

Регуляция системного кровообращения



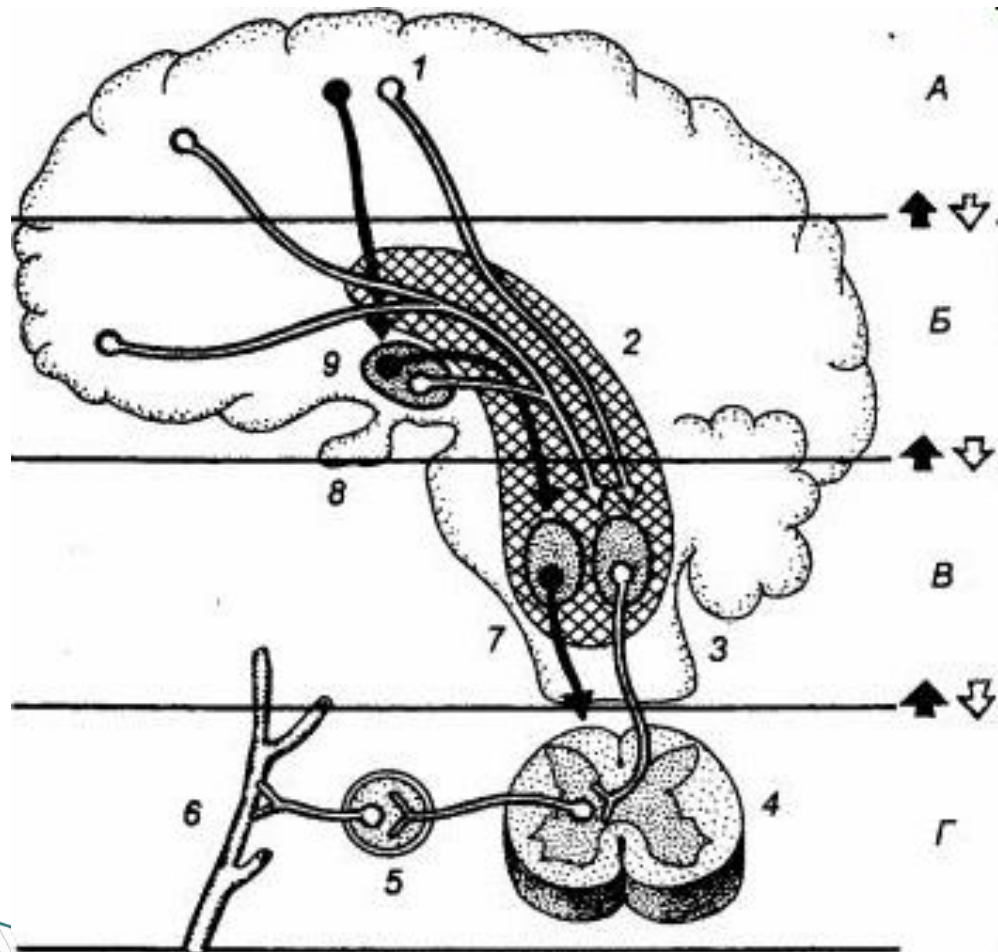
Центральная регуляция направлена на поддержание градиента давления необходимого для нормального кровотока.

Это обеспечивается за счет сочетанного изменения сердечного выброса и периферического сопротивления сосудов.

Уровни регуляции:

1. Центральная регуляция системной гемодинамики:
 1. прессорные и депрессорные рефлексy (активация или торможение симпатoadреналовой системы)
 2. гуморальная регуляция
2. Местная регуляция регионарной микроциркуляции:
 1. миогенная регуляция,
 2. гуморальная регуляция

Компоненты сосудодвигательного (вазомоторного) центра



А — корковое представительство сосудодвигательного центра; Б — центры гипоталамуса; В — бульбарный центр; Г — центры спинного мозга (боковые рога).

1 — кора больших полушарий,
2 — ретикулярная формация,
3 — сосудодвигательный центр,
4 — спинной мозг,
5 — симпатический ганглий,
6 — кровеносные сосуды,
7 — продолговатый мозг,
8 — гипофиз,
9 — гипоталамус.

КОРА

обеспечивает условнорефлекторные
адаптивные реакции ССС

ГИПОТАЛАМУС

обеспечивает безусловнорефлекторные
адаптивные реакции ССС (передний
гипоталамус - депрессорные зоны), задний
гипоталамус - прессорные зоны)

Продолговатый мозг

Обеспечивает саморегуляцию ССС и предохраняет АД от резких колебаний.

На дне 4 желудочка - сосудодвигательный центр, открытый Овсянниковым.

Перерезка выше четверохолмия – АД не изменяется.

Перерезка между продолговатым и спинным мозгом – АД падает до 60-70 мм рт.ст.

Сосудодвигательный центр

находится в состоянии тонической активности
Состоит из прессорного и депрессорного отделов,
которые находятся в реципрокных отношениях.



