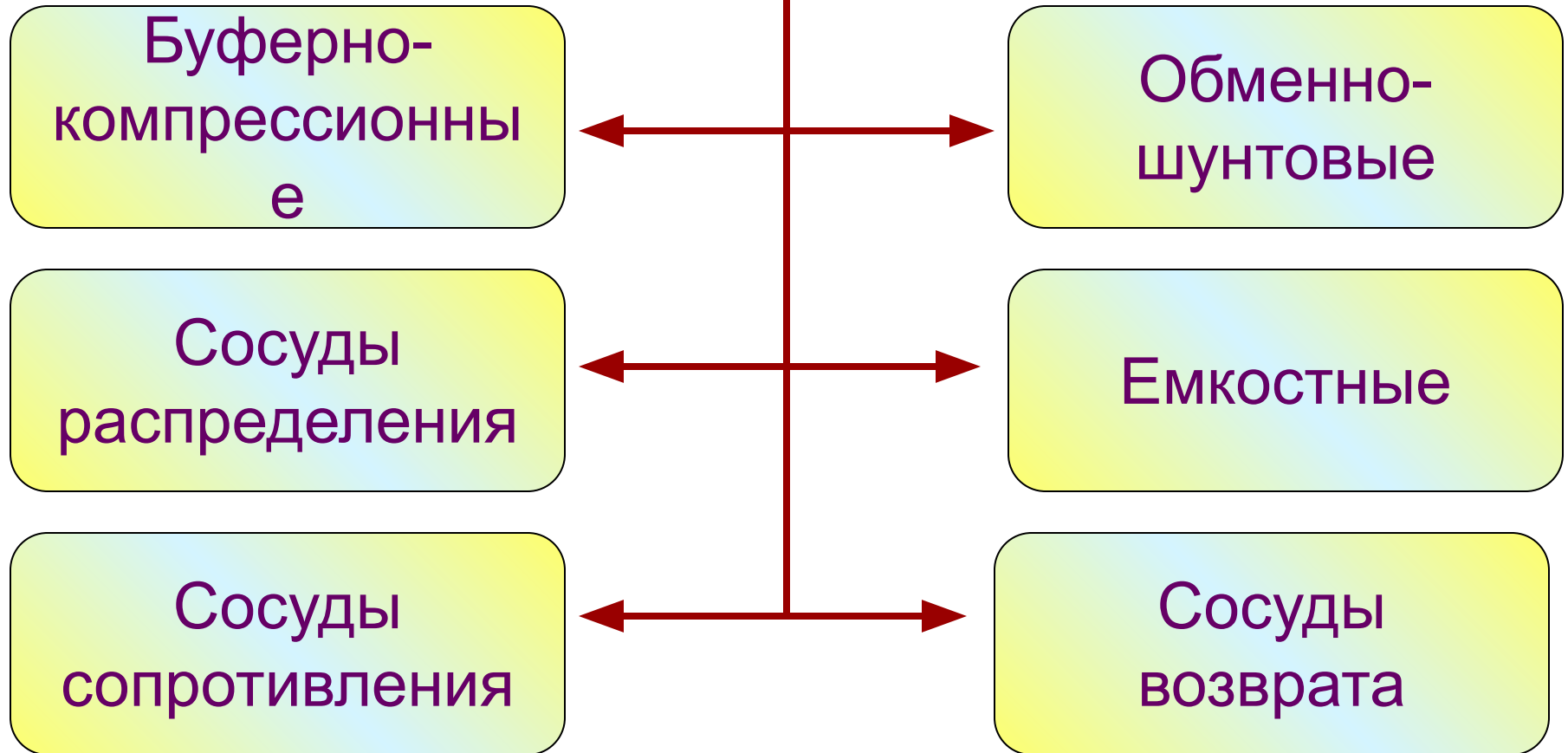


# Гемодинамика

- Это раздел физиологии, изучающий закономерности движения крови в сосудах.
- Гемодинамика обеспечивается сердцем и сосудами.

# Функциональная классификация

## СОСУДОВ



# Буферно – компрессионные или амортизирующие

- К ним относятся сосуды эластического типа:
- легочная артерия, аорта и их крупные ветви.
- **Функция.**
- 1. Буферная роль:
- сглаживают перепады давления в сосудистой системе между систолой и диастолой:

## 2. Компрессионная роль:

- эластическая стенка сосудов растягивается в систолу, сокращается в диастолу,
- поддерживая в сосуде достаточно высокое давление без систолического выброса.

