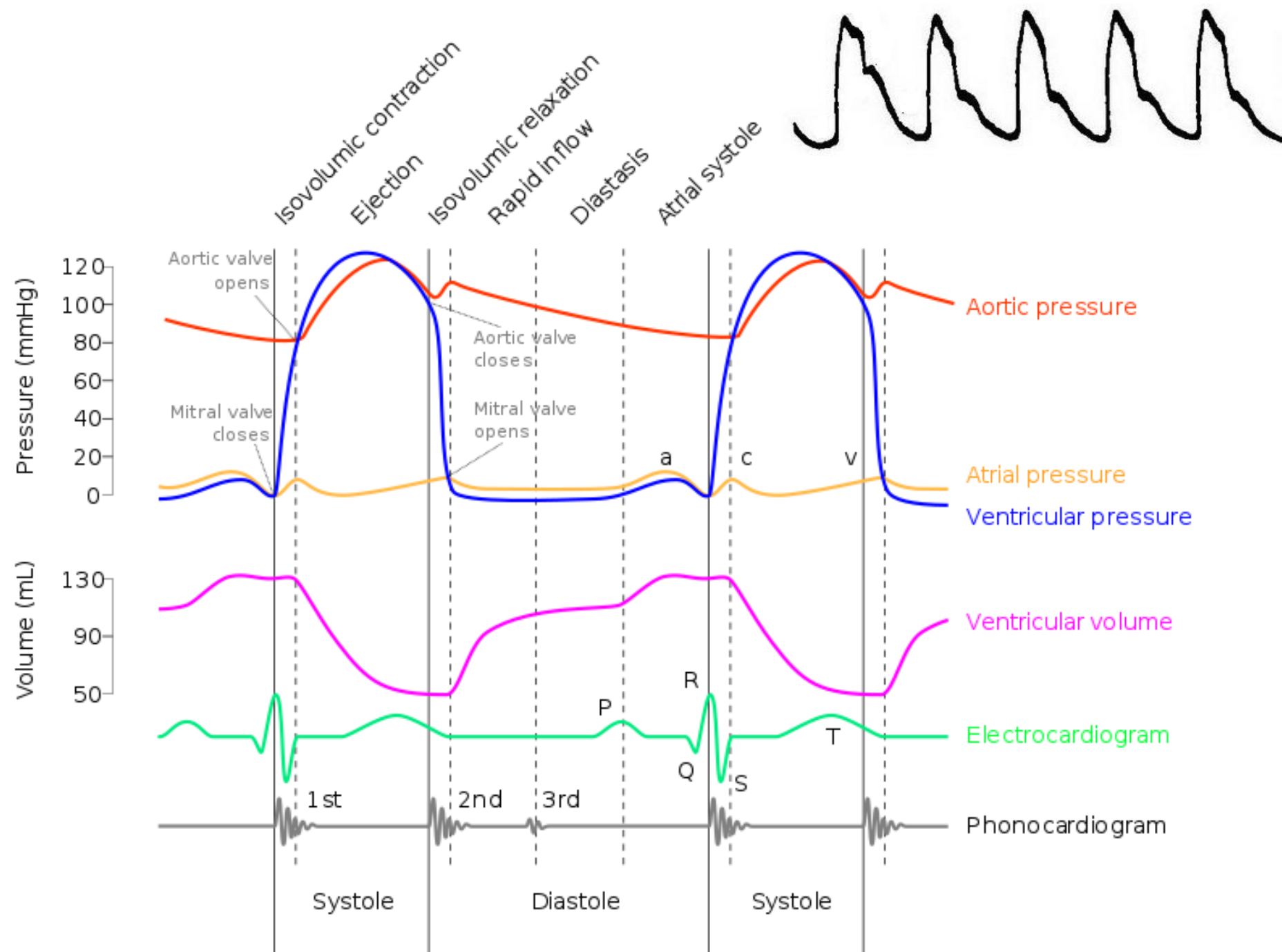
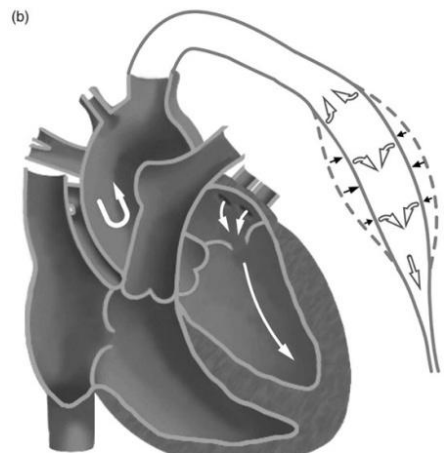
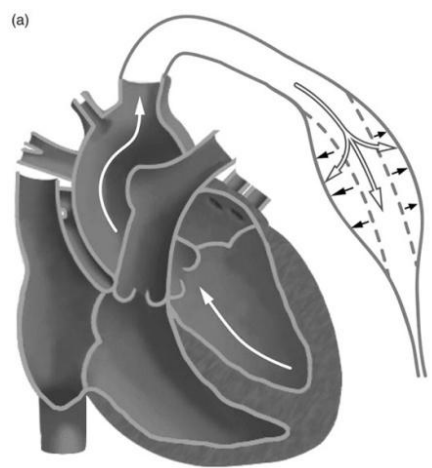
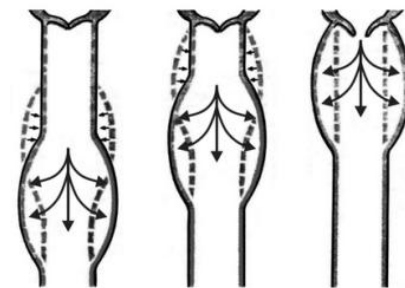
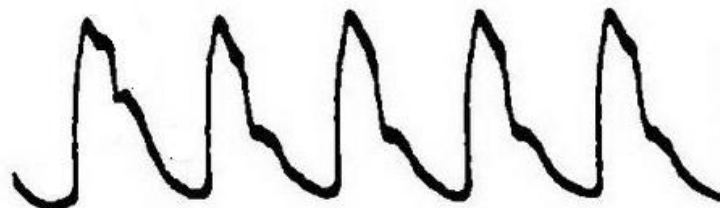


