



Гемодинамическая поддержка



Гемодинамическая поддержка

$$DO_2 = (SaO_2 \times Hb \times 1,34 + (0,03 \times PaO_2)) \times SV \times HR$$

DO_2 (oxygen delivery) – доставка кислорода

SaO_2 – сатурация

Hb – гемоглобин

SV (stroke volume) – ударный объем

HR (heart rate) – ЧСС

Составные ударного объема

1. преднагрузка – сила, растягивающая миокард перед его сокращением, т.е. длина мышечных волокон миокарда в конце диастолы
2. постнагрузка - величина сопротивления, преодолеваемого миокардом во время систолы
3. контрактильность миокарда – способность миокарда сокращаться независимо от пред- и постнагрузки

Артериальное давление

$$\text{АД} = \text{СВ} \times \text{ОПСС}$$

АД – артериальное давление

СВ (cardiac output) – сердечный выброс

ОПСС – общее периферическое сосудистое сопротивление

Среднее артериальное давление - величина, которая была бы способна при отсутствии пульсовых колебаний давления крови дать такой же гемодинамический эффект, какой имеет место при естественном, колеблющемся движении крови, отражает перфузионное давление различных органов, на уровне 70 - 90 мм.рт.ст.

$$\text{Адср} = (\text{САД} - \text{ДАД}) / 3 + \text{ДАД}$$

Задачи гемодинамической поддержки

1. увеличение сердечного выброса



2. улучшение тканевой перфузии



3. улучшение доставки кислорода тканям

Гемодинамическая поддержка:

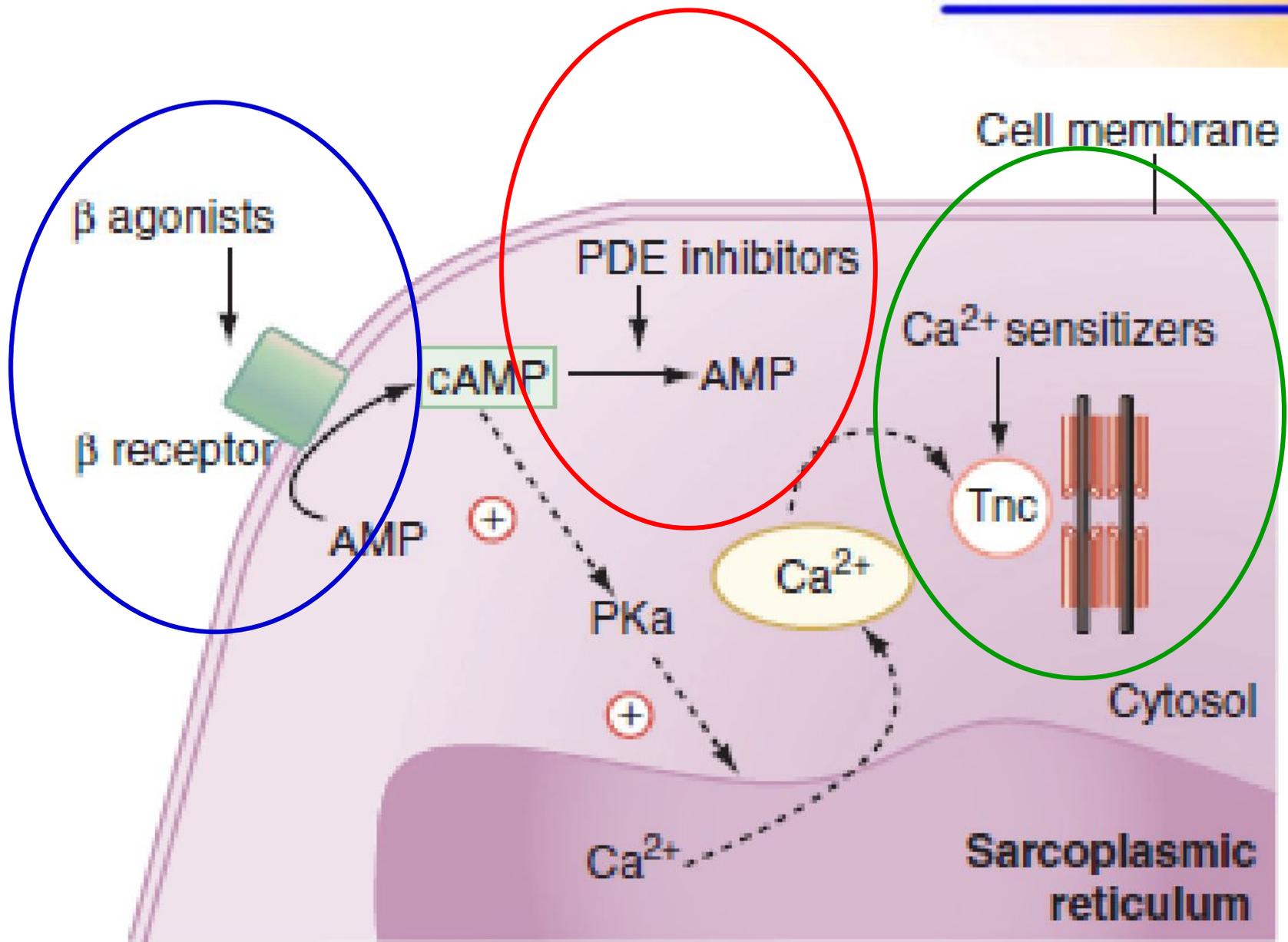
1. Инфузионная терапия
2. Инотропная поддержка
3. Вазопрессоры

Клиническая фармакология средств для вазоинотропной поддержки



Инотропы - препараты, увеличивающие сократительную способность миокарда и ударный объем.

