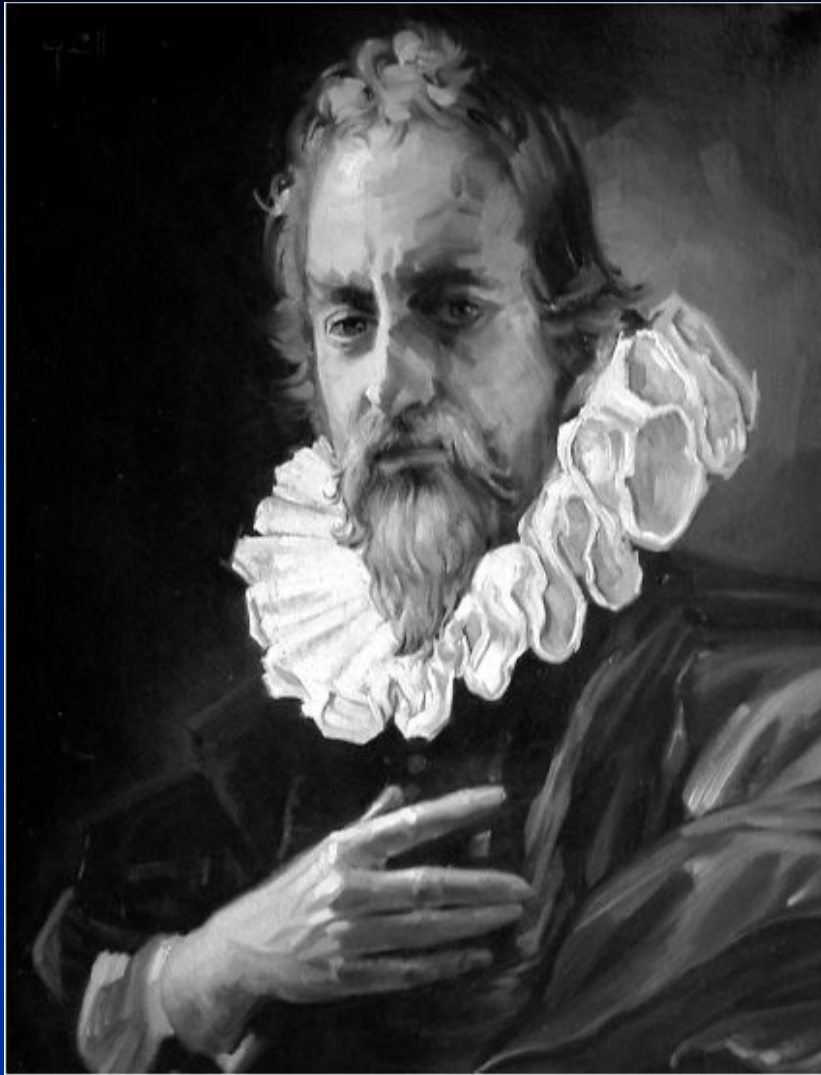


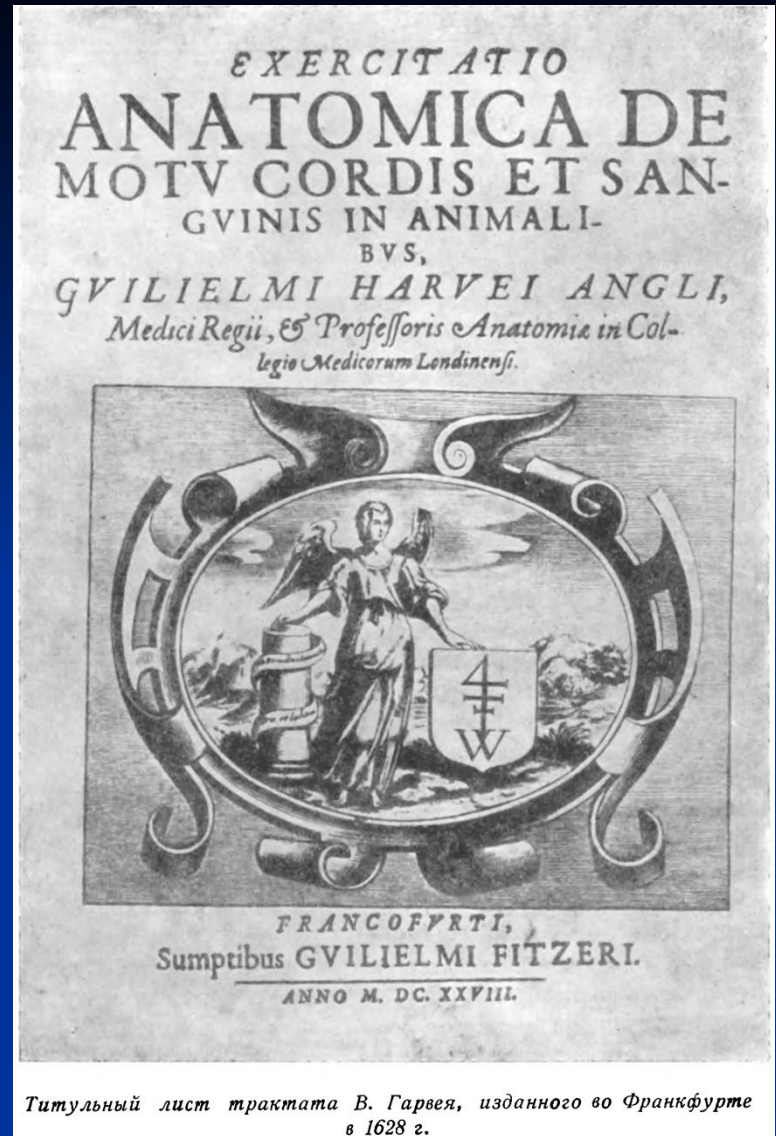
