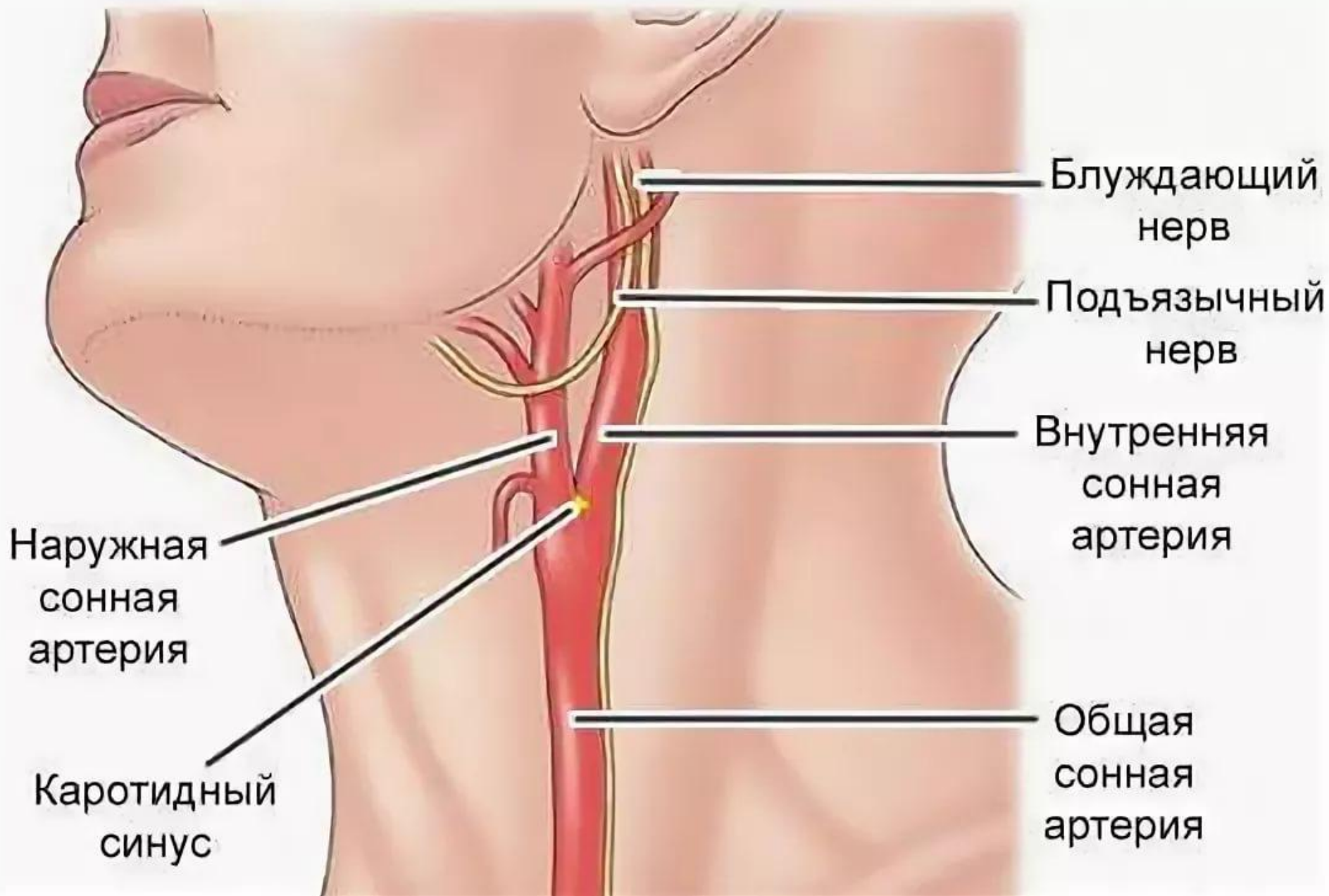
Отделы коры больших полушарий

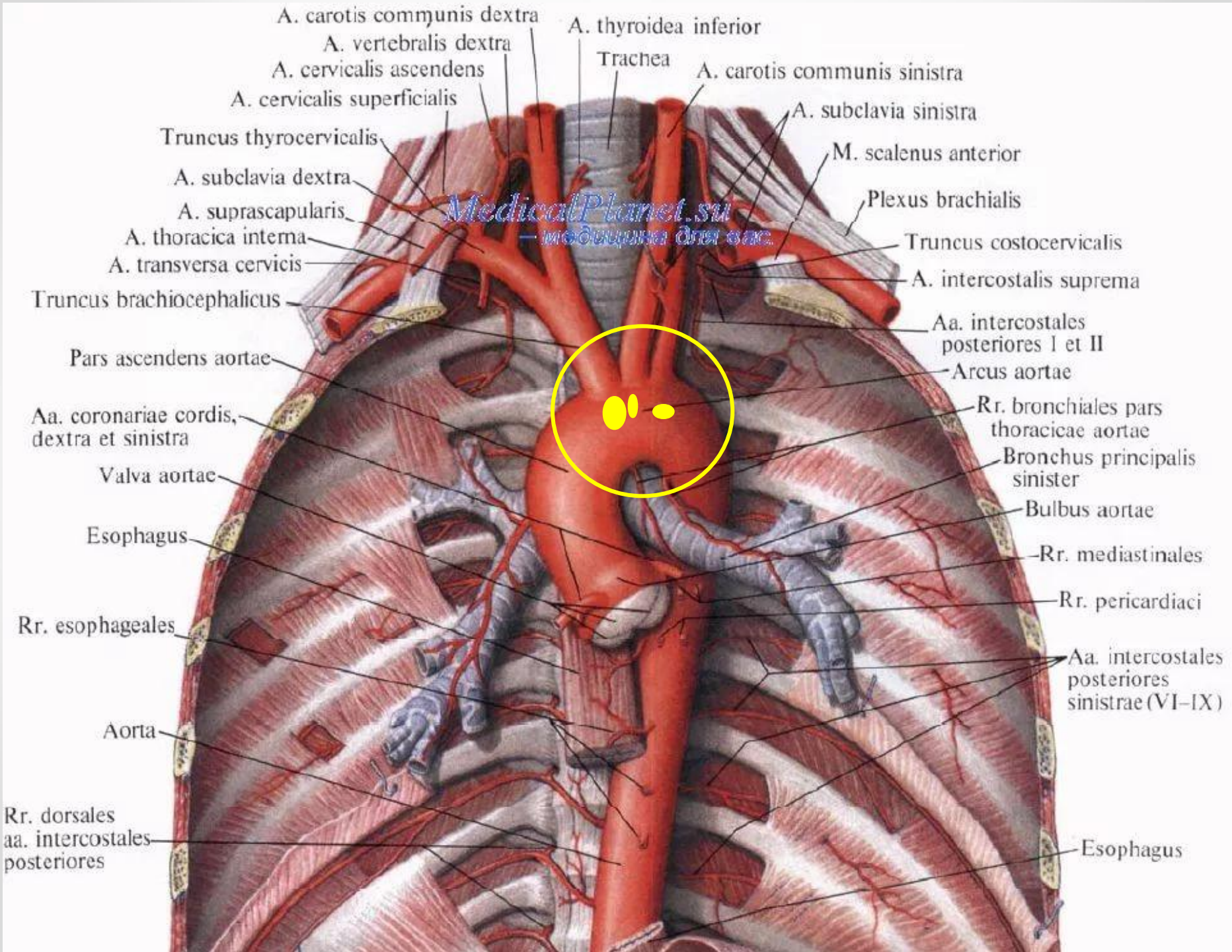


Рефлекторная регуляция системного

артериального кровотока

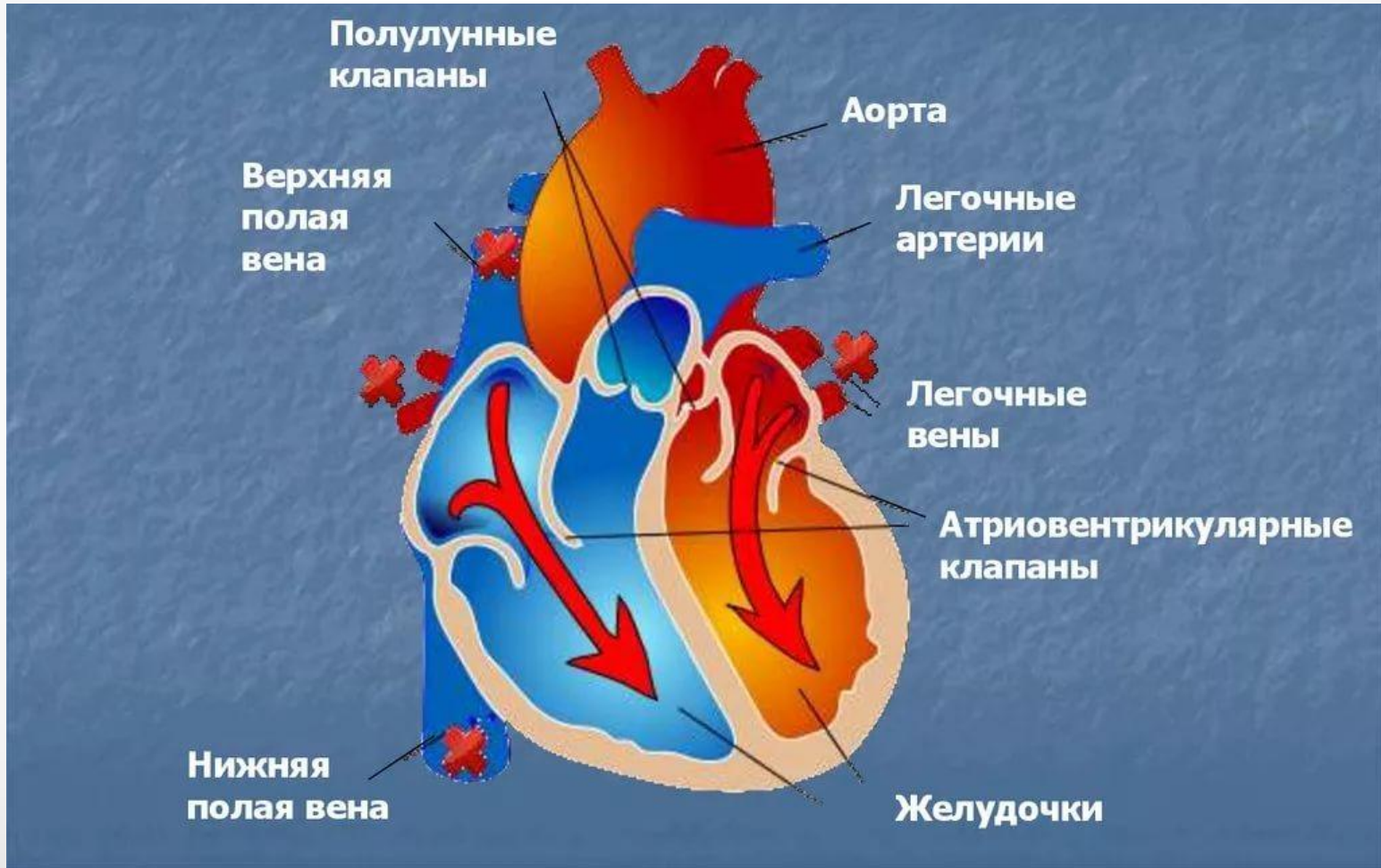
- Главные из рефлексогенных зон: рефлексогенные зоны дуги аорты и каротидных синусов. Там расположены баро- и хеморецепторы.
- При увеличении артериального давления барорецепторы возбуждаются, импульсы идут к сосудодвигательному центру, его прессорный отдел тормозится, сосуды расширяются.
- Хеморецепторы реагируют на содержание углекислого газа и изменение реакции крови. При повышении концентрации углекислого газа или сдвиге реакции крови в кислую сторону, эти рецепторы возбуждаются. Импульсы от них по афферентным нервам идут к прессорному отделу сосудодвигательного центра. Его активность возрастает, сосуды суживаются.





СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ

Систола предсердий



Систола желудочков

Период напряжения



Давление в желудочках нарастает и атриовентрикулярные клапаны закрываются. Однако его величина недостаточна для открывания полулунных клапанов



Мышечные волокна не укорачиваются, но сила их сокращений и давление в полостях желудочков нарастает



Когда оно достигает 120-130 мм.рт.ст. в левом и 25-30 мм.рт.ст. в правом, открываются полулунные клапаны - аортальный и пульмональный