СПИННОЙ МОЗГ

Обеспечивает эфферентную иннервацию сосудов и подчинен вышерасположенным центрам

Вегетативная нервная система

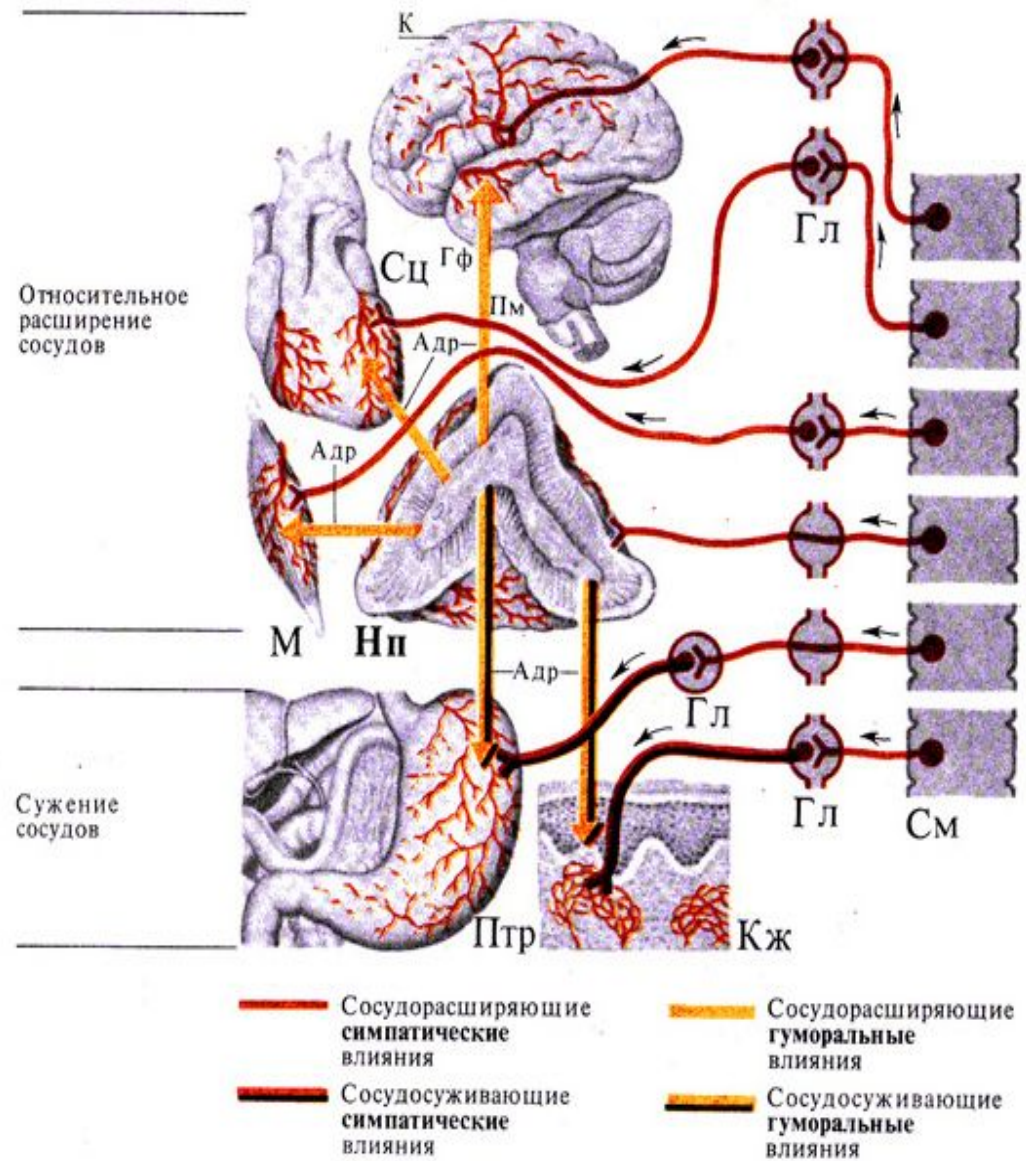
Вегетативные нервы иннервируют все кровеносные сосуды кроме капилляров.

Сосудодвигательные волокна обильно иннервируют мелкие артерии и артериолы кожи, скелетных мышц, почек и брюшной области.

Иннервация вен соответствует иннервации артерий, хотя в целом плотность её в венах ниже.

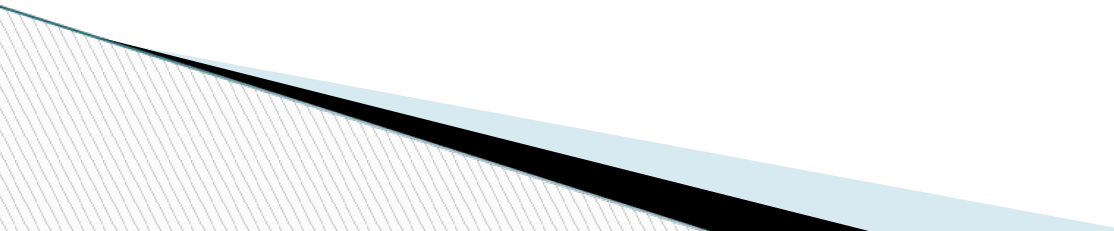
Симпатические адренэргические волокна

являются **вазоконстрикторами** по отношению к **сосудам кожи и ЖКТ**. Сосуды головного мозга, скелетных мышц, сердца на симпатическую стимуляцию или не реагируют, или расширяются.



Парасимпатические холинэргические волокна

менее распространены. Они
обеспечивают **вазодилатацию**
наружных половых органов при
половом возбуждении, расширение
сосудов мягкой мозговой оболочки.