- 3) Поддерживают движущую силу кровотока в диастолу.
- 4) Амортизирующая функция:
- Эластичность стенок смягчает гидравлический удар крови во время систолы желудочков.

- 5) Изгиб аорты повышает эффективность перемешивания крови.
- Основное перемешивание, создание однородности крови происходит в сердце.

# Сосуды распределения.

- Это средние и мелкие артерии мышечного типа региона и органов.
- **Функция:**
- 1. Распределение потока крови по всем органам и тканям организма.

## 2.Регуляция пропускной способности органов.

- Путем изменения просвета внеорганных артерий нервным и гуморальным путем.



# Нервная регуляция просвета сосудов.

- Снижение активности СНС увеличивает просвет сосудов и повышает кровоток в органе.

# Гуморальная регуляция.

- Связана с тем, что увеличение потребности ткани в  $O_2$  вызывает повышение скорости кровотока.
- Это вызывает деформацию апикальной мембраны эндотелиоцитов.

- Они выделяют оксид азота NO,
- который расслабляет стенку сосуда.
- NO – эндотелиальный релаксирующий фактор.

# Сосуды сопротивления: пре и пост капиллярные.

- Прекапиллярные.
- Это артерии  $d = 100$  мкм, артериолы, прекапиллярные сфинктеры, сфинктеры магистральных капилляров.

# Функции сосудов сопротивления.

- 1) Артериолы являются главными регуляторами артериального давления.
- Стенка сосудов имеет толстый кольцевой слой мускулатуры.
- При ее сокращении просвет сосуда ↓, сопротивление кровотоку и давление в артериях ↑.

- 2) Артериолы, прекапиллярные сфинктеры определяют величину кровотока в регионе.

- 3) Сосуды сопротивления распределяют кровотоки между обменной и шунтовой цепями, определяют количество работающих капилляров.

- Так, включение в работу одной артериолы обеспечивает кровоток в 100 новых капиллярах.



**Функции  
посткапиллярных сосудов  
сопротивления.**

- Просвет посткапиллярных венул регулирует:
- а) внутрикапиллярное давление, что влияет на диффузию веществ;
- б) линейную скорость кровотока в капиллярах.

## 4) Обменные сосуды – капилляры

- Гистологически различают 3 типа капилляров:
- 1) **Сплошные** (соматические, в мышцах, коже, легких, ЦНС).
- 2) **Окончатые** (висцеральные) капилляры
- 3) **Несплошные** (синусоидные капилляры).

- Частично транспорт веществ происходит также через стенку артериол и венул.
- Например.
- $O_2$  диффундируют через стенку артериол.
- Это важно для нейронов мозга.

- Через межклеточные поры венул из крови диффундируют
- белковые молекулы, которые
- затем попадают в лимфу.

# Шунтовые сосуды (артерио – венулярные анастомозы).

- По ним кровь из артериальной системы сбрасывается в венозную, минуя капилляры.
- Истинные шунты имеются в коже.

- В других тканях функцию шунтов при необходимости выполняют магистральные капилляры.
- Это функциональное шунтирование.
- При увеличении скорости кровотока транскапиллярного перехода веществ не происходит.

# Емкостные (аккумулирующие) сосуды

- Это венулы, мелкие вены, венозные сплетения и специализированные образования – синусоиды селезенки.



- Венозные сосуды в норме содержат крови в 4 раза больше, чем артериальные.

- **Функции:**
- **1. Обеспечивают своевременный возврат крови к сердцу,**
- **2. Определяют величину сердечного выброса.**
- **3. Депонируют кровь**

# Изменение просвета венозных сосудов обусловлены:

- 1) **нейрогенными факторами:**
- **повышение активности СНС  
уменьшает просвет  
аккумулирующих сосудов и  
увеличивает венозный возврат.**

## 2) работой скелетных мышц:

- отсутствие их ритмических сокращений увеличивает объем крови в венах и снижает венозный возврат.

# Депонирование крови



Временное



Длительное

# Временное депонирование

- происходит вследствие перераспределение
- крови между резистивными (артериальными)
- и аккумулирующими (венозными) сосудами.

# Причины перераспределения крови.

- 1) Расширение вен по различным причинам.
- 2) Переход из горизонтального в вертикальное положение.
- 3) Снижение линейной скорости кровотока в некоторых органах.