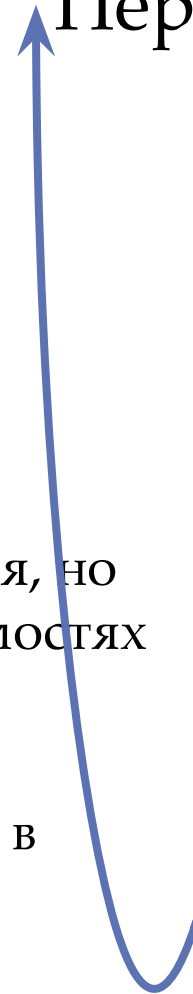
Период изгнания



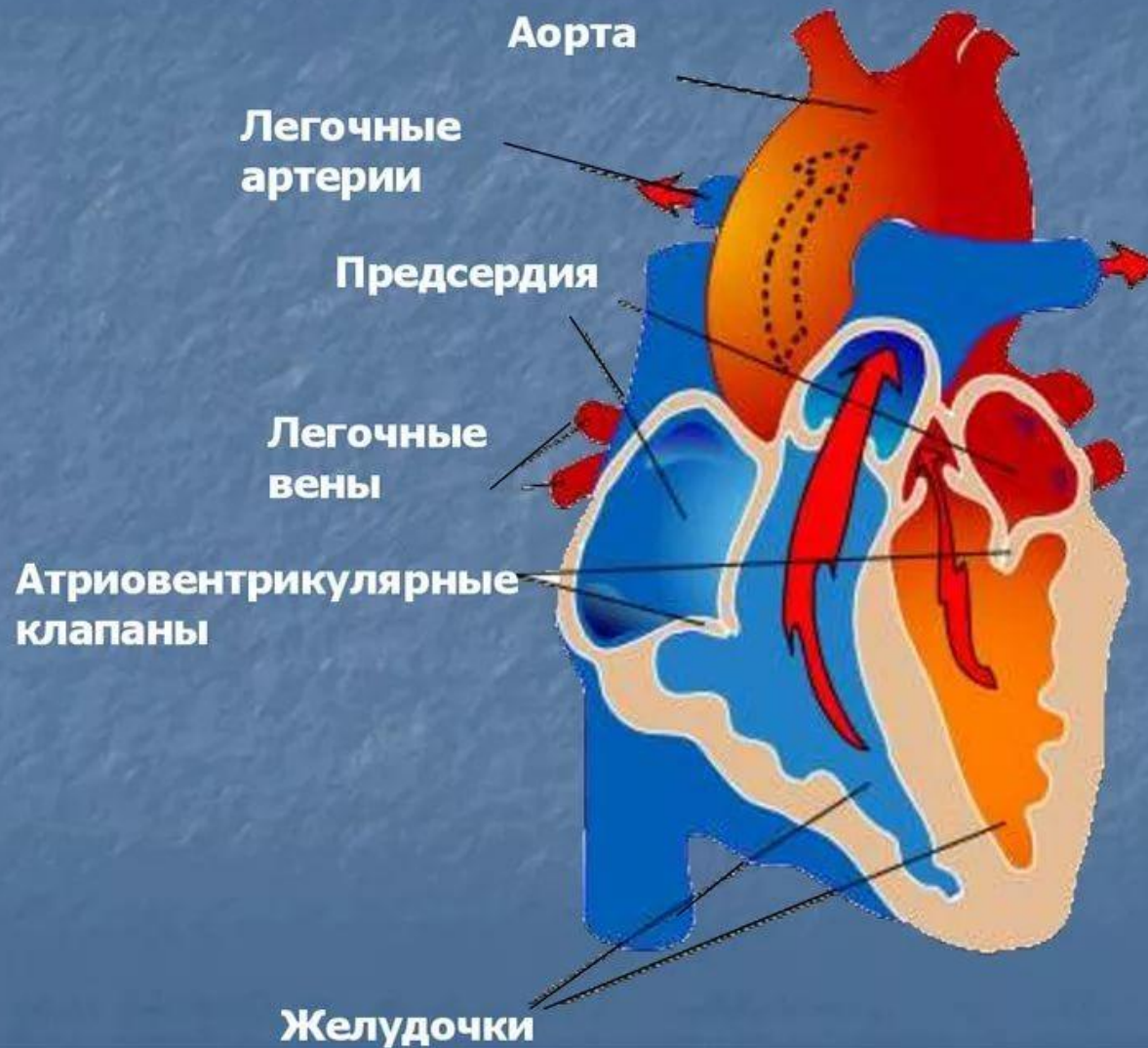
Фаза быстрого изгнания



Фаза медленного изгнания



Систола желудочков



Диастола желудочков

Расслабление миокарда желудочков

→
Давление в желудочках становится ниже, чем в аорте и легочной артерии, поэтому полулунные клапаны закрываются

→
Все клапаны закрыты, и расслабление происходит без изменения длины волокон миокарда. Давление в желудочках продолжает снижаться

↓
Когда давление уменьшается до 0, т. е. становится ниже, чем в предсердиях, открываются атриовентрикулярные клапаны