Миогенный базальный тонус

В отсутствии сосудосуживающих влияний тонус сосудов определяется миогенным базальным тонусом. Этот тонус обусловлен свойством ГМК сосудов спонтанно сокращаться. На базальный тонус накладывается влияние СНС, что проявляется в тонусе покоя.

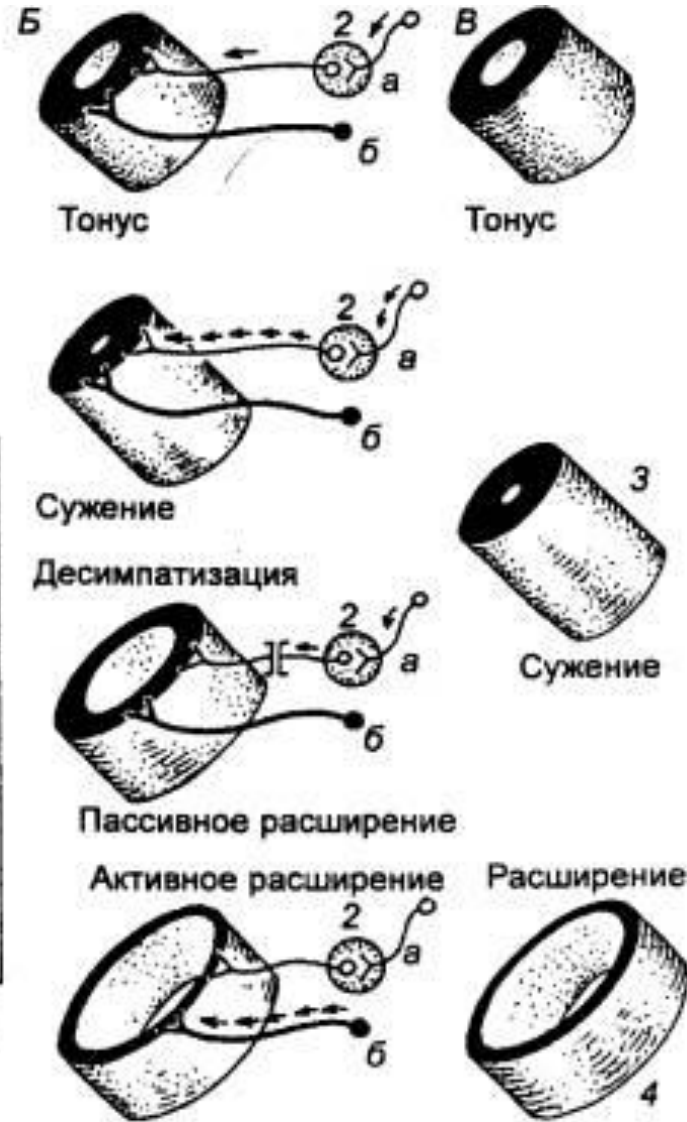
Сосудистый тонус покоя

Поддерживается постоянной импульсацией от симпатических вазоконстрикторов (1-3 имп./сек)

При частоте импульсации 10 имп./сек наблюдается максимальное сужение сосудов. Уменьшение импульсации приводит к вазодилатации (т.н. *пассивное расширение сосудов*) - благодаря этому сосудистый тонус может регулироваться без вазодилататоров.

В случае денервации (при спинномозговой анестезии, воздействии ганглиоблокаторами, симпатэктомии) наблюдается падение тонуса сосудов – падение АД.

Через несколько дней тонус начинает увеличиваться вследствие увеличения количества адренорецепторов и чувствительности к А и НА



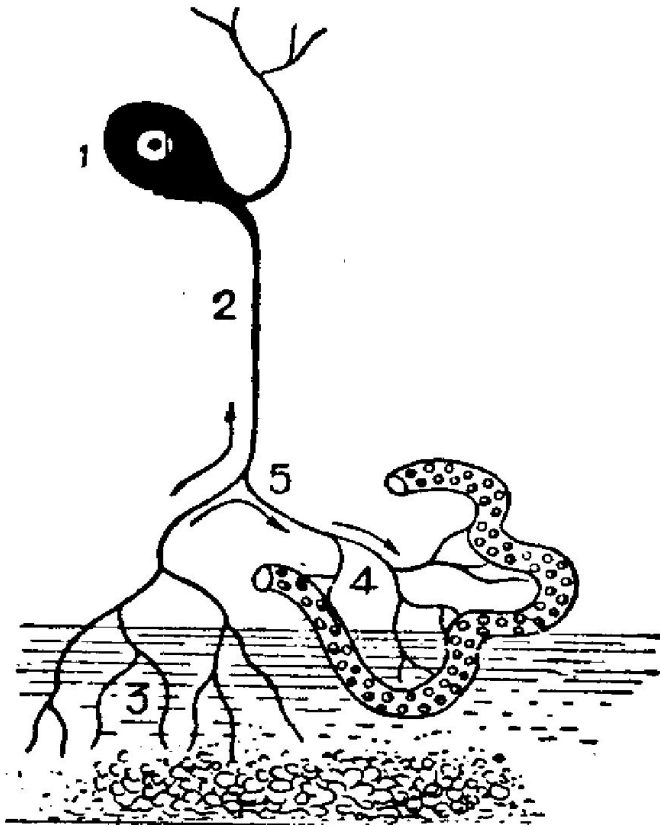
У некоторых животных (кошки и собаки) имеются симпатические холинергические вазодилататоры. Их раздражение приводит к расширению сосудов скелетных мышц. Возникает это при страхе, ярости, боли. Предполагают, что такие волокна есть и у человека.