Вазопрессоры - препараты, увеличивающие ОПСС и АД.



1) Адренергические препараты

Эпинефрин
Норэпинефрин
Фенилэфрин
Допамин
Добутамина

2) Сенситизаторы кальция

Левосимендан

3) Ингибиторы фосфодиэстеразы

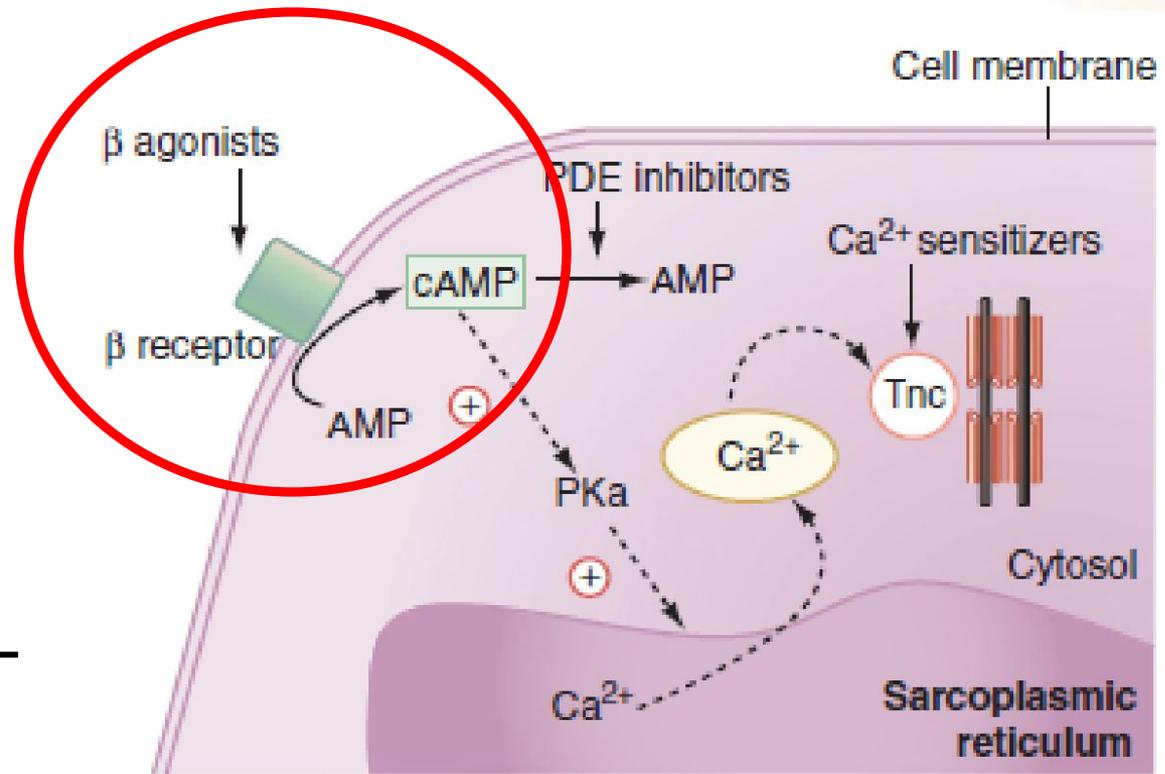
Амринон
Милринон
Эноксимон
Пироксимон

Ключевые моменты вазоинотропной поддержки

1. Инотропы увеличивают сердечный выброс, повышение АДср при этом вторично.
2. Вазопрессоры первично увеличивают АД.
3. Введению инотропов и вазопрессоров должна предшествовать коррекция волемического статуса пациента.
4. Тяжелые метаболические нарушения могут быть причиной снижения сердечного выброса, они должны быть своевременно диагностированы и купированы.
5. Введение катехоламинов вызывает гипергликемию и гипокалиемию, лечение этими препаратами требует тщательного мониторинга гликемии и калиемии.
6. Препараты для инотропной поддержки и вазопрессоры имеют короткий период полувыведения, - оптимальный способ их введения - продленная инфузия.
7. Использование магистральной вены обязательно при проведении вазоинотропной поддержки.
8. Введение адренергических инотропных препаратов более 72 часов может приводить к снижению активности β -адренорецепторов, что может потребовать увеличения скорости инфузии.
9. Все катехоламины инактивируются в щелочных растворах.

1) Адренергические препараты

Эпинефрин
Норэпинефрин
Фенилэфрин
Допамин
Добутамин



Адренорецепторы и эффекты их стимуляции

Тип рецептора	Локализация и эффект после стимуляции
α_1	Локализуются преимущественно в кровеносных сосудах. Сокращение гладкой мускулатуры сосудов – вазоконстрикция
α_2	Локализуются в пресинаптических терминалях нервных окончаний. По механизму обратной связи стимуляция рецептора тормозит выброс норадреналина.
β_1	Рецепторы преимущественно локализованы в миокарде и гладкой мускулатуре кишечника. Стимуляция - положительный хронотропный, инотропный и дромотропный эффекты.
β_2	Рецепторы преимущественно локализованы в гладкой мускулатуре бронхов, кровеносных сосудов, мочевого пузыря. Стимуляция приводит к бронходилатации, вазодилатации.
D_1	Локализованы преимущественно в сосудах почек и ЖКТ. Стимуляция рецепторов приводит к вазодилатации.
D_2	Локализованы в пресинаптической мембране нервных окончаний. Стимуляция рецепторов приводит к вазодилатации.