- В результате в сосудах этих органов содержится большее количество крови:
- в легких – 0,2 – 0,5 л.,
- в печени – до 1 литра.



# Длительное депонирование

- Осуществляется в результате работы специализированных сосудов – синусоидов.
- В селезенке в этих сосудах хранится до 500 мл. эритроцитарной массы.

# Фазы работы синусоидов :

- **I фаза** Заполнение и фильтрация путем закрытия сфинктера венозного конца.

**II фаза – хранение**

**III фаза - Опорожнение**

# Сосуды возврата крови в сердце

- Это средние, крупные и полые вены, выполняющие роль коллекторов.
- Емкость этого отдела 18% и в физиологических условиях меняется мало.

# Причины движения крови:

- 1. Работа насоса – сердца.
- 2. Разность давления в проксимальном и дистальном отделе сосудистой системы.
- Кровь течет из области высокого давления в низкого.
- 3. Гравитационные силы.
- 4. Работа мышечного насоса.

- 5. Работа клапанов вен.
- 6. Присасывающее действие сердца ( А - В перегородки).
- 7. Работа дыхательного насоса.
- Опускание диафрагмы при вдохе повышает давление в сосудах брюшной полости и снижает в грудной.

# Показатели гемодинамики

Движение крови по сосудам описывается рядом собственных и интегральных показателей.

# Артериальное давление.

- Интегральный показатель, зависит от:
- тонуса сосудов,
- систолического выброса,
- частоты сердечных сокращений,
- объема циркулирующей крови (ОЦК).

Различают:

- **1) Систолическое АД –**  
давление крови в артериях  
во время систолы.
- **Зависит от величины**  
систолического выброса  
левым желудочком, тонуса  
сосудов и ОЦК.



- Систолическое давление состоит из бокового давления крови на стенку сосудов
- и ударного или гемодинамического давления.

## 2) Диастолическое давление.

- Давление крови на стенку сосуда в диастолу левого желудочка.
- Зависит от :
  - а) тонуса сосудов,
  - б) степени оттока крови через систему мелких артерий – артериол,
  - в) ОЦК.

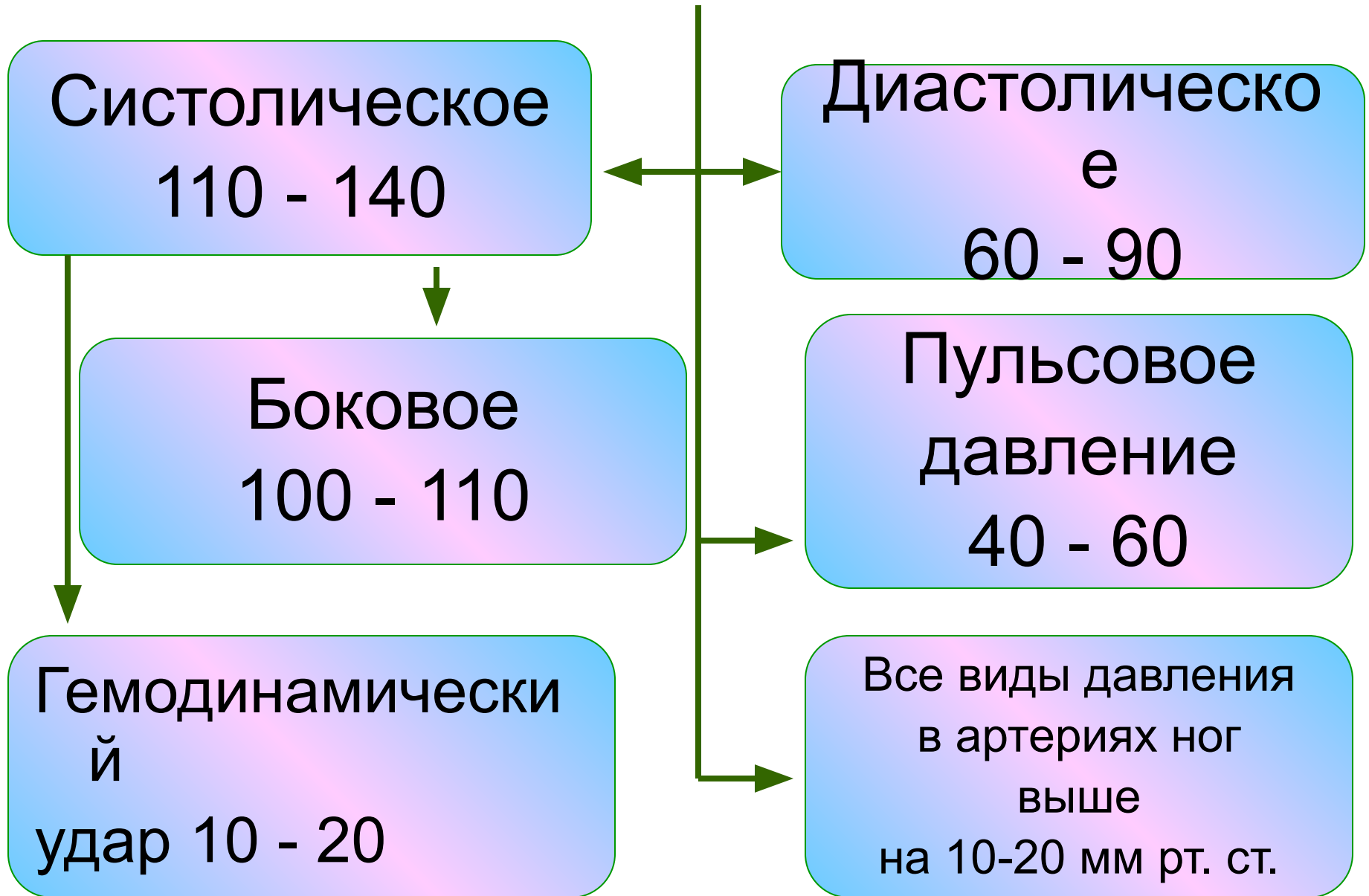
### 3) Пульсовое давление.