Аксон-рефлекс

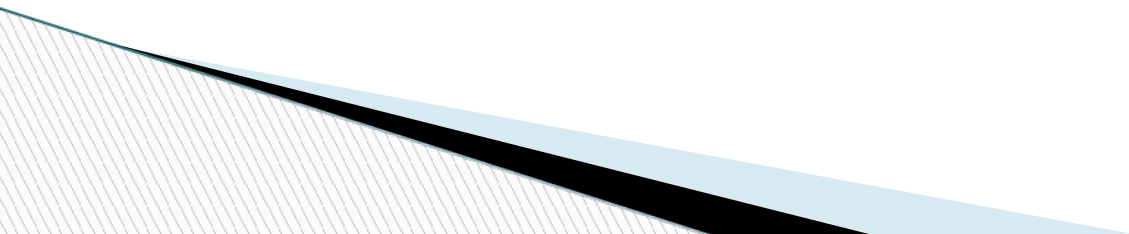
Это местная ответная реакция ткани на раздражитель без участия ЦНС: возбуждение интерорецептора является стимулом к локальному выделению нейропептидов из его терминалей.

При наличии коллатерали по ходу сенсорного волокна возбуждение может перейти на коллатераль аксона, и вызвать выделение нейропептидов.

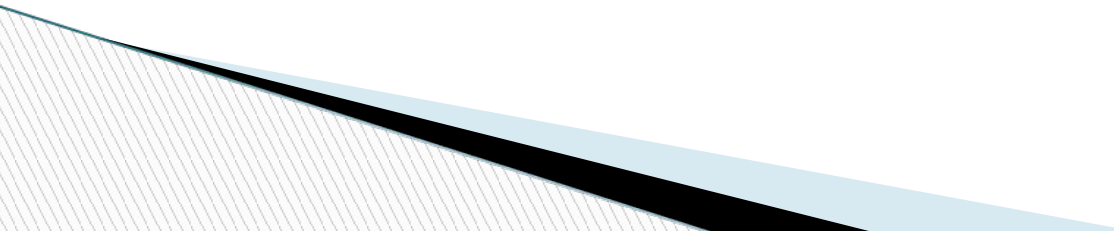
3(R) – к телу нейрона – 5
(коллатераль сенсорного волокна)- 4
(высвобождение M)- сужение сосуда



Регуляция системной гемодинамики



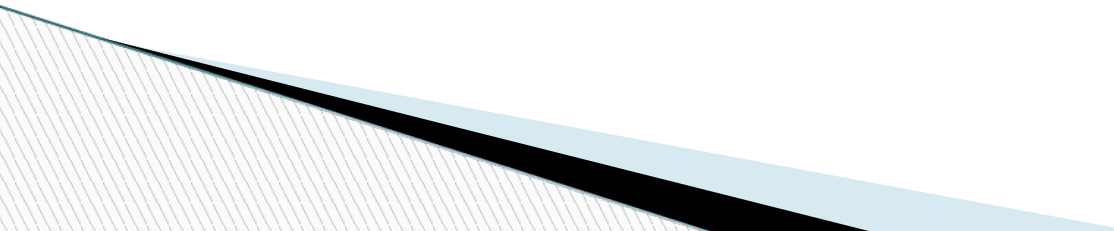
В зависимости от скорости развития адаптивных процессов механизмы регуляции системной гемодинамики различают на:

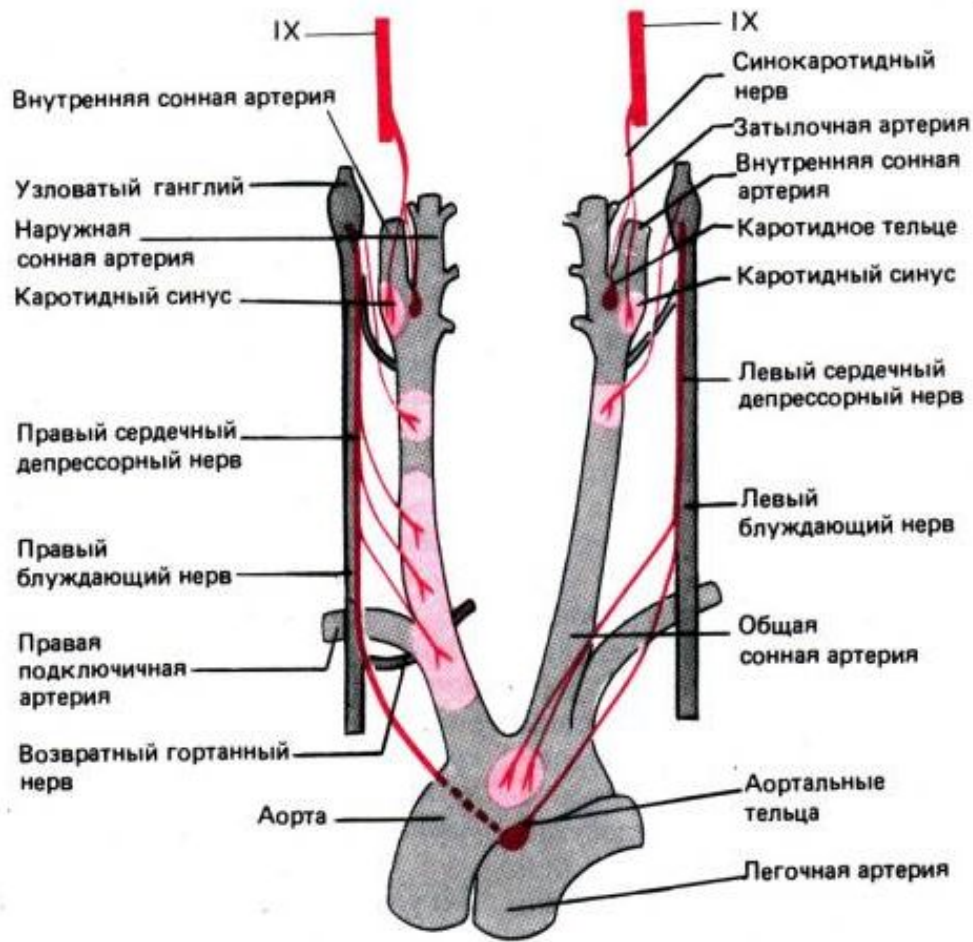
1. кратковременного действия,
 2. промежуточного действия,
 3. длительного действия
- 