Лекция 11. Артериальный пульс.  
Механизм возникновения пульсовой волны.  
Венный пульс. Анализ сфигмо- и флебограммы.





Кинетическая энергия сокращающегося миокарда тратится не только на изгнание крови из желудочков, но и на преодоление сопротивления сосудов оттоку крови. Кровь, находящаяся в аорте испытывает действие двух сил противоположного направления: силы со стороны сокращающегося миокарда, и силы сопротивления оттоку крови. В результате АД крови в аорте быстро увеличивается, что сопровождается растяжением эластических волокон стенки аорты и крупных артерий, увеличением их просвета и ёмкости.



- При систоле желудочков кровь попадая в дугу аорты (амортизирующий сосуд) под высоким давлением вызывает колебания стенок сосуда – которые распространяются по сосудистой стенке на периферию сосудистой системы. Это волны изменения артериального давления первого порядка (К. Ludvig 1847 год).

- Существуют другие ритмические изменения АД с периодом колебаний больших, чем пульсовые волны - **дыхательные волны Траубе–Геринга** (1869) или **волны второго порядка**. Они обусловлены разной величиной возврата крови к сердцу во время дыхания — к концу вдоха давление крови повышается в связи с увеличением венозного притока крови к сердцу вследствие присасывающего действия грудной клетки, к концу выдоха давление крови снижается.

- Спонтанные колебания АД, с частотой более низкой, чем частота дыхания, называются майеровскими волнами (1876) – **волны третьего порядка**. У человека частота этих волн соответствует 0,1 Гц. Считается, что эти волны синхронны с колебаниями электрической активности симпатических нервов, и введение альфа-адреноблокаторов значительно уменьшает амплитуду этих волн.

# СФИГМОГРАММА

Артериальный пульс (пульсовая волна)- ритмические колебания стенки артерии (волна деформации стенок сосудов), возникающие при соударении крови в систолу о стенки сосуда (и сопровождающая её волна повышенного давления в сосудах).

Анакрота – момент повышения давления в проксимальном участке аорты;

Катакрота – снижение артериального давления в конце систолы.