Эпинефрин (адреналин)



раствор 0,1% - 1 мл (1 мг)

Эпинефрин (адреналин)

	АКТИВИЗАЦИЯ РЕЦЕПТОРОВ	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СРЕДНЕЙ ДОЗИРОВКЕ		
		ИНО- ТРОПНАЯ	ХРОНО- ТРОПНАЯ	СОСУДО- СУЖИВА- ЮЩАЯ
Адреналин	$\alpha_1 \beta_1 \beta_2$	+++	+++	++

Дозозависимые эффекты адреналина

Доза (мкг/кг/мин)	Активация рецепторов	Гемодинамические эффекты
0,02 - 0,08	Преимущественно β_1 и β_2	Увеличение СВ Умеренная вазодилатация
0,1 – 2,0	β_1 и α_1	Увеличение СВ Увеличение ОПСС
> 2,0	Преимущественно α_1	Увеличение ОПСС

Эпинефрин (адреналин)

1. T_{1/2} менее 1 минуты
2. Препарат имеет аритмогенный эффект.
3. Увеличивает потребность миокарда в кислороде.
4. Стимулирует липолиз и гликогенолиз, вызывает гипергликемию.
5. Длительная инфузия (более 24 часов) способствует гипокалиемии, вследствие депонирования калия в клетках.

Норэпинефрин (норадреналин)



раствор 0,1% - 1 мл (1 мг)
раствор 0,2% - 1 мл (2 мг)

Норэпинефрин (норадреналин)

	АКТИВИЗАЦИЯ РЕЦЕПТОРОВ	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СРЕДНЕЙ ДОЗИРОВКЕ		
		ИНО- ТРОПНАЯ	ХРОНО- ТРОПНАЯ	СОСУДО- СУЖИВА- ЮЩАЯ
Норадреналин	$\alpha_1 \beta_2$	+	+	++++

Норэпинефрин (норадреналин)

ОПСС	Увеличивается
АД	Увеличивается
СВ	Изменяется компенсаторно, в зависимости от ОПСС
ЧСС	Изменяется компенсаторно, чаще тенденция к брадикардии

Норэпинефрин (норадреналин)

0,03-0,25 мкг/кг/мин

Норэпинефрин (норадреналин)

1. $T_{1/2}$ менее 4 – 5 минут
2. Препарат имеет аритмогенный эффект.
3. При применении одновременно с сердечными гликозидами, хинидином, трициклическими антидепрессантами возрастает риск развития аритмий.
4. Средства для ингаляционной общей анестезии (энфлуран, галотан, изофлуран) создают риск развития сердечных аритмий.

Фенилефрин (мезатон)



раствор 1% - 1 мл (10 мг)

Фенилэфрин (мезатон)

	АКТИВИЗАЦИЯ РЕЦЕПТОРОВ	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СРЕДНЕЙ ДОЗИРОВКЕ		
		ИНО- ТРОПНАЯ	ХРОНО- ТРОПНАЯ	СОСУДО- СУЖИВА- ЮЩАЯ
Фенилэфрин	α_1	-	-	+++

Фенилефрин (мезатон)

0,05 – 0,5 мкг/кг/мин

Допамин (дофамин)



раствор 0,5% - 5 мл (25 мг)
раствор 1% - 5 мл (50 мг)
раствор 4% - 5 мл (200 мг)

Допамин (дофамин)

Доза (мкг/кг/мин)	Активация рецепторов	Эффект
1-3	D_1	❖ Увеличение почечного и мезентериального кровотока
3-10	$\beta_1 + \beta_2$	❖ Увеличение ЧСС, сократимости, СВ ❖ Снижение ОПСС
>10	$\alpha + \beta + D_1$	❖ Увеличение ОПСС

Добутамин



лиофилизат для приготовления раствора 250 мг

Добутамин

	АКТИВИЗАЦИЯ РЕЦЕПТОРОВ	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СРЕДНЕЙ ДОЗИРОВКЕ		
		ИНО- ТРОПНАЯ	ХРОНО- ТРОПНАЯ	СОСУДО- СУЖИВА- ЮЩАЯ
Добутамин	$\beta_1 \beta_2$	+++	+	-