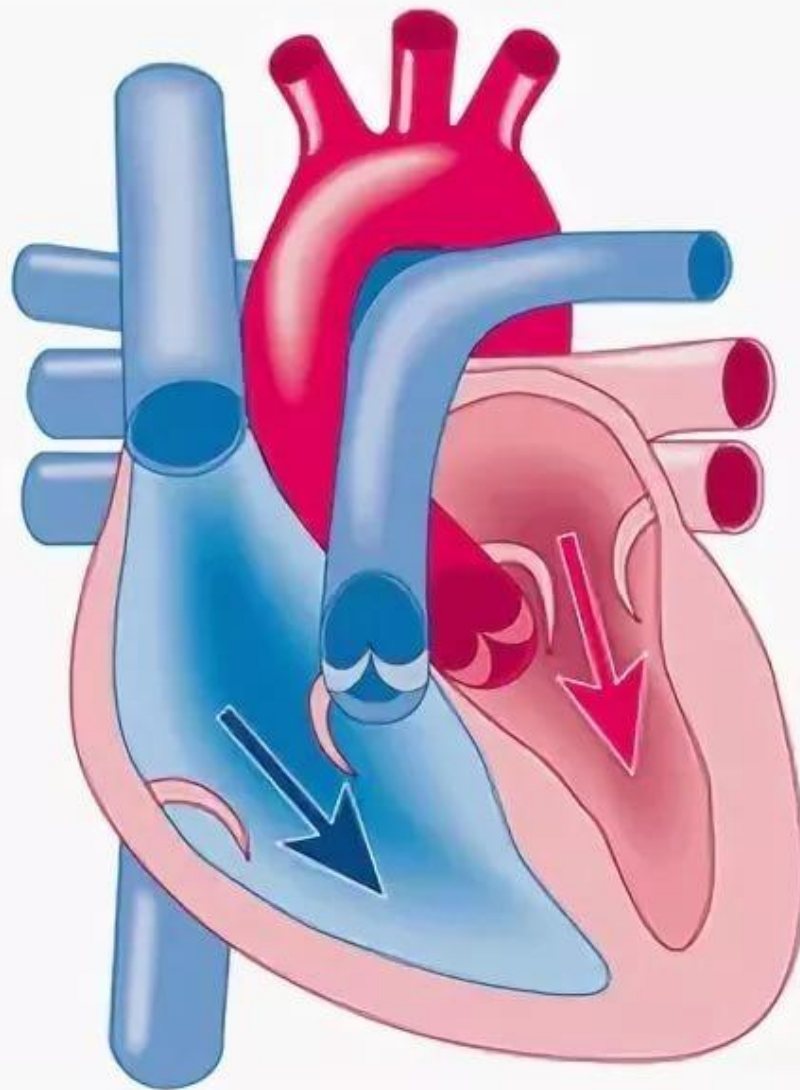
Систола предсердий



Желудочки пассивно наполняются кровью



диастола



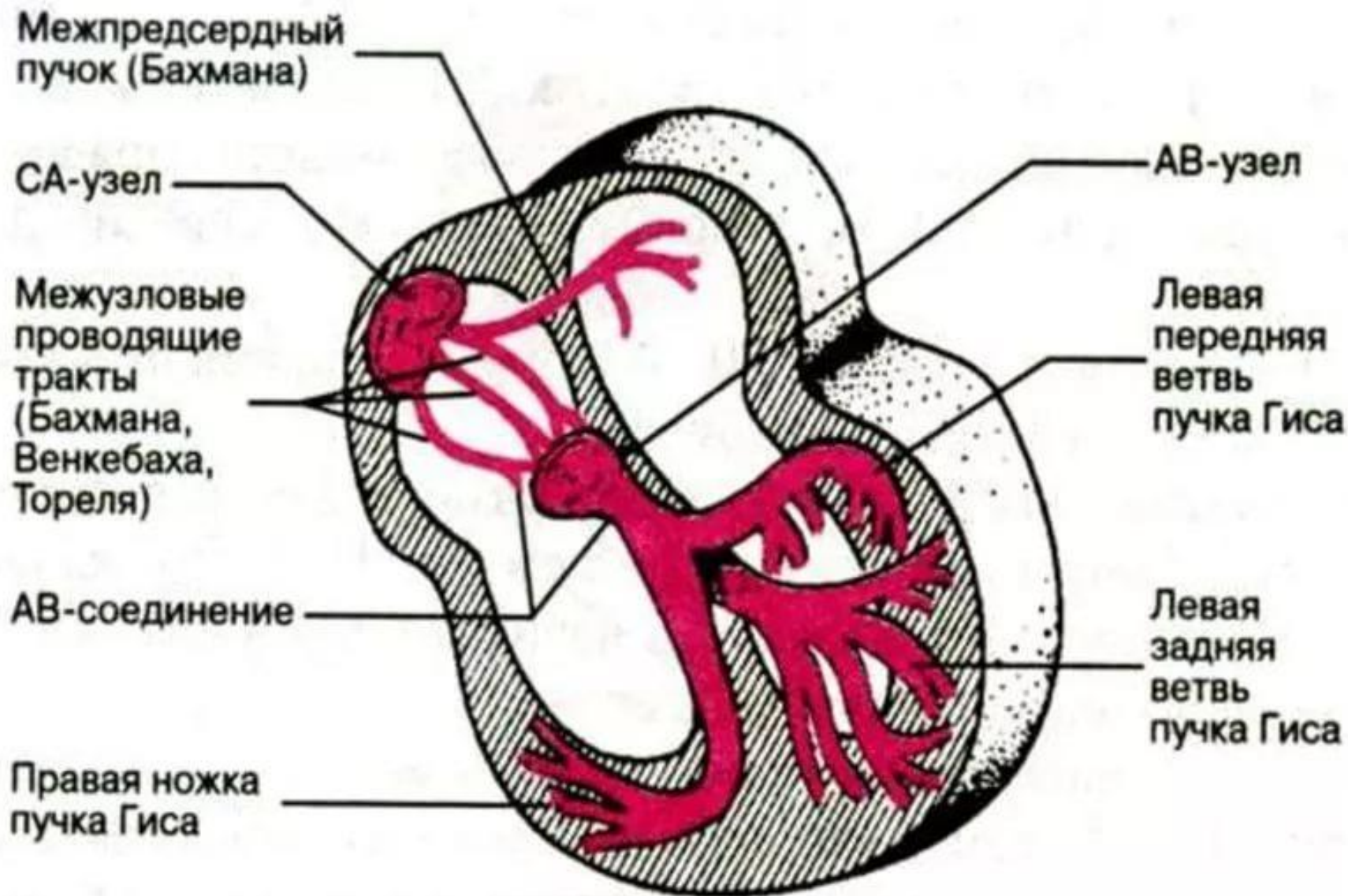


Systole

Diastole



Проводящая система сердца



Артериальная гипертензия

Категория	Систолическое		Диастолическое
Оптимальное	<120	и	<80
Нормальное	120–129	и/или	80–84
Высокое нормальное	130–139	и/или	85–89
АГ 1 степени	140–159	и/или	90–99
АГ 2 степени	160–179	и/или	100–109
АГ 3 степени	≥180	и/или	≥110
Изолированная систолическая АГ	≥140	и	<90

Примечание:^a – категория артериального давления (АД) определяется по наивысшему значению, не важно – систолическому или диастолическому. Изолированной систолической АГ следует присваивать степень 1, 2 или 3 в зависимости от того, в какой из указанных диапазонов попадают значения систолического АД.

Артериальная гипертензия

Гипертоническая болезнь

Решающее значение в патогенезе гипертонической болезни имеет наследственная предрасположенность. Однако необходимым условием ее реализации выступают длительные нервно-психические перегрузки, гиподинамия, курение, употребление алкоголя, потребление большого количества соли, злоупотребление животной жирной пищей, *длительный прием пероральных контрацептивов.*

Вторичные формы артериальной гипертензии

- Стеноз почечных артерий.
- Паренхиматозные заболевания почек (гломерулонефрит).
- Гиперальдостеронизм.
- Феохромоцитома.
- Синдром Кушинга.

Стойкое повышение артериального давления может привести к:

- Ишемический инсульт.
- Кровоизлияние в мозг.
- Транзиторная ишемическая атака.
- Стенокардия.
- Инфаркт миокарда.
- Сердечная недостаточность.
- Клинически значимое поражение периферических артерий.
- Хроническая болезнь почек (Хроническая почечная недостаточность).

При лечении гипертонической болезни в первую очередь проводятся мероприятия по изменению образа жизни:

- **Отказ от курения.**

Курение – один из главных факторов риска ССЗ атеросклеротического генеза. Курение вызывает острое повышение АД и увеличение ЧСС, которые сохраняются более 15 минут после выкуривания каждой сигареты. Существуют данные о неблагоприятном влиянии пассивного курения на здоровье.

- **Нормализация массы тела.**

АГ тесно связана с избыточной массой тела, а ее снижение сопровождается снижением АД. Снижение массы тела также улучшает эффективность АГТ. Для профилактики развития АГ лицам с нормальным АД и для снижения АД больным АГ рекомендуется *поддержание массы тела с ИМТ около 25 кг/м² и окружностью талии <102 см у мужчин и <88 см у женщин.* У лиц с ожирением уменьшение массы тела на 5-10% от исходной приводит к достоверному снижению риска развития ССО. Наименьшая смертность от ССО наблюдается при ИМТ около *22,5–25 кг/м².*

- **Снижение потребления алкогольных напитков.**

Существует тесная связь между значительным употреблением алкоголя и АГ. Лицам с АГ, злоупотребляющим алкоголем, следует ограничить его прием < 30 г алкоголя в сутки для мужчин и 20 г/сутки для женщин. Суммарное потребление алкоголя *в неделю не должно превышать 140 г у мужчин и 80 г у женщин.*

- **Снижение потребления поваренной соли.**

Существуют убедительные доказательства связи между потреблением соли и уровнем АД. Стандартное потребление соли во многих странах составляет от 9 до 12 г/сутки (80% потребляемой соли приходится на так называемую «скрытую соль»), уменьшение ее потребления до *5 г/сутки* у больных АГ ведет к снижению САД на 4-5 мм рт. ст. Влияние ограничения натрия более выражено у больных пожилого и старческого возраста, у пациентов с СД, МС и ХБП. Ограничение соли может привести к уменьшению числа принимаемых АГП и их доз.

- **Изменение режима питания.**

Увеличение потребления растительной пищи, увеличение в рационе калия, кальция (содержатся в овощах, фруктах, зерновых) и магния (содержится в молочных продуктах), а также уменьшением потребления животных жиров.

Больным АГ следует рекомендовать употребление рыбы не реже двух раз в неделю и 300-400 г в сутки овощей и фруктов.



- **Увеличение физической активности.**

Регулярные аэробные (динамические) физические нагрузки могут быть полезными как для профилактики и лечения АГ, так и для снижения сердечно-сосудистого риска и смертности.