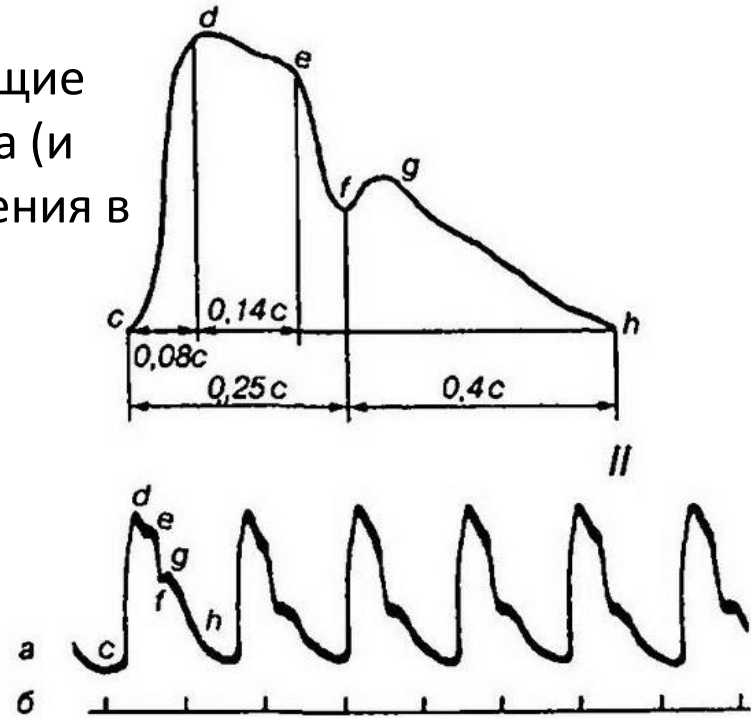
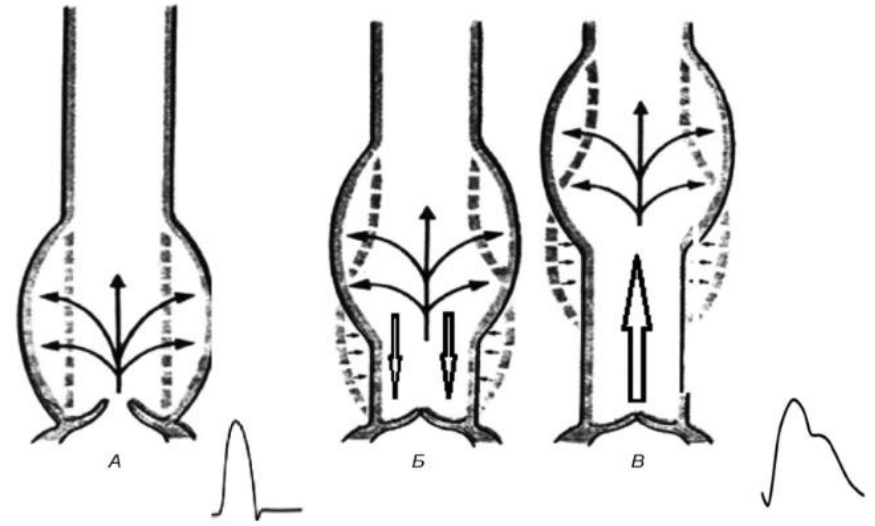
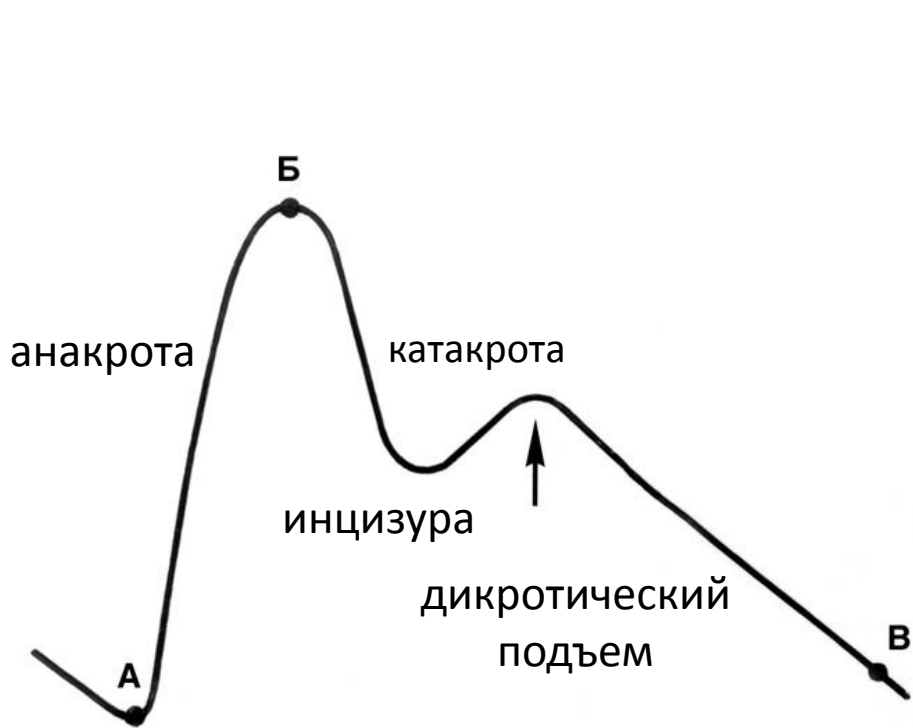


Рис. 15. Сфигмограмма  
(по В.А.Зарубину):

*I* – схема сфигмограммы;  
*cd* – анакрота; *de* – систолическое плато; *gh* – катакрота; *f* – инцизура;  
*g* – диастолический зубец; *II* – запись пульса на сонной артерии: *a* – запись пульса; *б* – отметка времени с ценой деления 0,7 с