Кратковременные по времени действия механизмы развиваются в течение нескольких секунд и обеспечивают срочные адаптивные реакции.

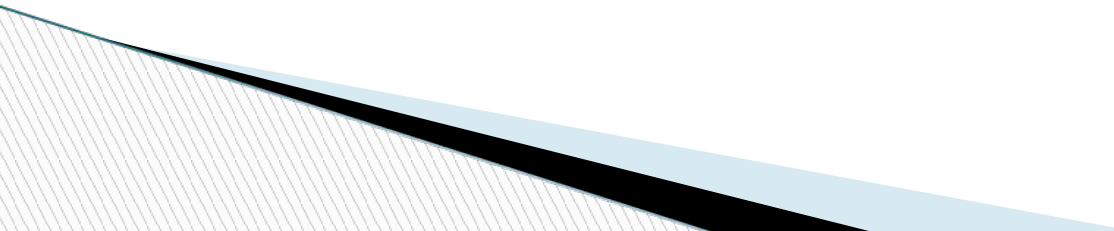
Они обеспечиваются сосудодвигательными реакциями и изменениями работы сердца.

К ним относятся:

- барорецептивные рефлексy,
 - рефлексy при раздражении рецепторов предсердий,
 - реакции на ишемию ЦНС,
 - эффекты адреналина и норадреналина.
- 



Расположение барорецепторов в аорте и сонной артерии. Области расположения барорецепторов показаны розовым цветом, а чувствительные волокна от этих рецепторов—красными линиями.

- Импульсация от барорецепторов тормозит сосудосуживающий центр и возбуждает центр блуждающего нерва → расширение просвета артериол, уменьшение частоты и силы сердечных сокращений (снижение АД).
 - Низкое АД оказывает противоположное действие.
 - Барорецепторы более чувствительны к изменениям давления, чем к его стабильному уровню.
- 

Рефлексы при раздражении рецепторов предсердий

Раздражение рецепторов типа **A** (возбуждаются при сокращении мускулатуры предсердий) приводит к увеличению симпатического тонуса и усилению работы сердца (рефлекс Бейнбриджа).

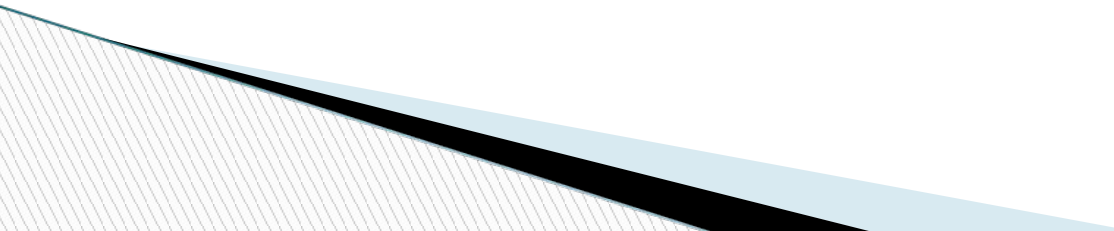
Раздражение рецепторов типа **B** (возбуждаются при пассивном растяжении предсердий - увеличении внутрипредсердного давления) вызывает снижение симпатического тонуса и увеличение парасимпатического.

Рефлексы при раздражении хеморецепторов сосудов

Основные расположены в дуге аорты и каротидном синусе. Раздражителями являются снижение pH , pO_2 , увеличение pCO_2 . При их возбуждении наблюдается снижение ЧСС и увеличение сосудистого тонуса. Сосудистые эффекты преобладают над сердечными и величина артериального давления возрастает.