- Это разность между систолическим и диастолическим давлением.

## 4) Среднединамическое давление

- Средняя во время сердечного цикла величина давления.
- Находится по формуле ХИКЭМА.
- Для крупных артерий:
- $P_{ср} = P_{д} + (P_{с} - P_{д}) / 2$
- Для периферических артерий:
- $P_{ср} = P_{д} + (P_{с} - P_{д}) / 3.$

- Нормы АД в мм рт. ст.



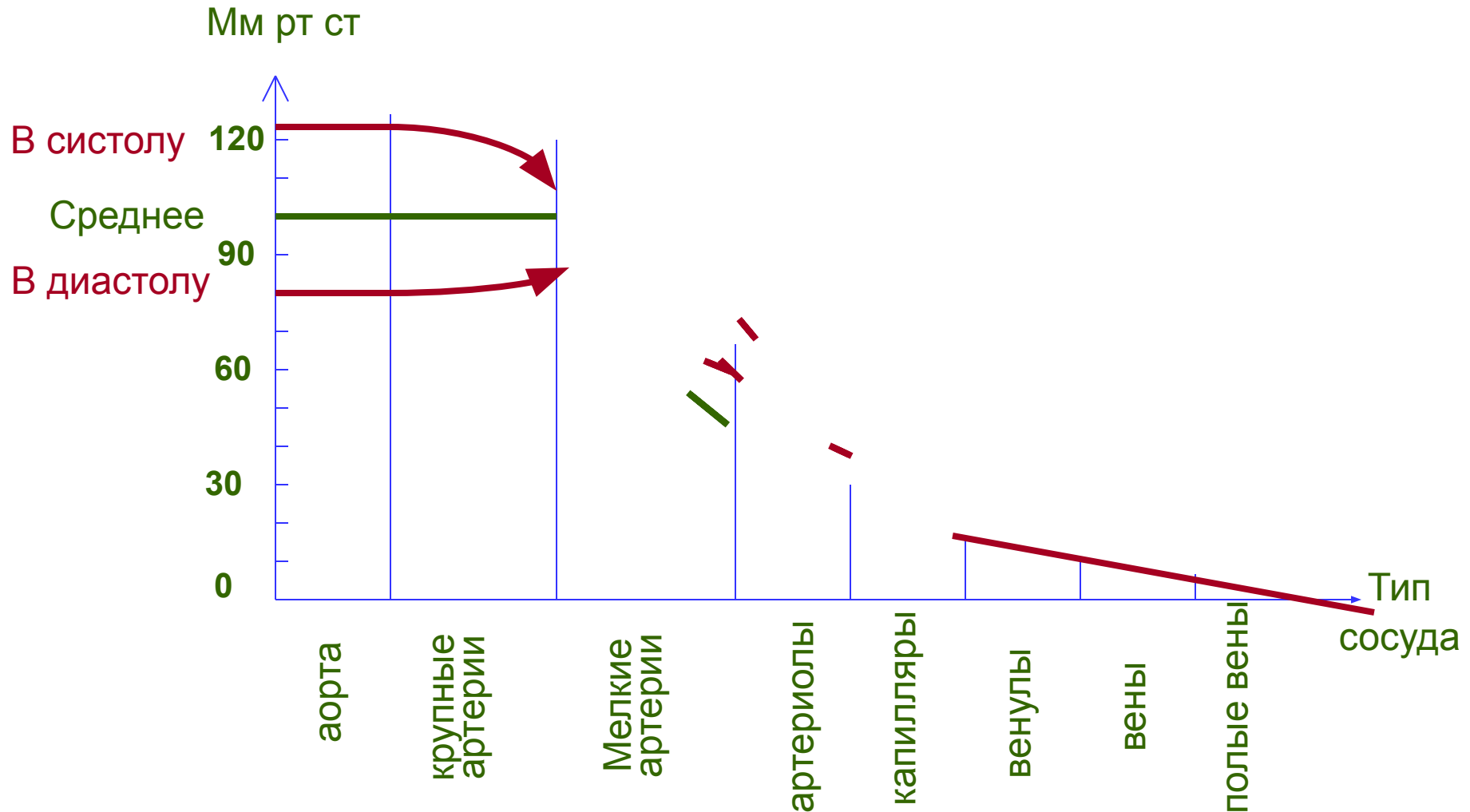
# Методы определения АД

- **1. Непрямой (Рива – Роччи, Короткова) Смотри практикум с. 57.**
- **2. Прямой метод – кровавый.**
- **В артерию помещают канюлю, соединенную с датчиком давления.**

- Метод используют в эксперименте и в клинической практике
- при необходимости мониторинга АД.
- Частота измерения при этом до 500 раз в сутки.