Добутамин

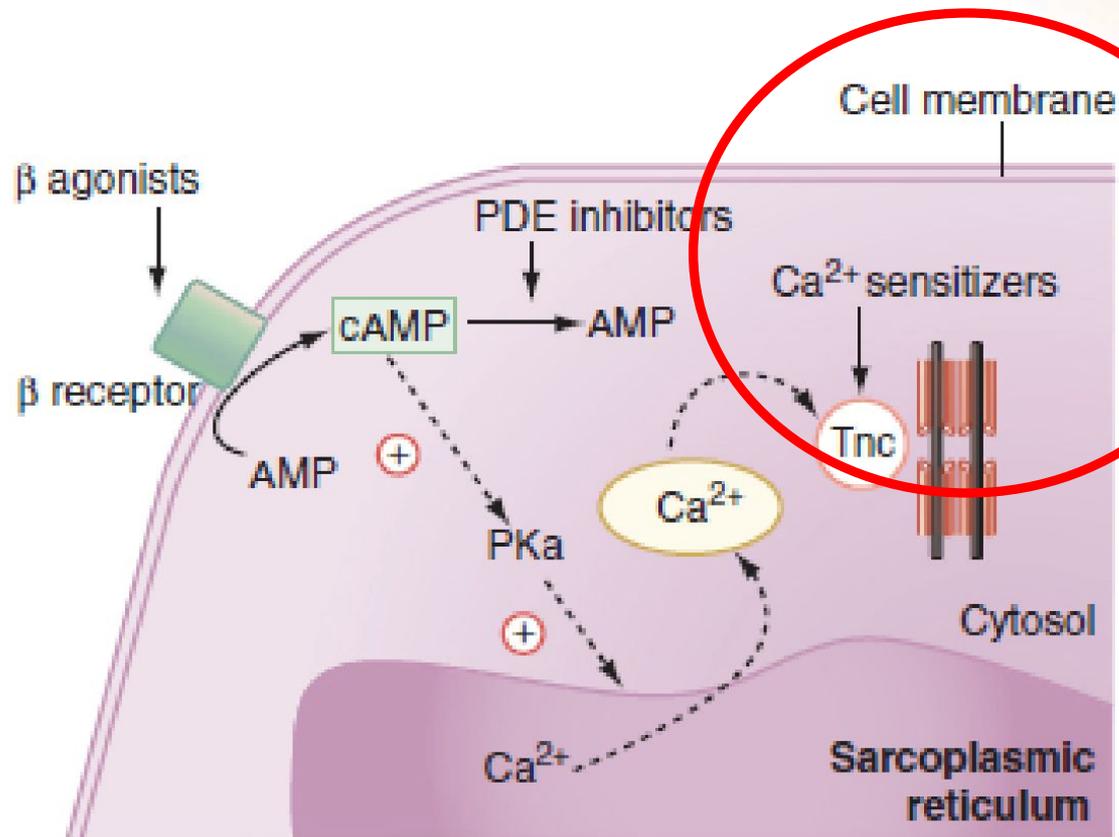
- Оказывает положительное инотропное действие
- Умеренно увеличивает ЧСС
- Увеличивает ударный и минутный объемы сердца
- Снижает общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) и сосудистое сопротивление малого круга кровообращения
- Системное давление существенно не изменяется
- Улучшает метаболизм ишемизированного миокарда и улучшает коронарный кровоток.
- Увеличение сердечного выброса может вызвать повышение перфузии почек и увеличение экскреции натрия и воды