Реакции на ишемию ЦНС

Снижение pO_2 , pH или увеличение pCO_2 крови вызывают:

- увеличение тонуса циркуляторных центров продолговатого мозга
 - усиление работы сердца и сосудистого тонуса
 - усиление дыхания
 - снижение почечного кровотока.
- 

Эффекты адреналина и норадреналина

Адреналин вызывает повышение АД за счет увеличения работы сердца. При этом сосуды расширяются, общее периферическое сопротивление снижается, увеличивается органный кровоток в скелетных мышцах, сосудах сердца. В сосудах кожи и кишечника кровоток снижается.

Норадреналин, в отличие от адреналина, увеличивает периферическое сопротивление посредством активации альфа адренорецепторов, артериальное давление возрастает.

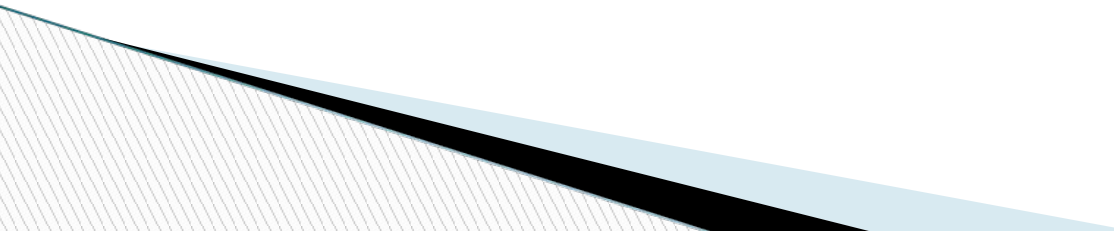
Регуляторные механизмы промежуточного по времени действия

проявляются в течение нескольких минут и достигают максимума через несколько десятков минут.

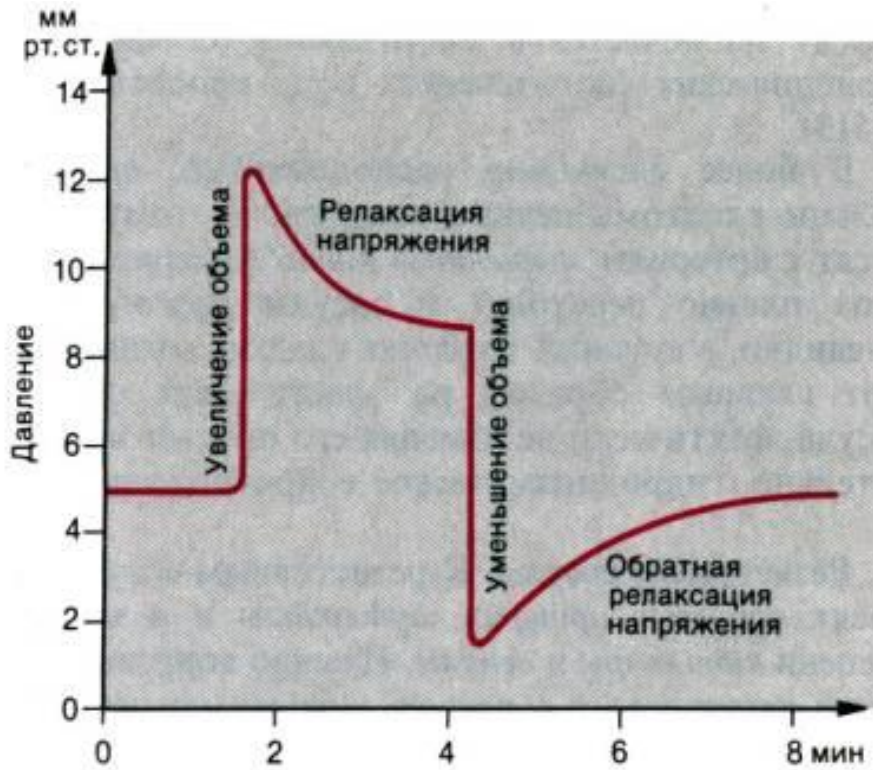
Они связаны с изменением соотношения внутрисосудистого объёма жидкости и ёмкости сосудов:

V крови / V сосудов

К ним относятся:

- изменения транскапиллярного обмена,
 - релаксация напряжения сосудистой стенки,
 - реакция ренин-ангиотензиновой системы.
- 

Релаксация напряжения



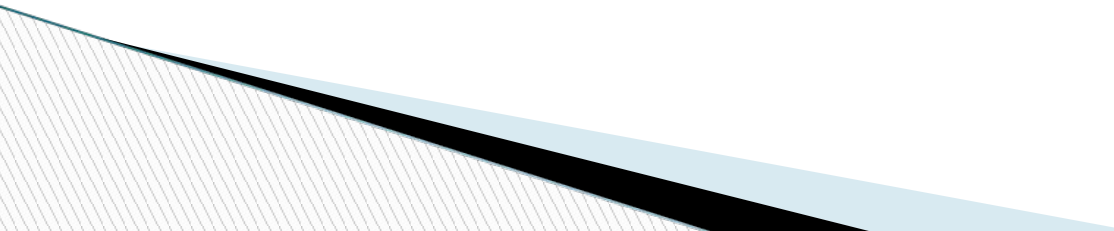
после первоначального растяжения эластических волокон развивается приспособление тонуса гладких мышц к увеличенному растяжению. Этот процесс называется релаксацией напряжения. Такое поведение сосудистой стенки обусловлено перестройкой актомиозиновых мостиков в растянутых мышечных волокнах, в результате которой миофиламенты медленно скользят относительно друг друга, что и приводит к уменьшению напряжения.