# Изменение давления в различных частях сосудистой системы



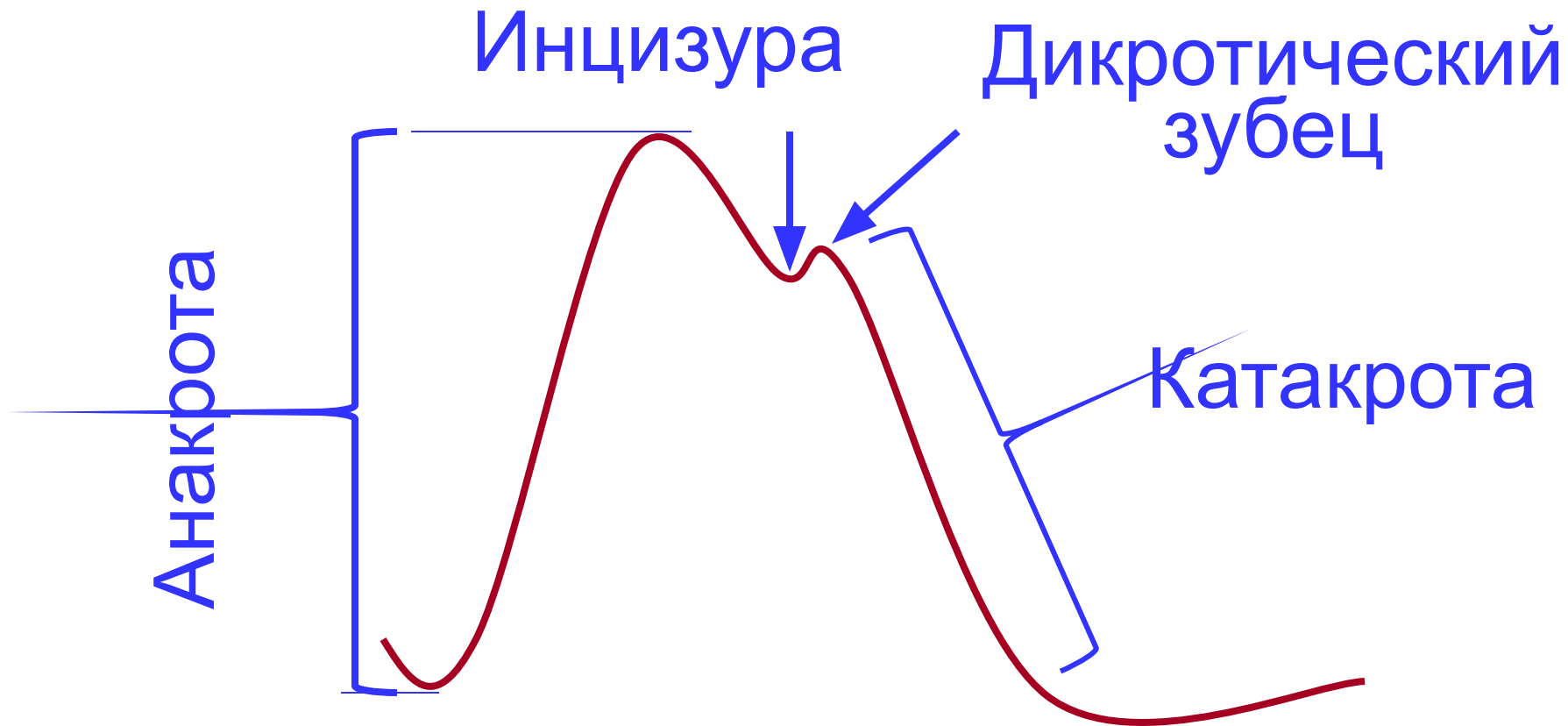
## II. Артериальный пульс

- – это ритмические колебания стенки артерий, обусловленные повышением давления в систолу.
- Пульсовая волна появляется в аорте и распространяется по стенке сосуда.

- **Скорость распространения зависит от эластичности стенки сосудов:**
- **в аорте составляет 5, 5 – 8 м/с ,**
- **в периферических артериях 6 – 9, 5 м/с**
- **С возрастом увеличивается.**

# Сфигмография

- Регистрация артериального пульса.
- Можно регистрировать сфигмограмму сонной, лучевой, бедренной артерий.



Сфигмограмма

# Характеристика пульса.

- 1. Частота.
- 2. Ритмичность.
- 3. Амплитуда - наполнение.
- 4. Напряженность.
- 5. Быстрота – скорость нарастания и спада пульсовой волны.

# Объемная скорость кровотока.

- Это объем крови, протекающий через поперечное сечение сосудов данного типа в единицу времени.
- Обозначается  $Q$ .
- $Q = (P_1 - P_2) / R$ .

- $P_1$  и  $P_2$  – давление в начале и конце сосуда.
- $R$  – сопротивление току крови, общее периферическое сопротивление.
- Это суммарное сопротивление всех параллельных сосудистых сетей большого круга кровообращения.



- Согласно законам гидродинамики сопротивление току крови зависит от длины и радиуса сосуда, от вязкости крови.
- Эти взаимоотношения описываются формулой Пуазейля:
- $$R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$$

- $l$  – Длина сосуда.
- $r$  - Радиус сосуда.
- $\eta$ – вязкость крови.
- $\pi$  – отношение окружности к диаметру
- Применительно к ССС наиболее изменчивые величины  $r$  и  $\eta$ .
- Вязкость связана с наличием веществ в крови, характером кровотока – турбулентного или ламинарного

- Q через аорту, все артерии, артериолы, капилляры или через всю венозную систему как большого, так и малого круга **одинаков.**

# Методы определения Q.

# 1)Окклюзионная плетизмография

- Это регистрация увеличения объема сегмента конечности
- (или органа у животного)
- в ответ на прекращение венозного оттока
- при сохранении артериального притока крови.