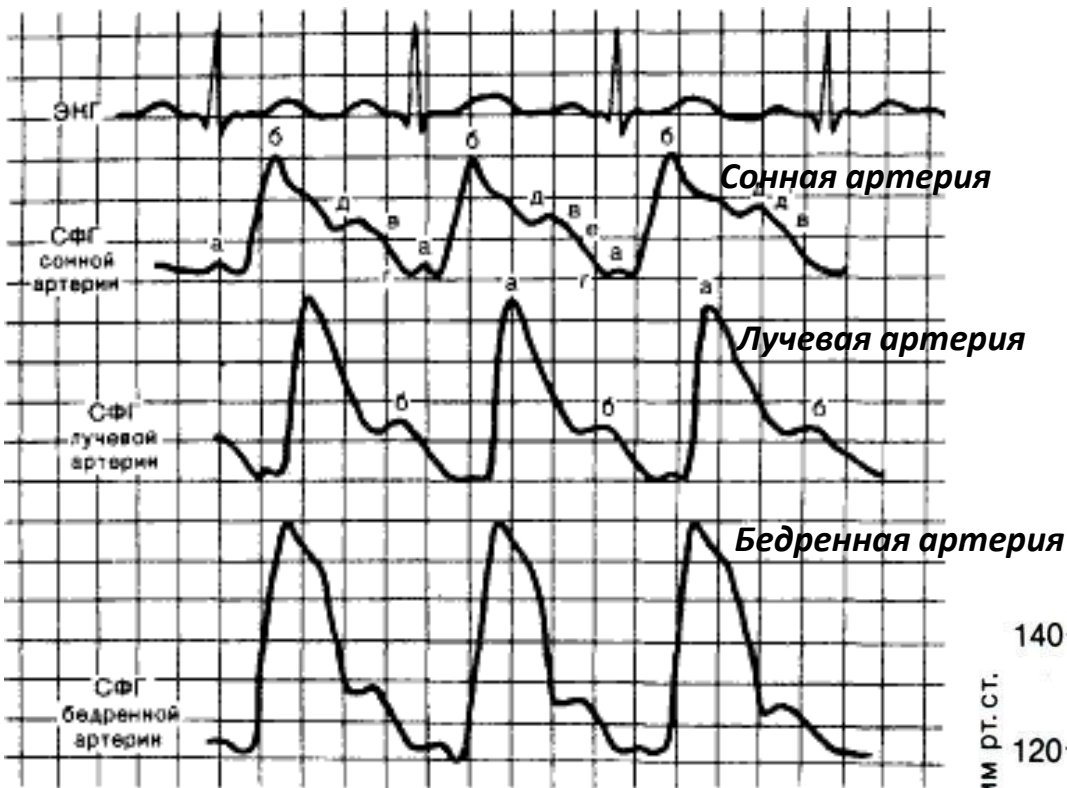
Дикротический подъём – повышение давления при восстановлении просвета аорты в конце систолы.

Скорость распространения пульса в аорте и артериях эластического типа 5.5-8 м/с, 6-12 м/с в артериях мышечного типа.

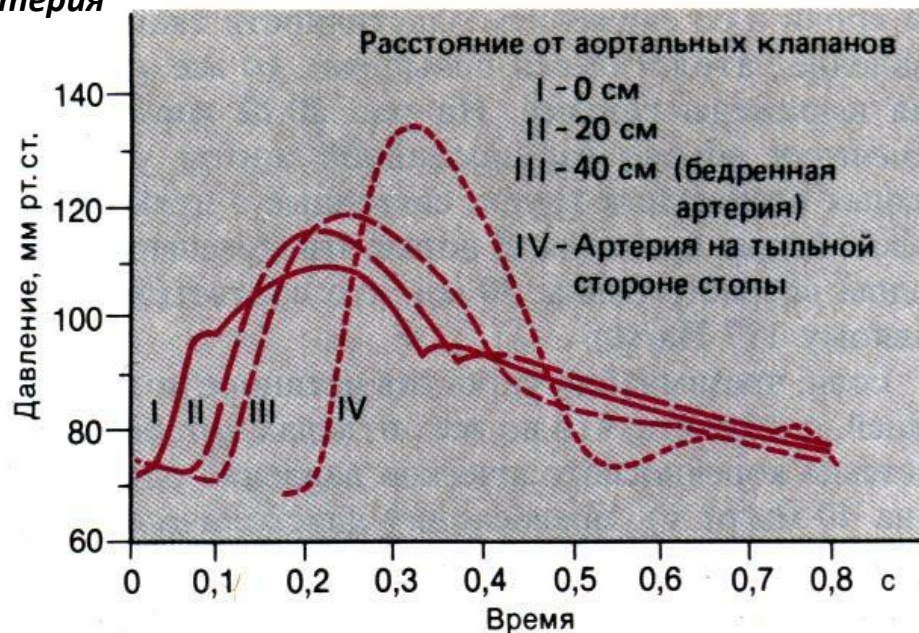
Скорость пульса не связана со скоростью тока крови.

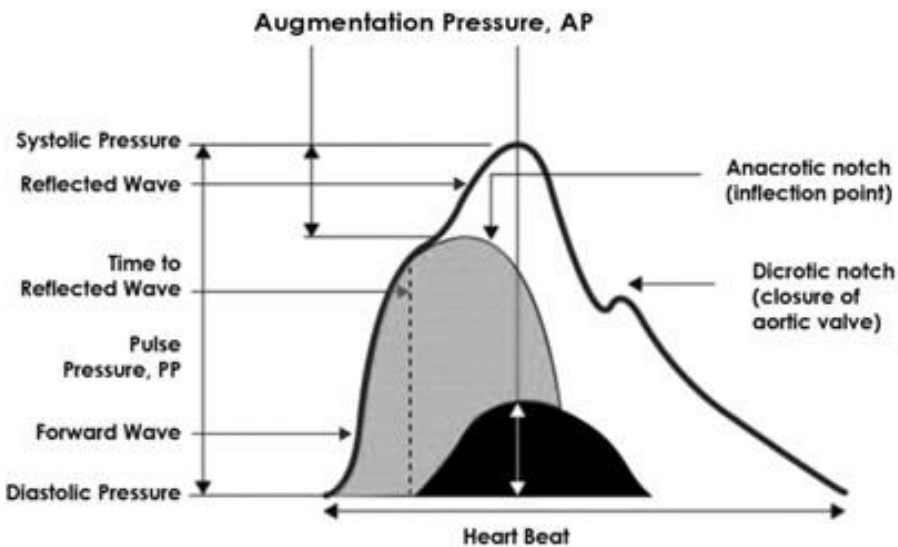
**С уменьшением эластичности стенки (повышением тонуса ГМК) и с повышением артериального давления, V распространения пульсовых колебаний увеличивается, а их амплитуда, при прочих равных условиях, уменьшается.**

Изменение формы СФГ в разных сосудистых бассейнах, связано с феноменом отражения пульсовых волн в местах повышенного волнового сопротивления сосудистой стенки (места бифуркации сосуда).