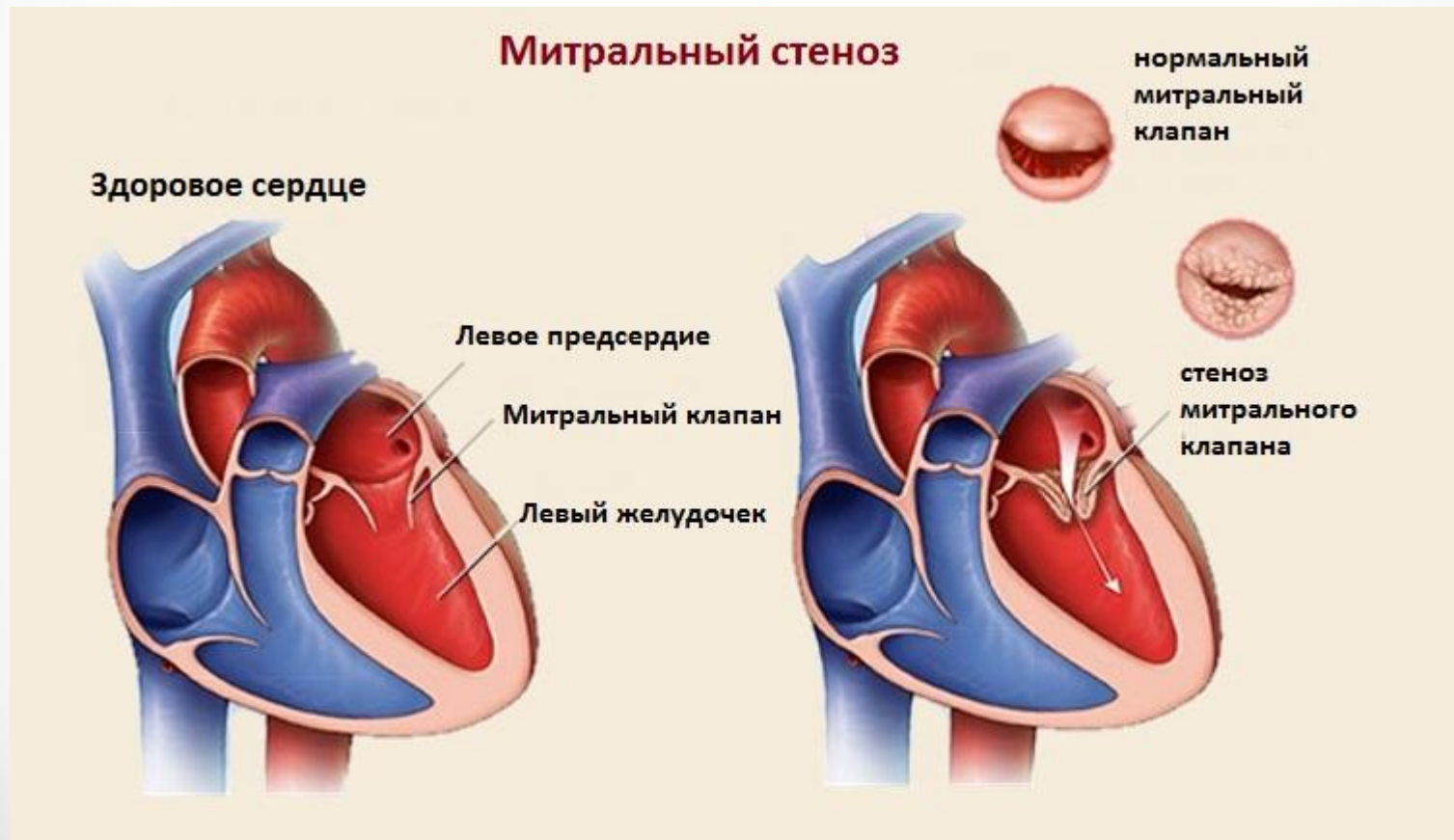
Больным АГ следует **рекомендовать умеренные аэробные нагрузки** (ходьба, бег трусцой, езда на велосипеде, плавание, фитнес) продолжительностью не менее 30 минут в течение 5-7 дней в неделю.

Изометрическая силовая нагрузка не рекомендуется из-за опасности повышения АД.



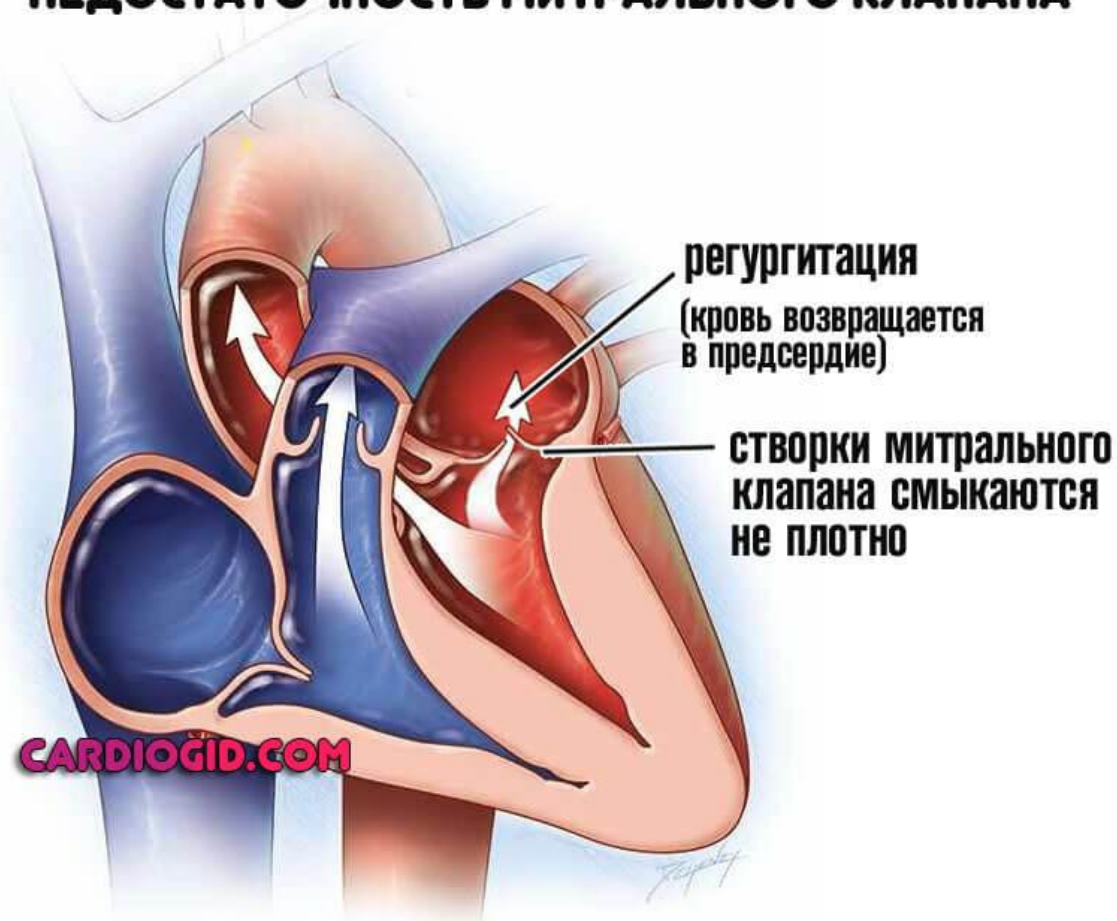
Клапанные пороки сердца

Митральный стеноз: в преобладающем большинстве случаев (> 90%) приобретенный ревматический порок сердца с обструкцией притока крови в левый желудочек на уровне митрального клапана.