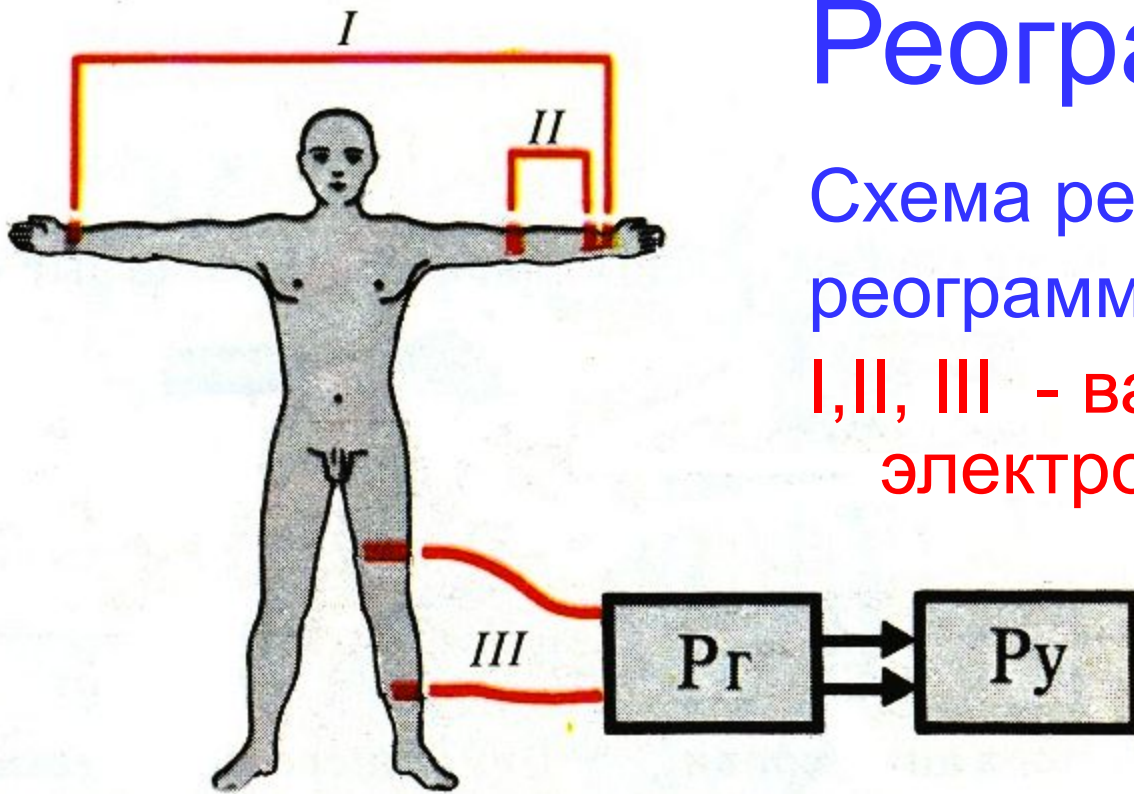
- Изменение объема органа регистрируется путем помещения его в сосуд с водой или воздушные герметичные камеры.

- 2) Реография
- 3) Индикаторные методы
- (см. гемодинамическая функция сердца)

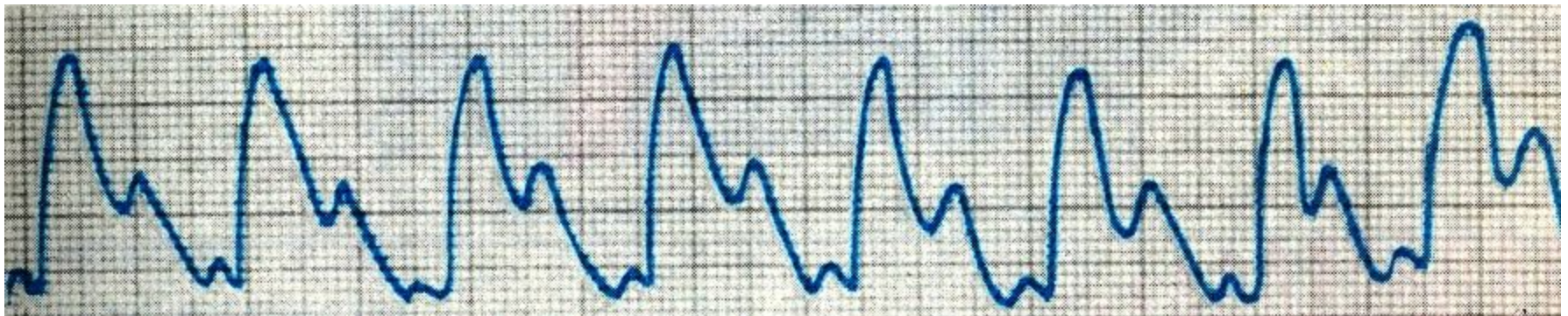
# Реография

Схема регистрации реограммы.