Добутамин

2 – 20 мкг/кг/мин

2) Сенситизаторы кальция

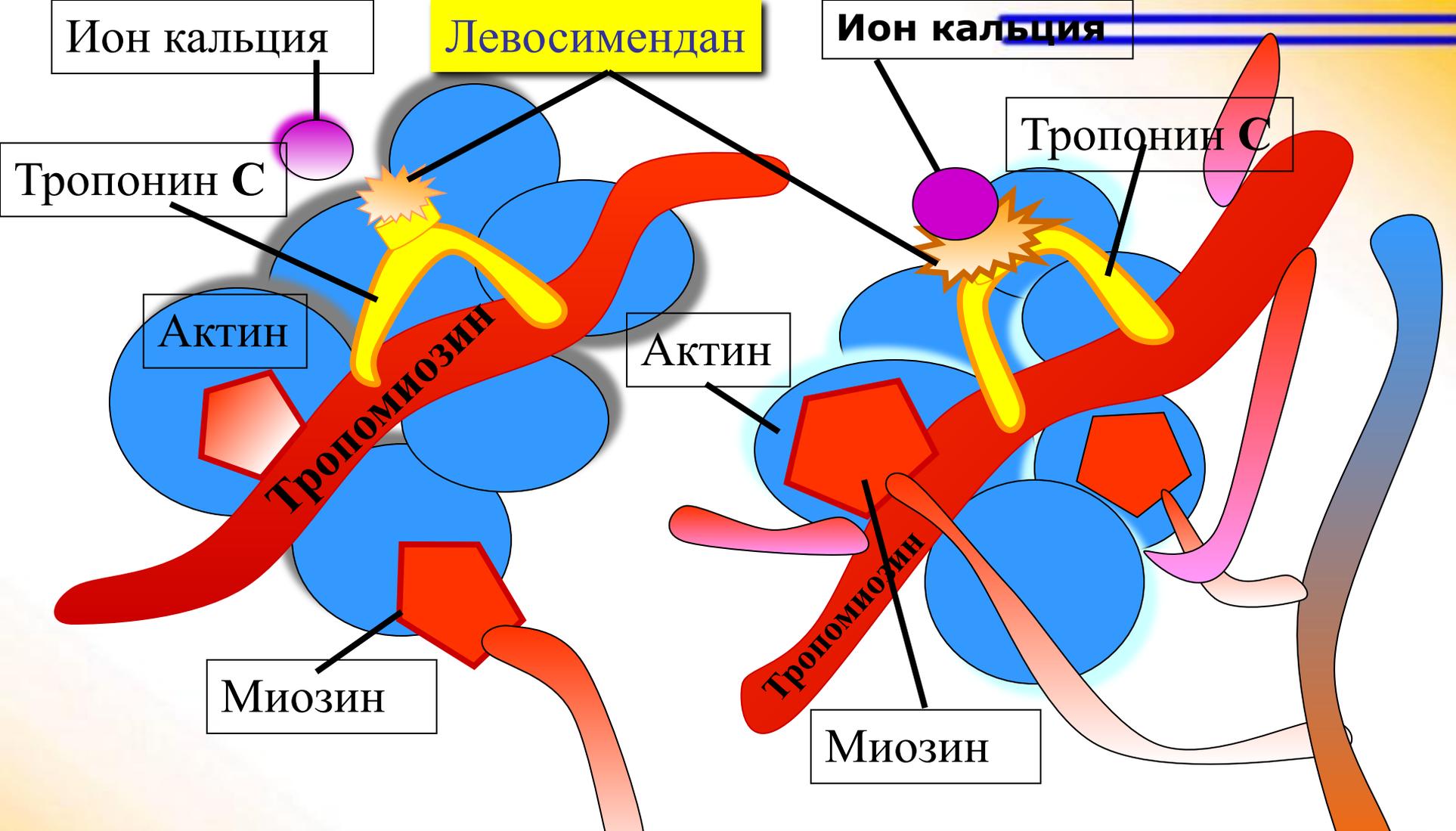
Левосимендан



Левосимендан



раствор 12,5 мг (2,5 мг/1 мл)



- увеличивает силу сокращения связываясь с тропонином С и увеличивая чувствительность сократительных белков к кальцию
- связывается с тропонином преимущественно во время систолы и, в гораздо меньшей степени, в диастолу

Левосимендан

ЧСС	Увеличивается
СВ	Увеличивается
Давление в легочной артерии	Снижается
ОПСС	Снижается
Потребление кислорода миокардом	Не изменяется

Левосимендан

Начальная доза – 6 – 12 мкг/кг
(при АД сист < 90 мм.рт.ст. болюс не вводится)

**Поддерживающая доза 0,1 мкг/кг/мин - 0,2
мкг/кг/мин**

Левосимендан (симдакс)

1. T_½ более 1 часа
2. Более 95% введенной дозы выводится в течение 1 недели в виде неактивных метаболитов
3. Противопоказан при нескорригированной гипокалиемии
4. Инфузия препарата может вызвать снижение сывороточной концентрации калия, поэтому необходимо контролировать сывороточный уровень калия во время лечения
5. Обладает аритмогенным эффектом
6. Не разрешен к применению у лиц младше 18 лет
7. Опыта применения препарата у беременных нет

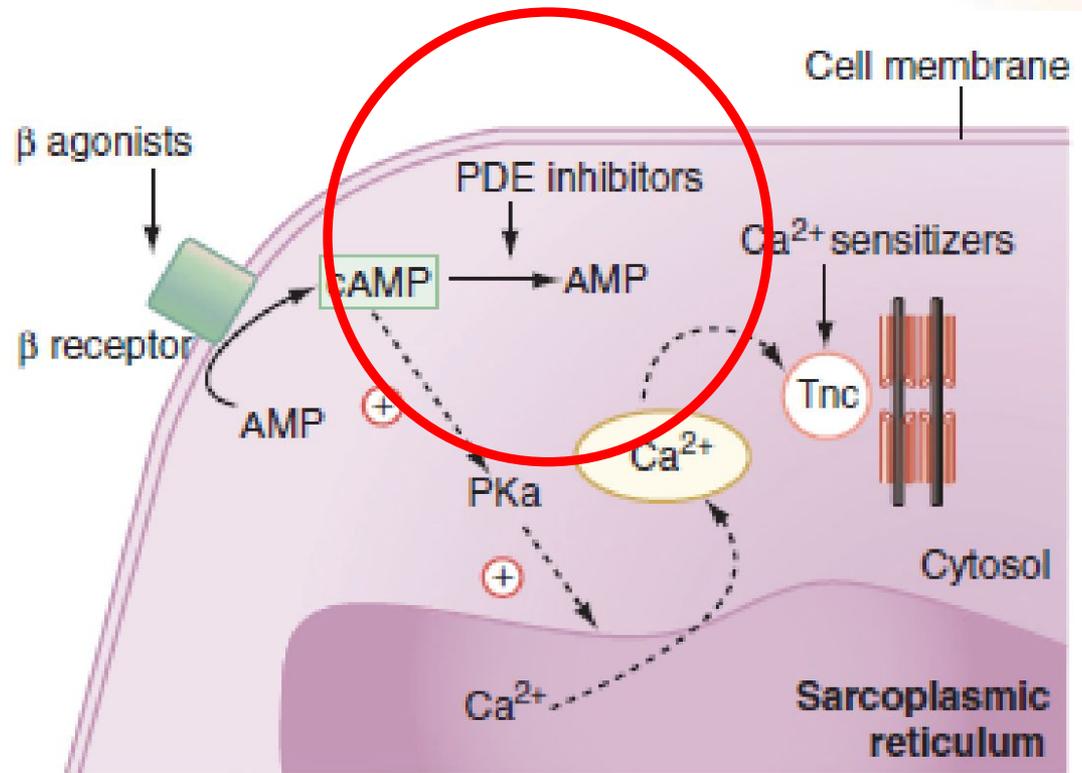
3) Ингибиторы фосфодиэстеразы

Амринон

Милринон

Эноксимон

Пироксимон



Ингибиторы ФДЭ

- селективные ингибиторы ФДЭ-III, приводят к накоплению цАМФ в кардиомиоцитах
- цАМФ увеличивает силу сокращений, ЧСС и продолжительность расслабления миокарда
- обладает инотропным, вазодилататорным эффектами

АМРИНОН

(амп. 100 мг)