Регуляторные механизмы длительного действия

развиваются в течение нескольких десятков минут, достигают максимума через несколько часов, обеспечивают компенсацию изменения давления в течение неограниченного времени.

Они на системном уровне изменяют объем внеклеточной жидкости путем изменения её потребления и выделения почками.

К ним относят:

- 1. - почечную регуляцию объёма жидкости в организме,**
 - 2. - эффекты вазопрессина и альдостерона,**
 - 3. - эффекты предсердных гормонов.**
- 

Почечная регуляция объема жидкости в организме

Почечные механизмы саморегуляции поддерживают постоянство кровотока при колебаниях артериального давления от 90 до 180 мм рт.ст.

Увеличение давления выше 180 мм рт. ст. на 8-10 мм рт.ст. увеличивает экскрецию воды в 8 раз. Падение артериального давления ниже 90 мм рт. ст. резко уменьшает диурез, вплоть до его полного торможения.

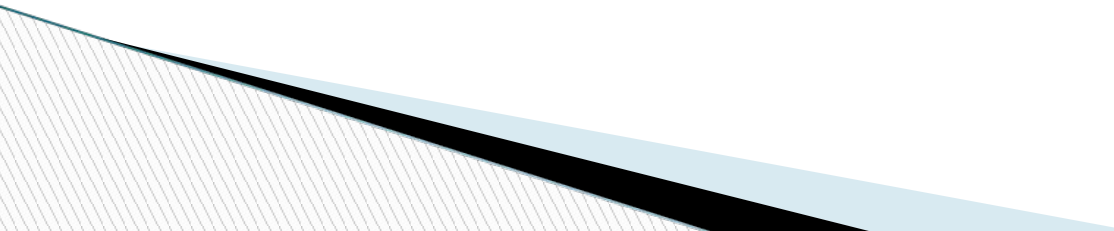
Эффекты вазопрессина и альдостерона

Вазопрессин (АДГ) выделяется при активации *осморецепторов гипоталамуса*, а уменьшается при раздражении *прессорецепторов предсердий*. АДГ увеличивает реабсорбцию воды в почках, а в больших концентрациях вызывает вазоконстрикцию.

Альдостерон выделяется при увеличении в крови ангиотензина II и снижении концентрации натрия в организме. Способствует:

1. реабсорбции натрия и воды в почках
2. увеличивает чувствительность сосудов к адреналину, норадреналину и ангиотензину II.

Натрий-уретический фактор

1. - увеличивает экскрецию натрия с мочой, а, соответственно, и воды,
 2. - расширяет артерии и артериолы,
 3. - угнетает секрецию ренина и альдостерона,
 4. - снижает чувствительность α -адренорецепторов,
 5. - уменьшает выделение адреналина и норадреналина,
 6. - вызывает коронарную вазоконстрикцию.
- 

Васкуляризация- формирование новых кровеносных сосудов.

Длительная активизация метаболических процессов в ткани вызывает усиленную васкуляризацию ткани; если же уровень метаболизма снижается, количество кровеносных сосудов в ткани уменьшается.

ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ



Гормоны регулирующие тонус сосудов

- Вазопрессин - суживает артериолы и прекапилляры.
- Ангиотензин II - вызывает мощную сосудосуживающую реакцию.
- Адреналин и норадреналин
- Альдостерон - усиливает реабсорбцию натрия и повышает реактивность сосудов к адреналину и норадреналину.
- Тироксин - увеличивает реактивность сосудов к катехоламинам.
- Глюкагон - вызывает расширение сосудов.

Эффекты тканевых гормонов

Кинины, гистамин, панкреозимин, секретин - расширяют сосуды.

Серотонин в малых дозах расширяет, а в больших - суживает сосуды.

Простагландины - расширяют или суживают.

Продукты метаболизма

CO_2 местно умеренно расширяет сосуды, а в мозге сосудорасширяющее действие особенно отчётливо.

CO_2 активирует сосудодвигательный центр и общее сужение сосудов во всех областях тела.

АДФ и АМФ и $\downarrow p\text{O}_2$ вызывают вазодилатацию. Тканевой кровоток усиливается, поступление O_2 возрастает.