I, II, III - варианты наложения электродов



Реограмма верхней конечности



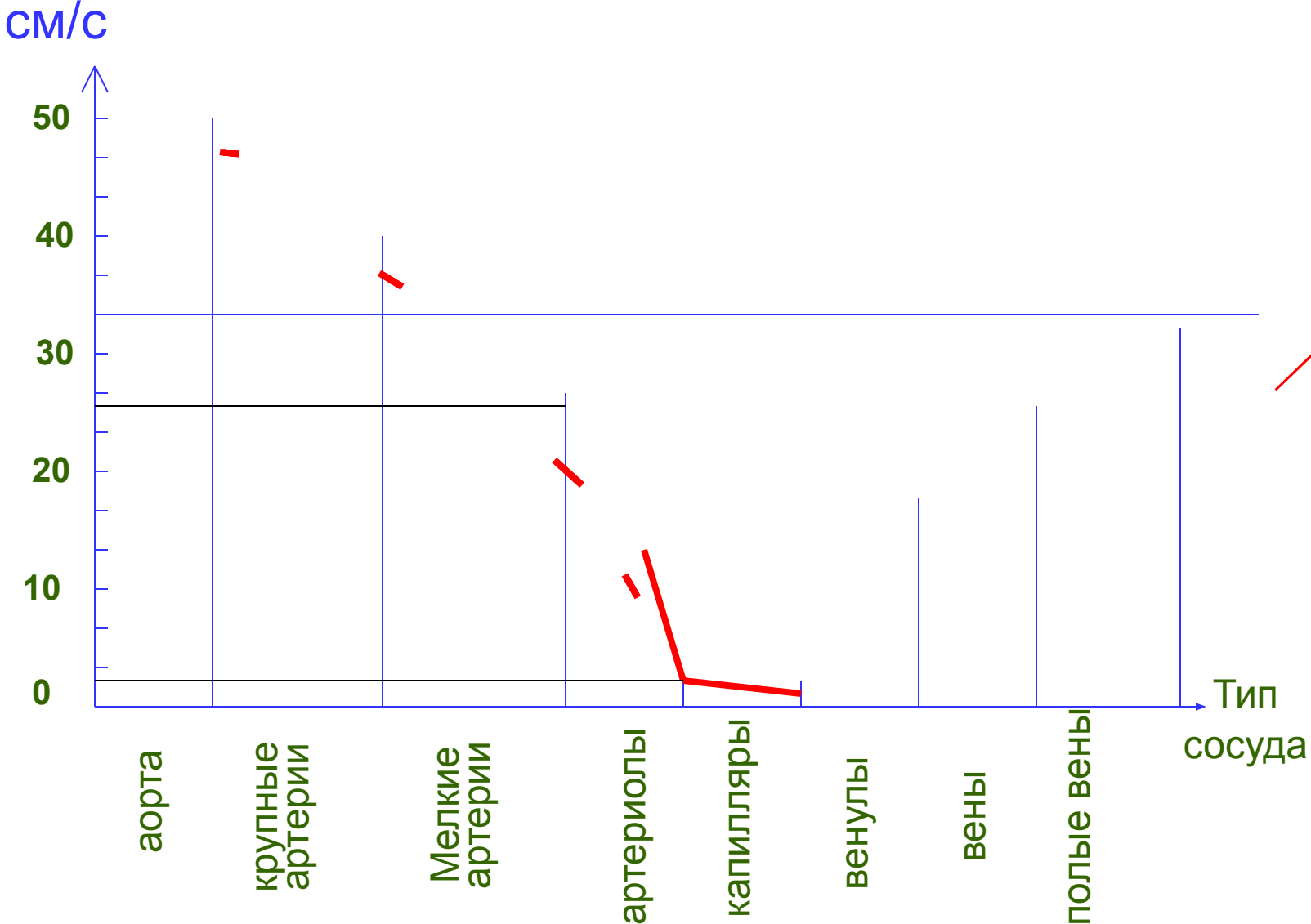


# Линейная скорость кровотока (V)

- Это путь, проходимый частицей крови в единицу времени.
- В гидродинамике  $V = Q / \pi \cdot r^2$
- Q – объемная скорость кровотока
- $\pi \cdot r^2$  – площадь суммарного поперечного сечения сосудов одного типа

- $Q$  не меняется в сосудистой системе .
- $\pi \cdot r^2$  увеличивается от аорты до МЦР, после МЦР снижается.
- Следовательно,  $V$  зависит от ширины сосудистого русла: снижается от аорты к МЦР и повышается после МЦР.

# Изменение линейной скорости кровотока в различных частях сосудистой системы



# Определение линейной скорости кровотока

- В практической медицине измеряют время полного кругооборота крови.
- При ЧСС = 75 в минуту время кругооборота составляет 23 секунды или 27 систол.
- Для определения времени кругооборота крови вещество с известным действием вводят в вену.
- Регистрируют время от введения до появления характерного эффекта.

# Изменение $V$ в сосудистом русле