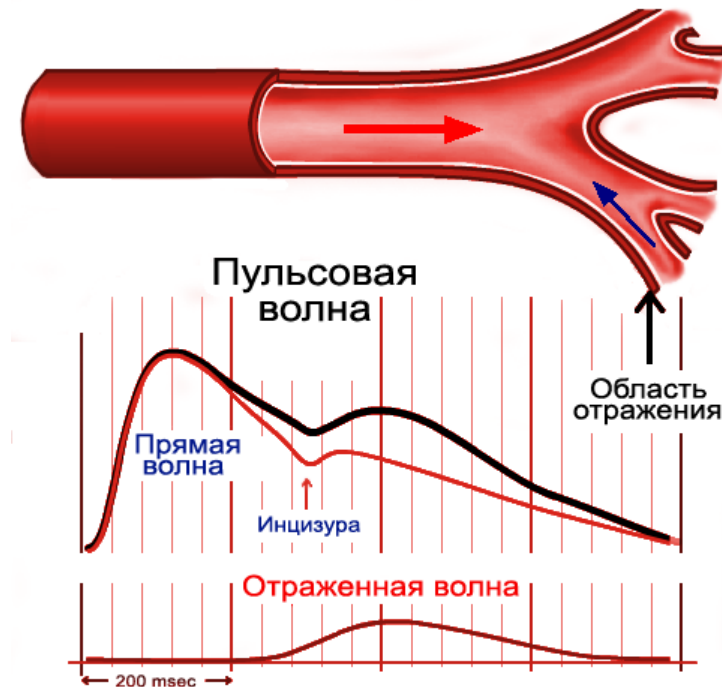


Подколенная артерия, височная артерия,  
артерия тыла стопы



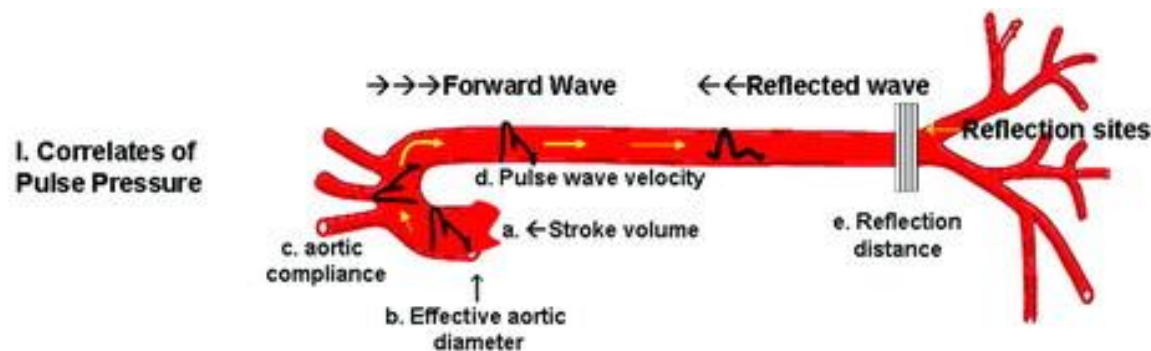


**Рис. 1.** Факторы, влияющие на формирование пульсовой волны, и различия центральной и периферической пульсовых волн

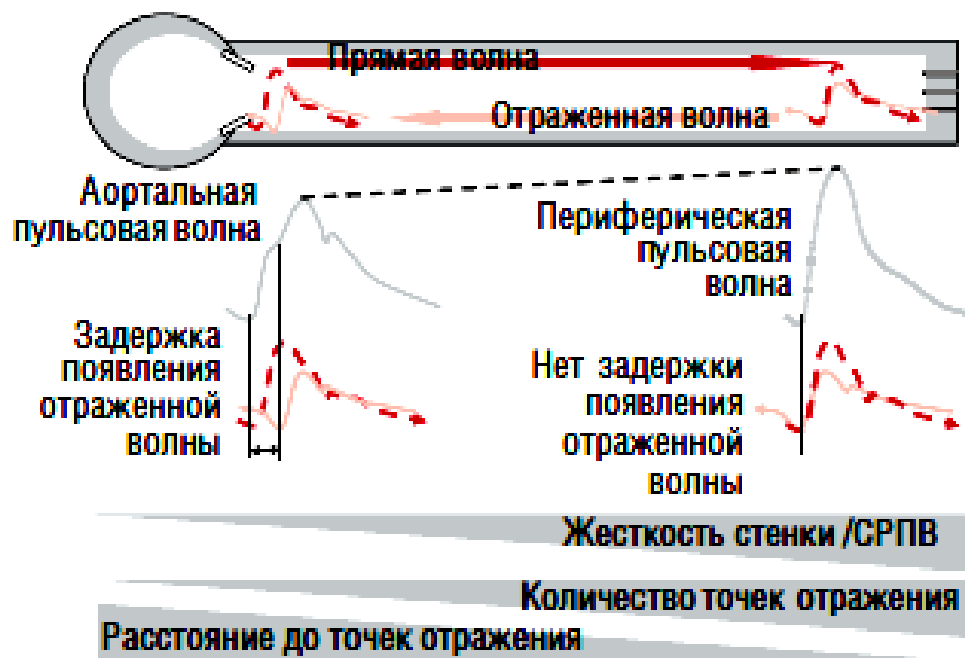


Пульсовая волна является суммой **ударной (прямой) волны** и **волны (обратной) отражения**. Т.о. на амплитуду пульсовой волны может влиять изменение амплитуд этих 2 составляющих, а также время появления отраженной волны.

Амплитуда **волны отражения** зависит от близости и количества точек отражения. **Отраженная волна возвращается в аорту в диастолу и поддерживает  $Ad_{диаст}$  в аорте на уровне, необходимом для обеспечения коронарного кровотока.**



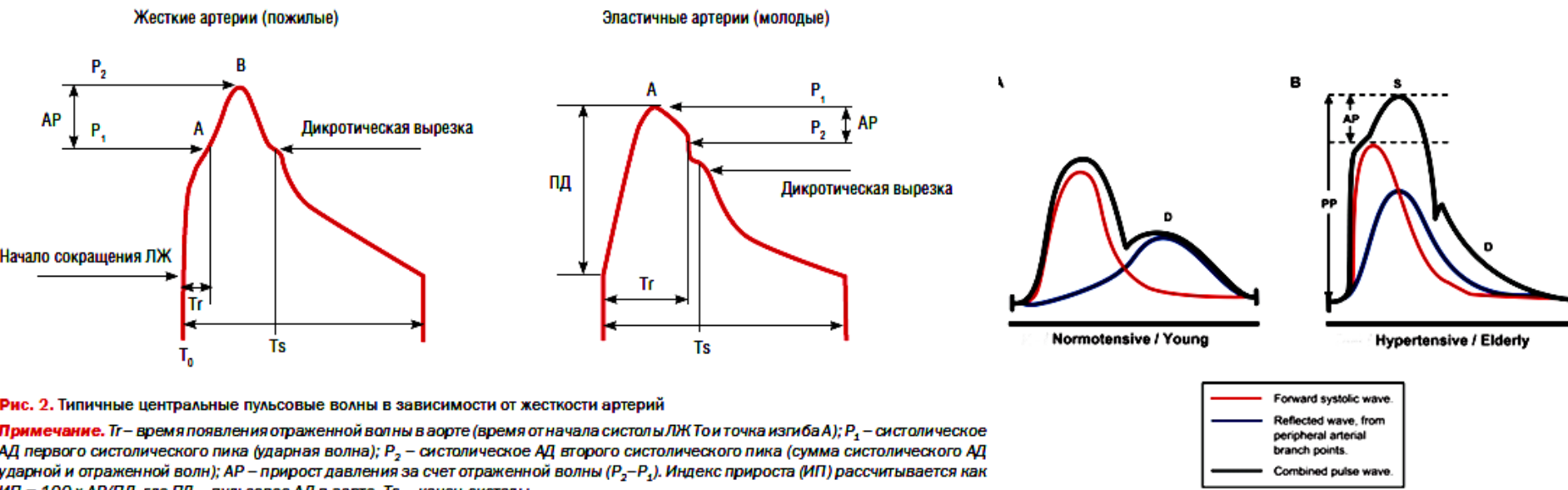
Естественное увеличение жесткости сосуда по мере удаления от сердца, большое количество и близость точек отражения (точки бифуркации) приводят к более высокой амплитуде пульсовой волны в периферических артериях по сравнению с центральными - амплификацией. Амплификации подвергаются  $АД_{сис}$  и  $АД_{пул}$ , в то время как  $АД_{ср}$  и  $АД_{диас}$  остаются относительно постоянными на протяжении артериального русла. Физиологическое значение амплификации пульсовой волны состоит в препятствии угасанию центральной (ударной - прямой) волны и обеспечении адекватного систолического АД для перфузии периферических органов и тканей.



**Рис. 1.** Факторы, влияющие на формирование пульсовой волны, и различия центральной и периферической пульсовых волн

**Вазоконстрикция артерий и артериол приводит к сближению точек отражения и более раннему появлению отраженной волны в аорте.**

**Повышение жесткости артерий приводит к увеличению скорости распространения ударной (прямой) пульсовой волны и более раннему ее отражению. Скорость возврата отраженной волны также увеличивается. В результате волна отражения появляется в систолу, а не в диастолу, происходит наложение волны отражения на новую ударную волну.**



**Рис. 2.** Типичные центральные пульсовые волны в зависимости от жесткости артерий

**Примечание.**  $T_r$  – время появления отраженной волны в аорте (время от начала систолы ЛЖ  $T_0$  и точка изгиба А);  $P_1$  – систолическое АД первого систолического пика (ударная волна);  $P_2$  – систолическое АД второго систолического пика (сумма систолического АД ударной и отраженной волн);  $AP$  – прирост давления за счет отраженной волны ( $P_2 - P_1$ ). Индекс прироста (ИП) рассчитывается как  $ИП = 100 \times AP / ПД$ , где  $ПД$  – пульсовое АД в аорте,  $T_s$  – конец систолы.