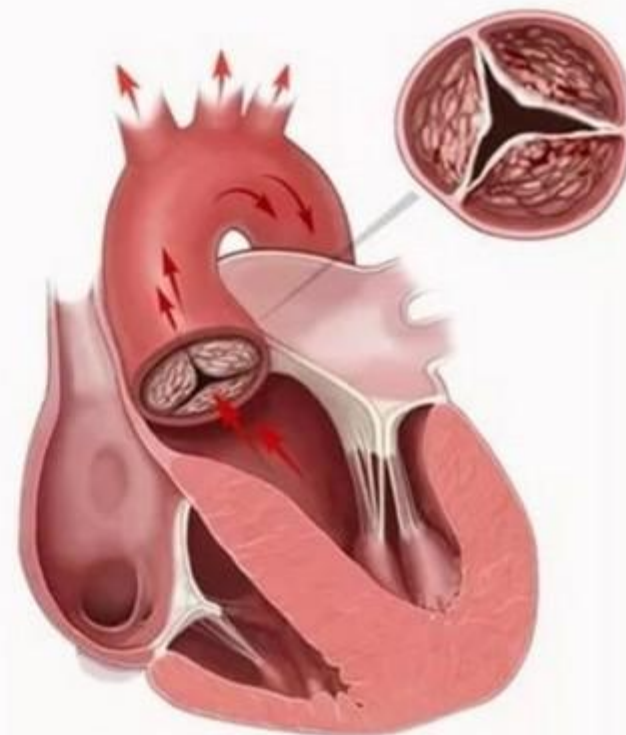
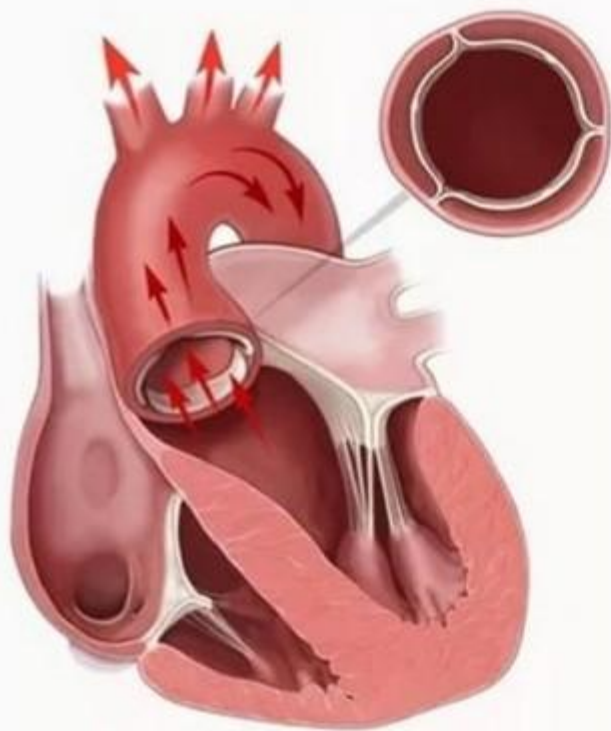


Митральная недостаточность: это порок, при котором в каждой систоле возникает возврат крови из левого желудочка в левое предсердие из-за структурных изменений клапанного аппарата в целом или его отдельных компонентов.

НЕДОСТАТОЧНОСТЬ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА

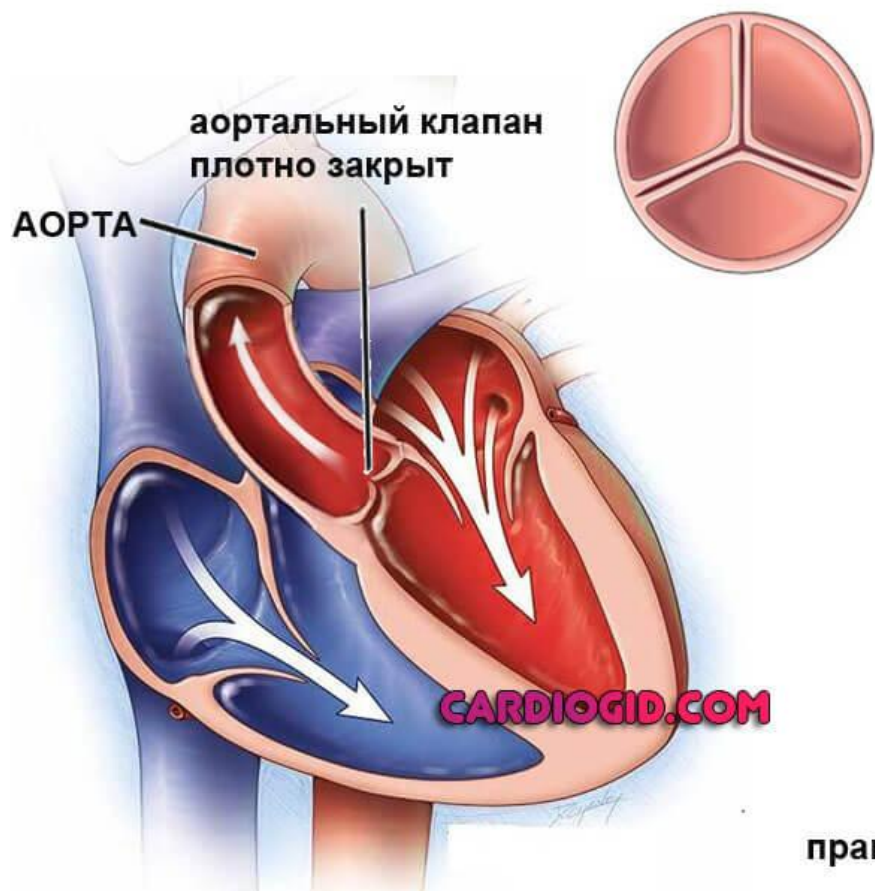


- Аортальный стеноз: порок сердца с обструкцией пути оттока из ЛЖ в аорту.