1. Препарат первого поколения, использование в настоящее время ограничено
2. Длинный период полуэлиминации обеспечивает потенциально более продолжительный гипотензивный эффект после использования нагрузочной дозы
3. Применение сопровождается тромбоцитопенией
4. Дозировка: нагрузочная доза 0,75 мг/кг, далее инфузия не более 5 мкг/кг/мин

Милринон

ЧСС	может незначительно увеличиваться при использовании повышенных доз
СВ	увеличивается
АД	умеренная гипотензия
ОПСС и ЛСС	снижается
преднагрузка	снижается
потребление кислорода миокардом	без изменений

Выбор препаратов



Острая сердечная недостаточность

клинический синдром, который характеризуется быстрым появлением симптомов снижения сердечного выброса, недостаточной перфузией тканей, повышением давления в капиллярах легких и застоем в тканях

*Острая сердечная недостаточность
Рекомендации Европейского общества
кардиологов, 2010*

ВАРИАНТЫ ОСТРОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

- Шок
- Правожелудочковая
- Кардиогенный отек легких
- Острая декомпенсация хронической сердечной недостаточности
- Гипертензивная

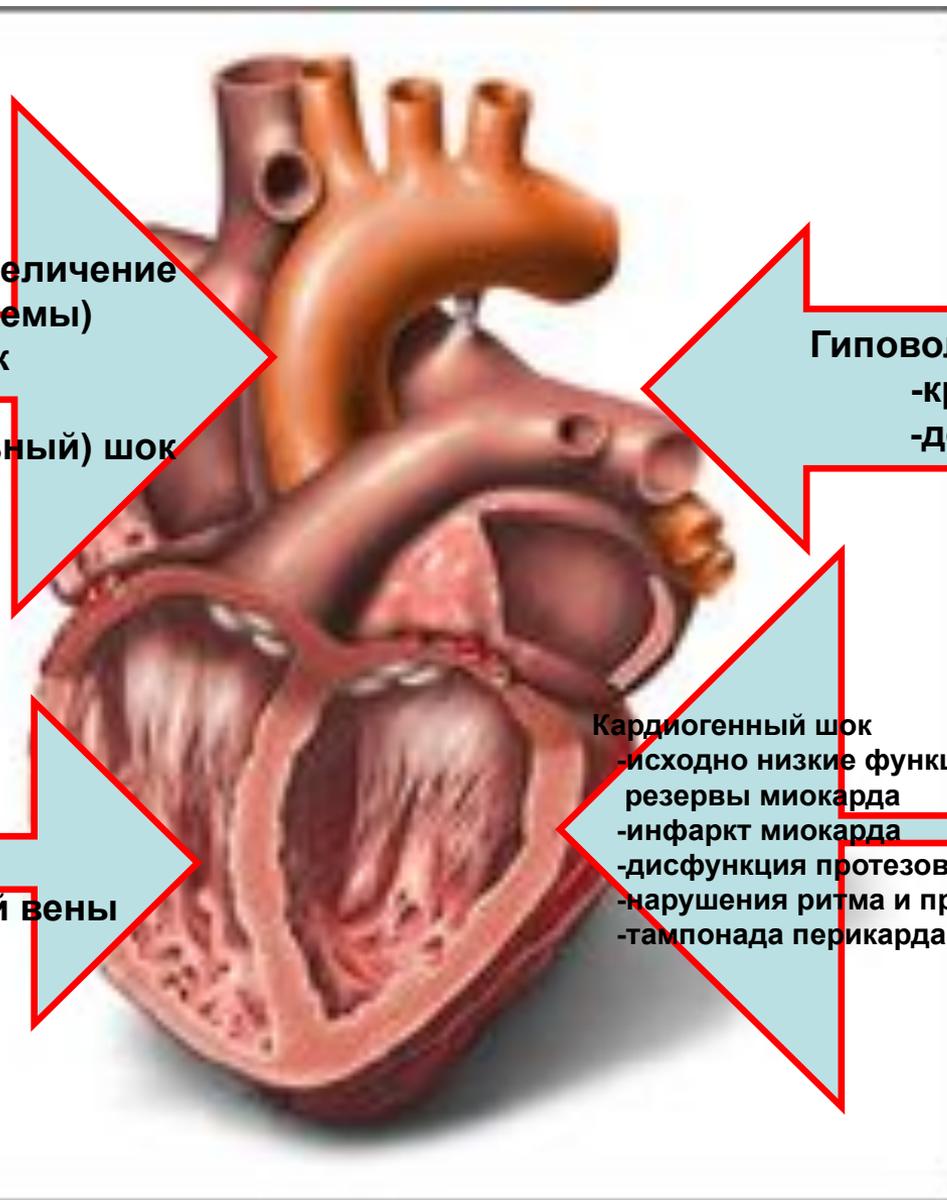
Шок (виды)

Дистрибутивный шок (увеличение емкости сосудистой системы)
-анафилактический шок
-септический шок
-неврогенный (спинальный) шок