Количественно этот прирост АД за счет раннего появления волны отражения характеризуется индексом прироста (индекс аугментации), определяемого как различие между вторым и первым систолическими пиками, выраженное в процентах по отношению к пульсовому АД в аорте.

# Параметры пульса

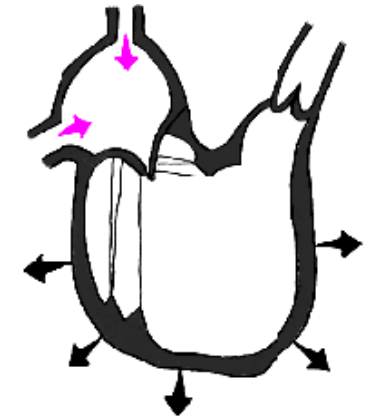
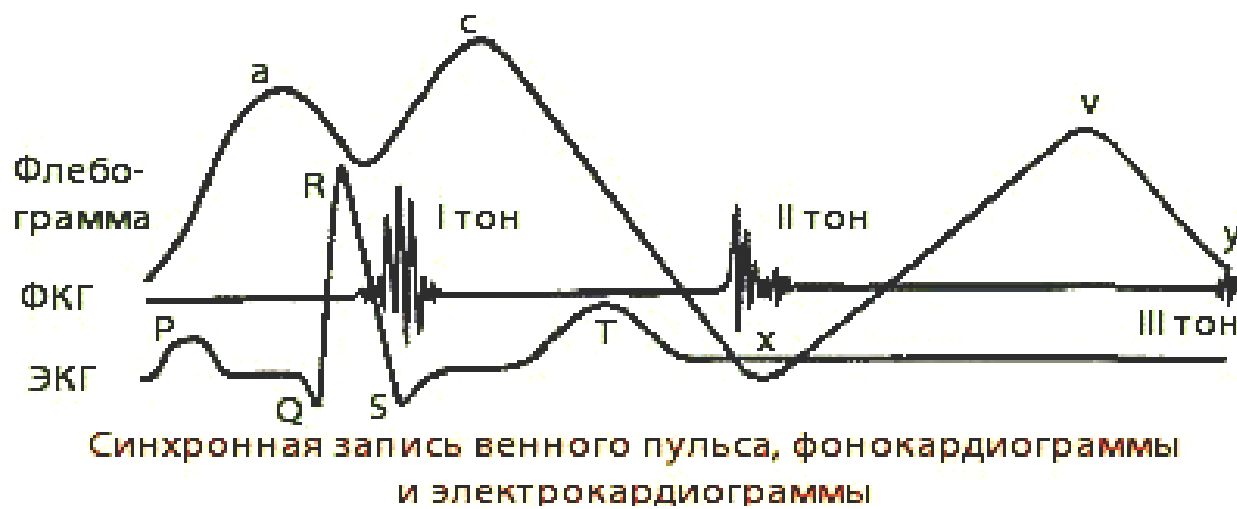
- **Частота** - *нормо- тахи- и брадикардия*. Брадикардия тренированности и возрастная тахикардия. Дефицитный пульс.
- **РИТМ** - *ритмичный - аритмичный* - нарушение сердечного
  - ритма. Дыхательная аритмия – учащение при вдохе, урежение при выдохе.
- **Напряженность** - зависит главным образом от среднего артериального давления (величина усилия необходимого для пережатия сосуда до исчезновения пульса ниже места окклюзии сосуда). *Мягкий* пульс или *твердый* (напряженный).
- **Наполняемость** - отражает степень наполнения сосуда кровью обусловленное ударным объемом в систолу, общим объемом циркулирующей крови и ее распределением в сосудистой системе. *Полный* и *пустой* пульс.
- **Величина** (высота или амплитуда) – зависит от степени расширения артерий в систолу и спадения в диастолу – зависит от наполнения пульса, величины колебания давления в систолу и диастолу, эластичности сосудов. *Большой* пульс или *высокий* – увеличение ударного объема, большое колебание давления в артериях и снижение тонуса сосудистой стенки.

## -Величина (высота или амплитуда) – *Малый*

пульс – снижение ударного объёма, малая амплитуда колебаний артериального давления и повышение тонуса сосудистой стенки. В норме пульс **равномерный**. При нарушении сердечного ритма пульс становится **неравномерным – разной высоты-амплитуды**.

-**Форма** – зависит от скорости изменения давления в артериальной системе в течение систолы и диастолы. Быстрый рост давления в систолу и быстрый спад в диастолу – **скорый** пульс чаще бывает так же высоким. **Медленный** пульс.

-**Скорость** - в аорте 4-6м/с, в мелких артериях до 12м/с. Зависит от соотношения диаметра к толщине стенки резистивных сосудов и эластичности сосудов эластического типа. Измерение этого параметра является общепринятым, неинвазивным и воспроизводимым методом определения жесткости артериальной стенки. Это один из простых методов оценки кальцификации сердечно-сосудистой системы, наряду с рентгенографией брюшной полости и визуализацией сердца и крупных артерий.