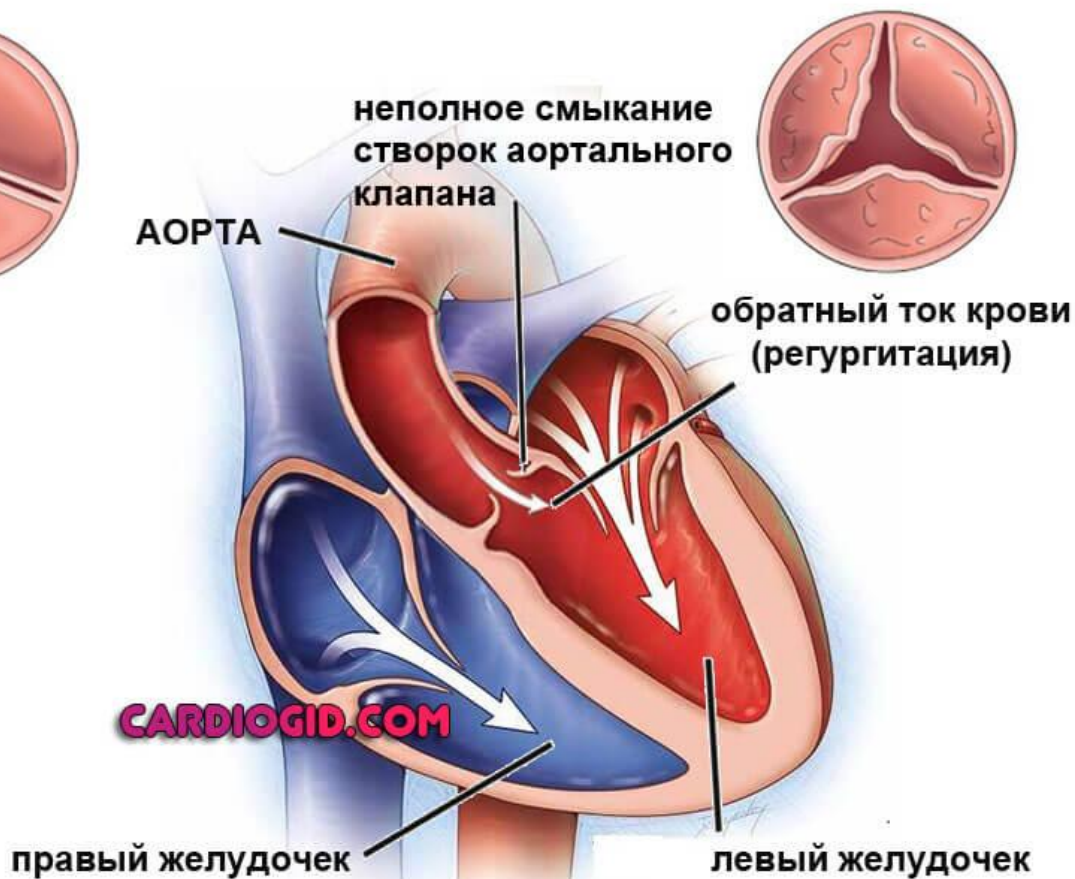


Аортальная недостаточность: поражение клапанов или расширение клапанного кольца, в результате чего створки в диастоле полностью не смыкаются и возникает регургитация крови из аорты в левый желудочек.

ЗДОРОВЫЙ АОРТАЛЬНЫЙ КЛАПАН

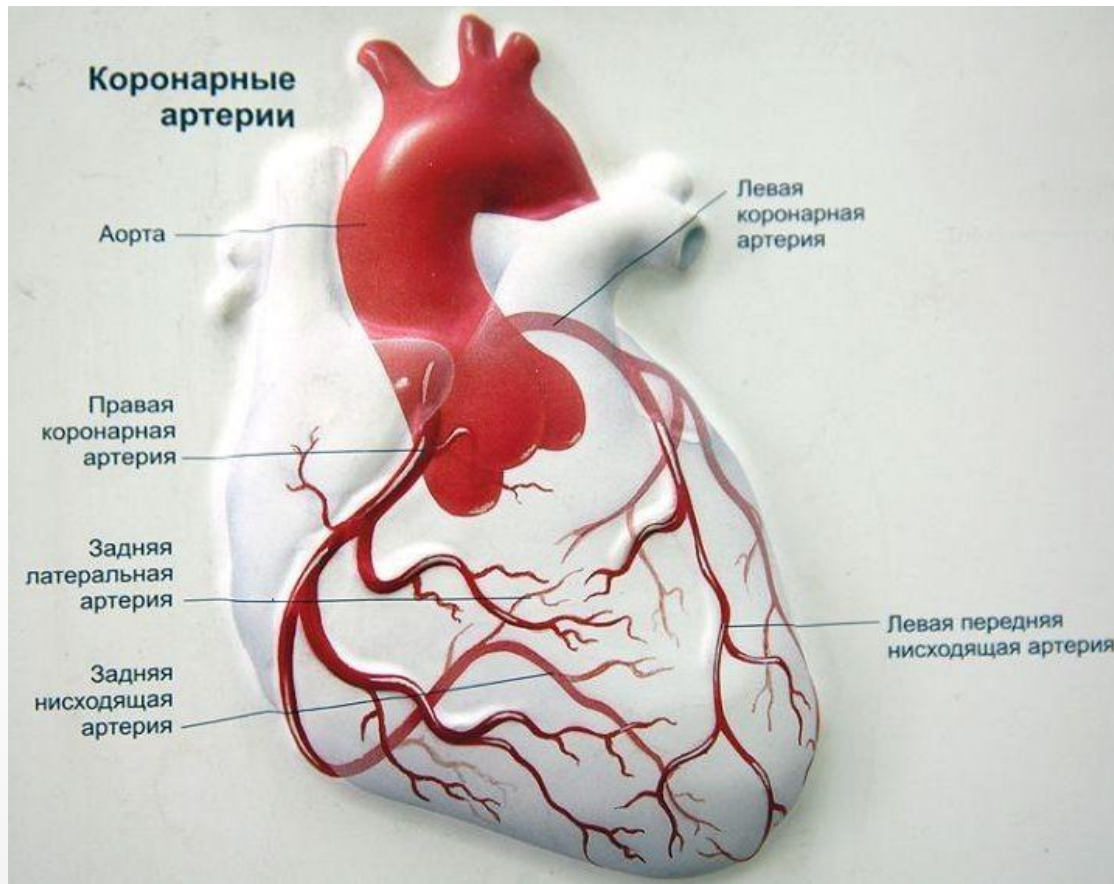


НЕДОСТАТОЧНОСТЬ КЛАПАНА АОРТЫ



Ишемическая болезнь сердца (ИБС)

- Заболевание, обусловленное несоответствием между потребностями миокарда в кислороде и его поступлением из-за локального нарушения кровотока, наиболее часто вызванного коронарным атеросклерозом.
- Главные факторы, ограничивающие коронарный кровоток: атеросклеротическая бляшка, повышение тонуса коронарных артерий, спазм, тромбоцитарные агенты.



Клиническая классификация ИБС

1. Внезапная смерть.

2. Стенокардия.

2.1. Стенокардия напряжения.

2.1.1. Впервые возникшая стенокардия напряжения.

2.1.2. Стабильная стенокардия напряжения.

2.1.3. Прогрессирующая стенокардия напряжения.

2.2. Спонтанная (вариантная, “особая”) стенокардия.

3. Инфаркт миокарда.

4. Постинфарктный кардиосклероз.

5. Нарушение сердечного ритма и проводимости.

6. Сердечная недостаточность.

7. Немая (“безболевая”) форма ИБС («Silent ischemia»).

Стенокардия

- КЛИНИЧЕСКИЙ СИНДРОМ, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ИШЕМИЕЙ МИОКАРДА И ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЙСЯ ЭПИЗОДИЧЕСКИМ ПОЯВЛЕНИЕМ ЧУВСТВА ДИСКОНФОРТА ИЛИ ДАВЛЕНИЯ В ПРЕКАРДИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ, КОТОРЫЕ В ТИПИЧНЫХ СЛУЧАЯХ ВОЗНИКАЮТ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ И ИСЧЕЗАЮТ ПОСЛЕ ЕЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ ИЛИ ПРИЕМА НИТРОГЛИЦЕРИНА ПОД ЯЗЫК.

Инфаркт миокарда

- Одна из клинических форм ишемической болезни сердца, протекающая с развитием ишемического некроза участка миокарда, обусловленного абсолютной или относительной недостаточностью его кровоснабжения.
- ✓ Основной клинический признак — интенсивная боль за грудиной (ангинозная боль).
- ✓ Болевой синдром сохраняется более 15 минут (могут длиться 1 час) и купируется через несколько часов, либо после применения наркотических анальгетиков, нитраты неэффективны.
- ✓ В 20-40 % случаев при крупноочаговых поражениях развиваются признаки сердечной недостаточности. Пациенты отмечают одышку, непродуктивный кашель.
- ✓ Нередко единственным симптомом инфаркта миокарда является внезапная остановка сердца.