Эндотелиальные регуляторы

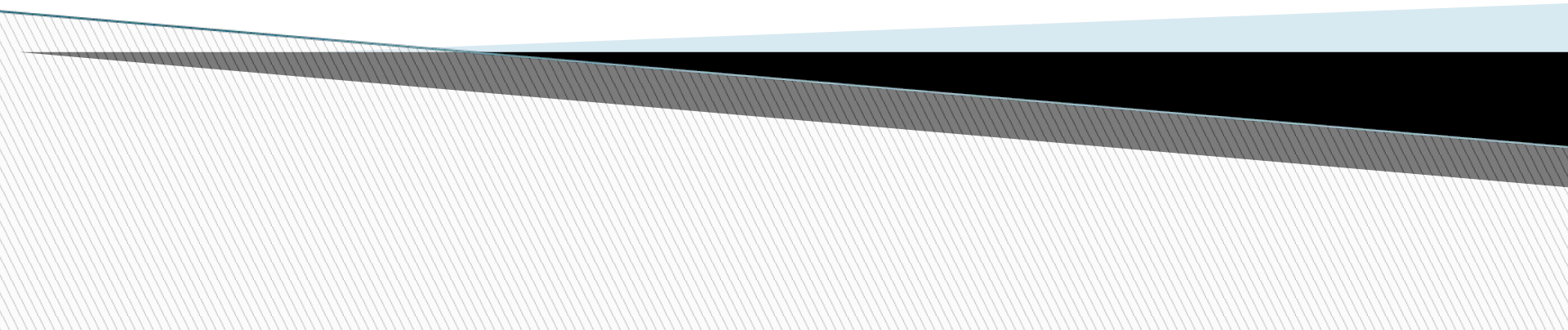
- Простациклин – вазодилатация (образуется эндотелиальными клетками).
- Тромбоксан A_2 – вазоконстрикция (выделяется из тромбоцитов).
- Оксид азота (NO) - вазодилатация (активирует гуанилатциклазу, синтезируется эндотелиальными клетками).
- Эндотелин 1 – вазоконстрикция (синтезируется эндотелиальными клетками (в особенности эндотелием вен, коронарных артерий и артерий мозга)).

Действие ионов

на сосуды — результат их действия на сократительный аппарат ГМК.

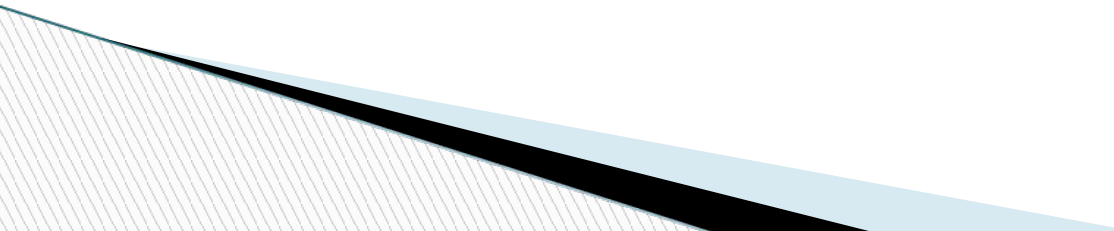
Особенно важна роль ионов Ca^{2+} , вызывающих вазоконстрикцию в результате стимуляции сокращения ГМК.

Рефлекторная регуляция кровотока

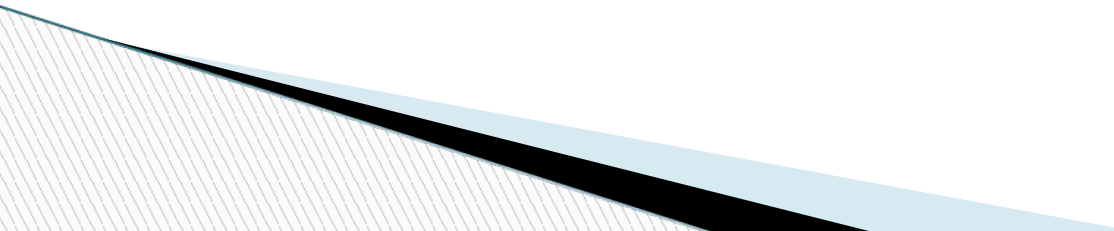


Рефлекс Китаева (вено-пульмональный)

повышение давления в легочных венах
→ активация депрессорного центра,
→ расслабление сосудов большого круга
кровообращения.

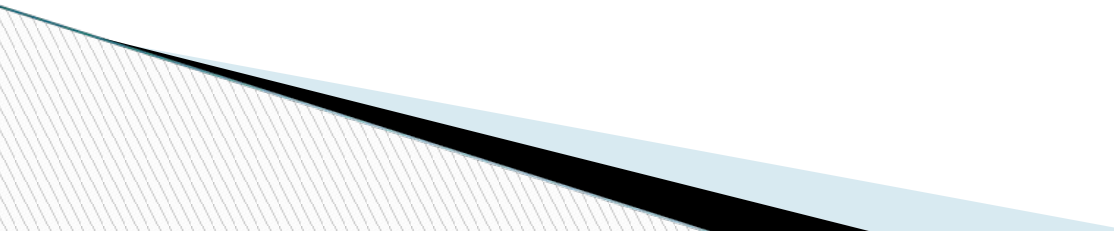


Рефлекс Парина

- повышение АД в легочных артериях до 60 мм рт.ст.
 - возбуждение депрессорного центра мозга,
 - ↓ ЧСС
 - снижение АД в большом круге кровообращения
 - переброс крови из малого круга в большой круг кровообращения.
- 

Рефлекс Гауэра-Генри

растяжение левого предсердия

- снижается продукция АДГ,
 - увеличение клубочковой фильтрации и уменьшение реабсорбции,
 - повышение диуреза,
 - уменьшение ОЦК,
 - снижение АД.
- 

Рефлекс Кушинга (реакция Кушинга)

Если внутричерепное давление повышается и становится равным АД, то в полости черепа сдавливаются артерии и возникает ишемия.

→ Ишемия вызывает повышение АД, и кровь снова поступает в мозг, преодолевая сдавливающее действие повышенного внутричерепного давления.

Одновременно с повышением давления ↓ частота сердцебиения и дыхания из-за возбуждения центра блуждающего нерва.