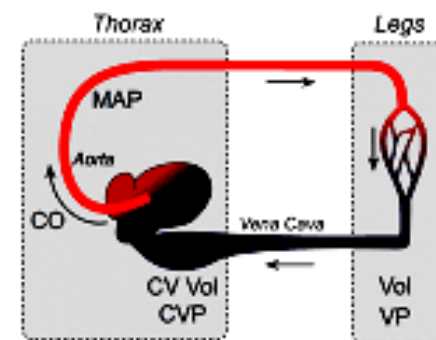


Венный пульс (флебограмма) – колебания давления в венах расположенных около правого предсердия.

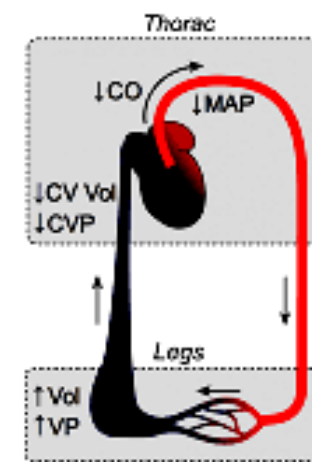
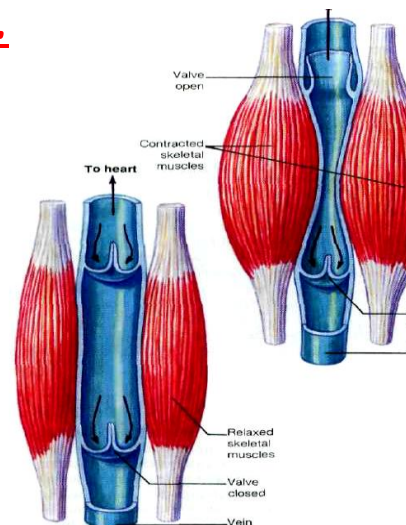
- а** – пресистолическая волна при систоле правого предсердия.
- с** – смещение трехстворчатого клапана вверх в полость предсердия при повышении давления в правом желудочке во время его изоволюмитрического сокращения.
- х** - спад обусловлен расслаблением предсердия и смещением трехстворчатого клапана вниз во время систолы в сторону желудочка – период изгнания.
- v** – повышение давления при закрытом трехстворчатом клапане в результате наполнения правого предсердия и затруднения оттока крови из вен.
- y** – спад, трехстворчатый клапан открывается и давление в правом предсердии падает. Происходит быстрое опорожнение вен, и начинается пассивное наполнение правого желудочка в диастолу сердца.

# Факторы, обеспечивающие движение крови по венам (венозный возврат).

- **Остаточная движущая сила систолы.**
- **Клапаны вен (нижние конечности)**
- **Мышечный насос** – сокращение скелетных мышц; экстравазкулярное сжатие сосуда.
- **Дыхательный насос** – во время вдоха уменьшается давление в венах грудной клетки и увеличивается – в брюшной полости, это способствует притоку крови в сердце.
- **Присасывающее действие правого предсердия в диастолу.**

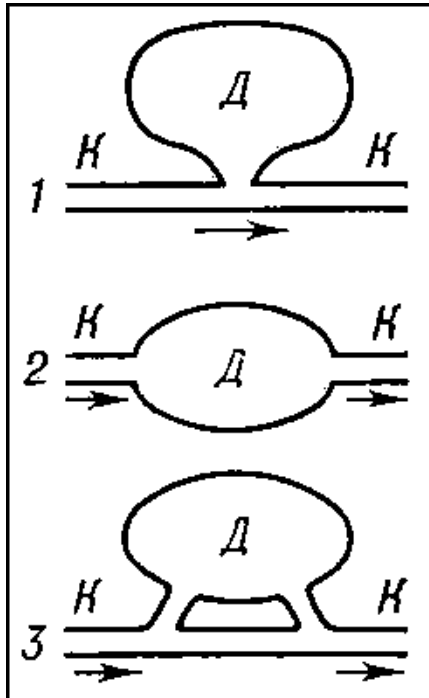


Supine



Standing

# “Депозит” крови (более 50% крови).



селезенка / 500 мл / («хранилище» эритроцитов, больше 1/5 от их общего количества) .

сосуды печени / более 1л.

сосуды кожи / более 1л.

Быстро мобилизуемый объем “депонированной” крови ( $400+200=600$  мл)  
– крупные (шире чем сосуды системного круга кровообращения) сосуды легких.

Правая внутренняя яремная вена наиболее удобна для определения ЦВД, так как кровяной столб между нею и правым предсердием почти прямой. В качестве ориентира используют угол грудины: центр правого предсердия находится примерно на 5 см ниже него. Наклон головного конца кровати устанавливают такой, чтобы пульсация шейных вен была видна лучше всего. Определяют расстояние по вертикали между верхней границей видимой пульсации и углом грудины. В норме оно меньше 3 см (ЦВД = 3 см + 5 см = 8 см вод. ст.). Основная причина повышения ЦВД - высокое диастолическое давление в правом желудочке.