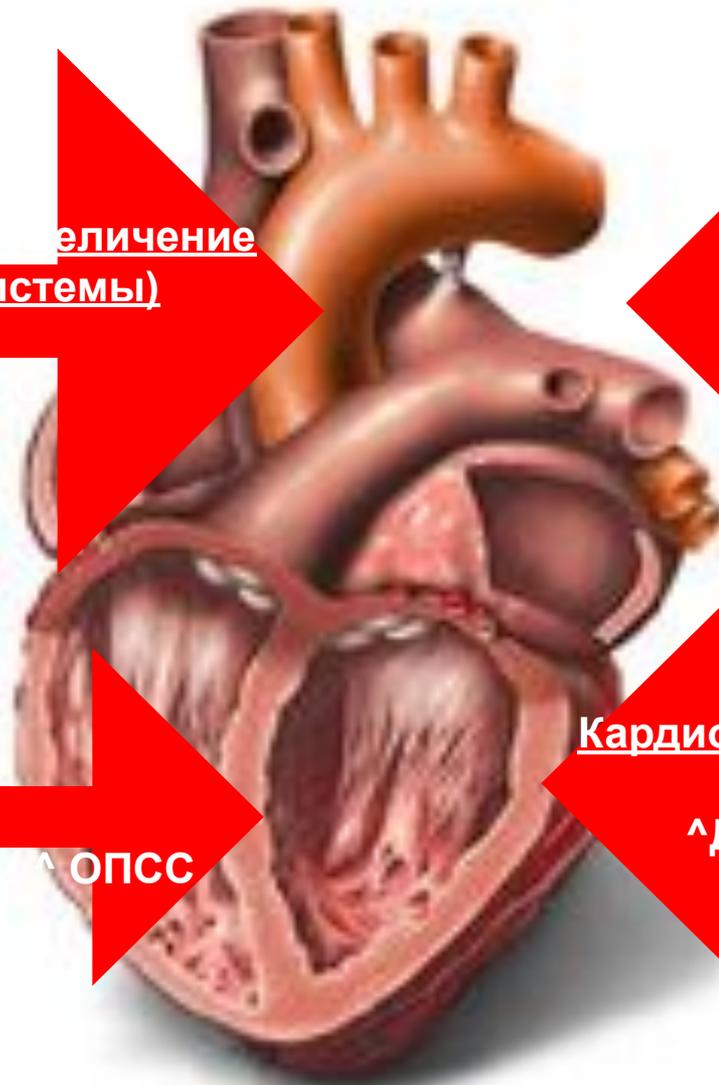
Гиповолемический шок
-кровотечение
-дегидратация

Обструктивный шок
-ТЭЛА
-синдром верхней полой вены

Кардиогенный шок
-исходно низкие функциональные резервы миокарда
-инфаркт миокарда
-дисфункция протезов
-нарушения ритма и проводимости сердца
-тампонада перикарда



Гемодинамический профиль шоков



Увеличение

емкости сосудистой системы)

Гипо

УДЗЛК/СВ/ОПСС

Обструктивные

^ДЗЛК/СВ/ОПСС

Кардиогенн

^ДЗЛК/СВ/ОПСС

Гемодинамическая поддержка при септическом шоке

В первые 6 часов необходимо добиться:

- ◆ целевое ЦВД на фоне ИТТ 8 см.вод.ст. у пациентов без ИВЛ; 12 см.вод.ст. у пациентов на ИВЛ
- ◆ целевое АДср более 65 мм.рт.ст.
- ◆ мочеотделение более 0,5 мл/кг/час
- ◆ Svc > 70% или Sp смешанной венозной крови > 65%

Инфузионная терапия

- ◆ Инфузионно-трансфузионная терапия основана на кристаллоидах и коллоидах
- ◆ У пациентов с гиповолемией старт инфузии в течение 30 минут – 1000 мл кристаллоидов или 300 – 500 мл коллоидов

Вазоинотропная поддержка:

- ◆ Инфузия – через центральный катетер
- ◆ Вазопрессоры первой линии у взрослых пациентов с сепсисом – норэпинефрин 0,03 – 0,25 мкг/кг/мин и допамин 5 - 15 мкг/кг/мин
- ◆ Препарат для вазоинотропной поддержки у детей с сепсисом – допамин 5 – 15 мкг/кг/мин
- ◆ Инотропы первой линии у пациентов с сепсисом – добутамин 2 – 20 мкг/кг/мин
- ◆ Необходимо избегать повышения сердечного выброса больше нормальных значений

Surviving Sepsis Campaign: International guidelines for management of severe sepsis and septic shock, 2008

Гемодинамическая поддержка при геморрагическом шоке

Приоритет – инфузионно-трансфузионная терапия

Вазоинотропная поддержка:

- ❖ Только после восполнения ОЦК, остановки кровотечения на фоне сохраняющейся нестабильности гемодинамики!!!
- ❖ Инфузия – через центральный катетер
- ❖ Вазопрессоры первой линии допамин 5 - 15 мкг/кг/мин
- ❖ После восстановления гемодинамики, если необходима инотропная поддержка – добутамин 2 – 20 мкг/кг/мин или допамин до 10 мкг/кг/мин

Гемодинамическая поддержка при острой правожелудочковой недостаточности (ТЭЛА)

1. Необходима осторожная инфузионная терапия под контролем ЦВД.
2. Целевое ЦВД не более 15 см.вод.ст.