Диета пациентам с ИБС

- - соблюдение баланса между энергией потребляемой с пищей и энергией, расходуемой в повседневной деятельности, энергетическая ценность до 2000 ккал/сут.;
- - ограничение потребления жиров, обогащение рациона жирными сортами рыбы или N-3 полиненасыщенные жирные кислоты в пищевых добавках в дозе 1 г/сут.;
- - ограничение потребления алкоголя, (например, в 100 г водки содержится 280 ккал; кроме того потребление алкоголя «растормаживает» пищевой рефлекс, попросту говоря существенно повышает аппетит);
- - ограничение, а в ряде случаев, исключение легкоусвояемых углеводов (сахар); доля углеводов должна составлять 50-60% суточной калорийности, преимущественно за счет овощей и фруктов с ограничением картофеля и фруктов с высоким содержанием глюкозы - виноград, изюм, дыни, груши, сладкие сливы, абрикосы, бананы;
- - ограниченное потребление сладостей, сладких неалкогольных напитков, острых приправ, пряностей.

ИБС и физическая нагрузка

- Инфаркт миокарда острая стадия, аритмии с клиникой и нарушениями гемодинамики, тяжелый аортальный стеноз, клинические проявления сердечной недостаточности, тромбоэмболия легочной артерии, мио- и перикардиты, расслаивающая аневризма – **физические нагрузки противопоказаны!**
- **Физические упражнения пациентам с ИБС разрешаются только врачом.**
- **Разрешена (и рекомендована) дозированная физическая активность (особенно пациентам с сахарным диабетом и ожирением), которая нормализует углеводный и липидный обмен. Возможны аэробные нагрузки в зоне умеренной мощности мышечной работы.**
- **Пример физической активности пациентам с ИБС: ходьба в среднем темпе по 30-40 мин в день.**
- **Пациентам с стенокардией напряжения рекомендован внеочередной прием нитроглицерина для превенции болей ишемического характера во время физической нагрузки.**

- Важное и опасное осложнение гипертонической болезни клапанных пороков сердца и в особенности ишемической болезни сердца (ИБС): развитие **ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ (ХСН)** в связи с ремоделированием камер сердца!
- ХСН: клинический синдром, являющийся осложнением заболеваний сердца и характеризующийся прогрессирующей систолической и/или диастолической дисфункцией желудочков сердца с формированием неадекватной перфузии тканей и снижением толерантности к физической нагрузке.

- **Хроническая сердечная недостаточность – «состояние, при котором сердце более не может быть адекватным насосом для обеспечения выброса крови, необходимого для поддержания метаболических потребностей организма»**
- **(J.McKenzie, 1913)**

Проявления ХСН

- Одышка (98%) – основное проявление левожелудочковой СН
 - (от незначительной до удушья)
 - Ортопноэ (пароксизмальная ночная одышка)
- Слабость, утомляемость (94%)
- Отёки (периферические симметричные)
- Набухшие ярёмные вены (при правожелудочковой СН)
- Гепатомегалия
- Асцит
- Отеки лодыжек (73%) - возникают, когда прирост объема внеклеточной жидкости превышает 5 л
- Сердцебиение (80%) Тахикардия (> 90-100/мин., могут быть

Классификация ХСН, NYHA 1984

I ФК	Нет ограничений физической активности; привычная физическая нагрузка не сопровождается быстрой утомляемостью, появлением одышки или сердцебиения.
II ФК	Незначительное ограничение физической активности: в покое симптомы отсутствуют, привычная физическая активность сопровождается утомляемостью, одышкой или сердцебиением
III ФК	Заметное ограничение физической активности: в покое симптомы отсутствуют, небольшая физическая активность, т.е. меньшей интенсивности по сравнению с привычными нагрузками сопровождается появлением симптомов
IV ФК	Невозможность выполнить какую-либо физическую нагрузку без появления дискомфорта; симптомы СН присутствуют в покое и усиливаются при минимальной физической активности.

Оценка толерантности к физической нагрузке при хронической сердечной недостаточности (тест с 6-минутной ходьбой)

Функциональный класс СН (NYHA)	Дистанция 6-минутной ходьбы, м	Потребление кислорода, мл/мин/м²
0	> 551	>22,1
I	426 - 550	18,1-22,0
II	301 – 425	14,1-18,0
III	151 - 300	10,1-14,0
IV	< 150	< 10,0

Сердечная недостаточность и физическая нагрузка

Важнейшей частью реабилитации пациентов с ХСН являются физические тренировки. **Аэробные физические тренировки умеренной интенсивности** способствуют улучшению функциональных возможностей, приводят к улучшению качества жизни и снижению количества госпитализаций по поводу ХСН у пациентов с сердечной недостаточностью со сниженной ФВ ЛЖ.

Для пациентов, прошедших менее 150 м, т. е. находящихся в IV ФК, а также имеющих выраженный дефицит массы тела, кахексию, **общепринятые физические нагрузки не показаны.**

При выполнении теста с 6-ти минутной ходьбой более 200 м целесообразно рекомендовать физические нагрузки в виде ходьбы.

Миокардит

Воспаление сердечной мышцы. Как правило, возникает через 2-3 недели после перенесенного острого инфекционного заболевания (ангина, ОРЗ и т.п.).


Провоцирующими факторами могут быть охлаждение, вакцинация, **переутомление**, неспецифическая инфекция, авитаминоз, злоупотребление алкоголем, аллергия и др.

Симптомы:

Характерны продолжительные болевые ощущения, тахикардия (однако иногда бывает и брадикардия), пониженное артериальное давление, одышка при физической нагрузке, иногда обмороки, субфебрилитет.

Возобновление занятий спортом – **не раньше чем через 6 мес** после выздоровления при отсутствии изменений со стороны ЭКГ, эхокардиографии и биохимического состава крови.

Может стать причиной внезапной смерти при занятиях физической культурой и спортом. Всем спортсменам после перенесенных инфекционных заболеваний должны быть сделаны ЭКГ, эхокардиография, клинический и биохимический анализы крови.

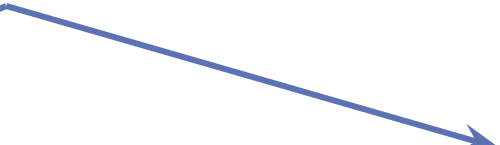


Варикозная болезнь вен

Заболевание вен, сопровождающееся увеличением их длины, змеевидной извилистостью подкожных вен и мешковидным расширением просвета. Из всех заболеваний сосудов имеет для спортсменов наибольшее значение. Наиболее часты случаи варикозной болезни поверхностных вен нижних конечностей и семенного канатика.



Первичная



Вторичная
Следствие тромбоза глубоких вен, тромбофлебита, беременности.



В группе риска по развитию варикозной болезни вен нижних конечностей представители видов спорта, которые характеризуются постоянным статическим напряжением: **штангисты, борцы.**

Также в группе риска представители видов спорта с нагрузками динамического характера, при которых происходит механическое воздействие на бедренную вену и как результат затруднение оттока: **велосипедисты, лыжники, бегуны.**

Встречается в тех видах спорта, которые требуют сохранения определенных поз: **академическая гребля.**

Спортсмены обычно предъявляют жалобы на ощущение полноты в конечности, боли при физической нагрузке, снижение физической работоспособности.

Противопоказаны: профессиональные виды спорта, где используются чрезмерные силовые нагрузки и статические упражнения, виды спорта, где основная нагрузка приходится на ноги и т.д.

Противопоказаны упражнения: приседания, подъемы штанги стоя, прыжки, степ-аэробика, быстрый бег, жим ногами.

Рекомендовано: занятия в бассейне, спортивная ходьба, йога, упражнения в лежачем или сидячем исходном положении для минимизации нагрузки на ноги.