Добутамин 2 – 20 мкг/кг/мин

или

Левосимендан

Начальная доза – 6 – 12 мкг/кг

Поддерживающая доза 0,1 мкг/кг/мин - 0,2 мкг/кг/мин

При гипотензии < 80 мм.рт.ст.:

Допамин 5 – 15 мкг/кг/мин

Адреналин 0,02 – 0,1 мкг/кг/мин

Норадреналин 0,03 – 0,25 мкг/кг/мин

ИТ и гемодинамическая поддержка при отеке легких

Устранение гипоксемии

Удаление жидкости из легких

Гемодинамическая разгрузка сердца, уменьшение давления в капиллярах легких

Устранение перегрузки жидкостью

Поддержание достаточного сердечного выброса, увеличение сократимости миокарда

респираторная поддержка

1. вазодилататоры
2. морфин болюс 2,5 – 5 мг в/в

диуретики

инотропы

Вазодилататоры

- Терапия нитратами рекомендована у пациентов, если АДсист > 110 мм рт.ст.
- Начальная доза внутривенного нитроглицерина составляет 10 - 20 мкг/мин с последующим повышением дозы на 5 - 10 мкг/мин каждые 3 – 5 мин



Диуретики

	Диуретики	Доза, мг
Интерстициальный отек	Фуросемид	20 – 60 мг
Альвеолярный отек	Фуросемид в/в инфузия фуросемида	болюс 40 – 100 мг затем 0,1 мг/кг/час в/в инфузия, но не более 0,7 мг/кг/час до целевого темпа мочеотделения $\geq 0,5$ мл/кг/час
Толерантность к петлевым диуретикам	+ гидрохлортиазид или + спиронолактон	50 – 100 мг/сут 25 - 50 мг/сут
Рефрактерность к петлевым диуретикам и тиазидам	изолированная вено-венозная ультрафильтрация	

Гемодинамическая поддержка при отеке легких

Добутамин 2 – 20 мкг/кг/мин

или

Левосимендан

Начальная доза – 6 – 12 мкг/кг

Поддерживающая доза 0,1 мкг/кг/мин - 0,2 мкг/кг/мин

При гипотензии < 80 мм.рт.ст.:

Допамин 5 – 15 мкг/кг/мин

Норадреналин 0,03 – 0,25 мкг/кг/мин

Острая декомпенсации ХСН

Декомпенсация СН Отеки (+)

Теплые конечности
сАД >105 мм рт.ст.

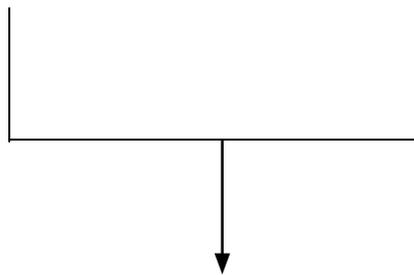


в/в вазодилататоры +/-
левосимендан
(возможно
с применением болюса)
+
Оптимизация лечения

- в/в диуретики
- коррекция дозы
иАПФ/вазодилататоров
для приема внутрь

Декомпенсация СН Отеки (+)

Теплые конечности
сАД 80-<105 мм рт.ст.



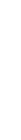
Левосимендан (не использовать болюс) или
Допамин или
Милринон
+ оптимизация лечения
+ **вазопрессор** для поддержания сАД >100 мм рт.ст.
(если необходимо)

Декомпенсация СН Отеки (+) или (-)

Холодные конечности
сАД 90-<105 мм рт.ст.

Декомпенсация СН Отеки (+) или (-)

Холодные конечности
сАД <90 мм рт.ст.



Коррекция ОЦК (если необходимо)



Добутамин или
Допамин или
Норадреналин



При необходимости
добавить
левосимендан,
(чтобы прекратить добутамин)

Как рассчитать?



Расчет скорости введения и доз препаратов (при использовании пефрузора)

Скорость инфузии (мл/час) x концентрация препарата (мкг/мл)

Доза (мкг/кг/мин) = _____

Вес тела (кг) x 60

Доза (мкг/кг/мин) x вес тела (кг) x 60

Скорость инфузии (мл/час) = _____

Концентрация препарата (мкг/мл)

Расчет скорости введения и доз препаратов (при капельном введении)

Скорость инфузии кап/мин) x концентрация препарата (мкг/мл)

$$\text{Доза (мкг/кг/мин)} = \frac{\text{Скорость инфузии кап/мин) x концентрация препарата (мкг/мл)}}{\text{Вес тела (кг) x 20}}$$

Доза (мкг/кг/мин) x вес тела (кг) x 20

$$\text{Скорость инфузии (кап/мин)} = \frac{\text{Доза (мкг/кг/мин) x вес тела (кг) x 20}}{\text{Концентрация препарата (мкг/мл)}}$$

ПРИМЕР расчета скорости введения и доз препаратов (при использовании пефрузора)

$$3,6 \text{ (мл/час)} = \frac{8 \text{ мкг/кг/мин} \times 60 \text{ (кг)} \times 60}{8000 \text{ мкг препарата в мл готового раствора}}$$

4% дофамин 10 мл, разведем до 50 мл растворителем

$$\text{Доза (мкг/кг/мин)} = \frac{\text{Скорость инфузии (мл/час)} \times \text{концентрация препарата (мкг/мл)}}{\text{Вес тела (кг)} \times 60}$$

ПРИМЕР расчета скорости введения и доз препаратов (при использовании капельного введения)

$$4,8 \text{ (кап/мин)} = \frac{8 \text{ мкг/кг/мин} \times 60 \text{ (кг)} \times 20}{2000 \text{ мкг препарата в мл готового раствора}}$$

4% дофамин 10 мл, разведем до 200 мл растворителем

$$\text{Доза (мкг/кг/мин)} = \frac{\text{Скорость инфузии (мл/час)} \times \text{концентрация препарата (мкг/мл)}}{\text{Вес тела (кг)} \times 60}$$

Спасибо за внимание!