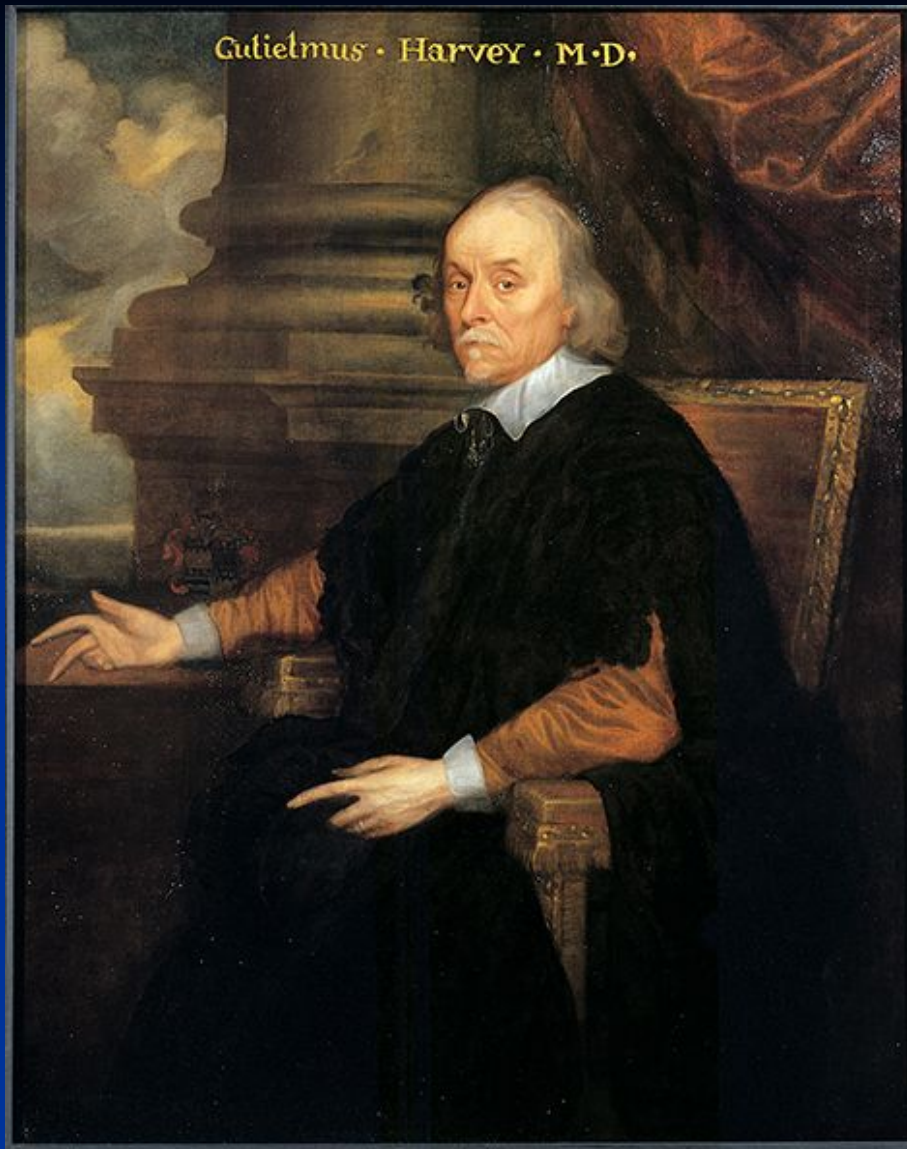
Показатели системной гемодинамики

Лекция № 1



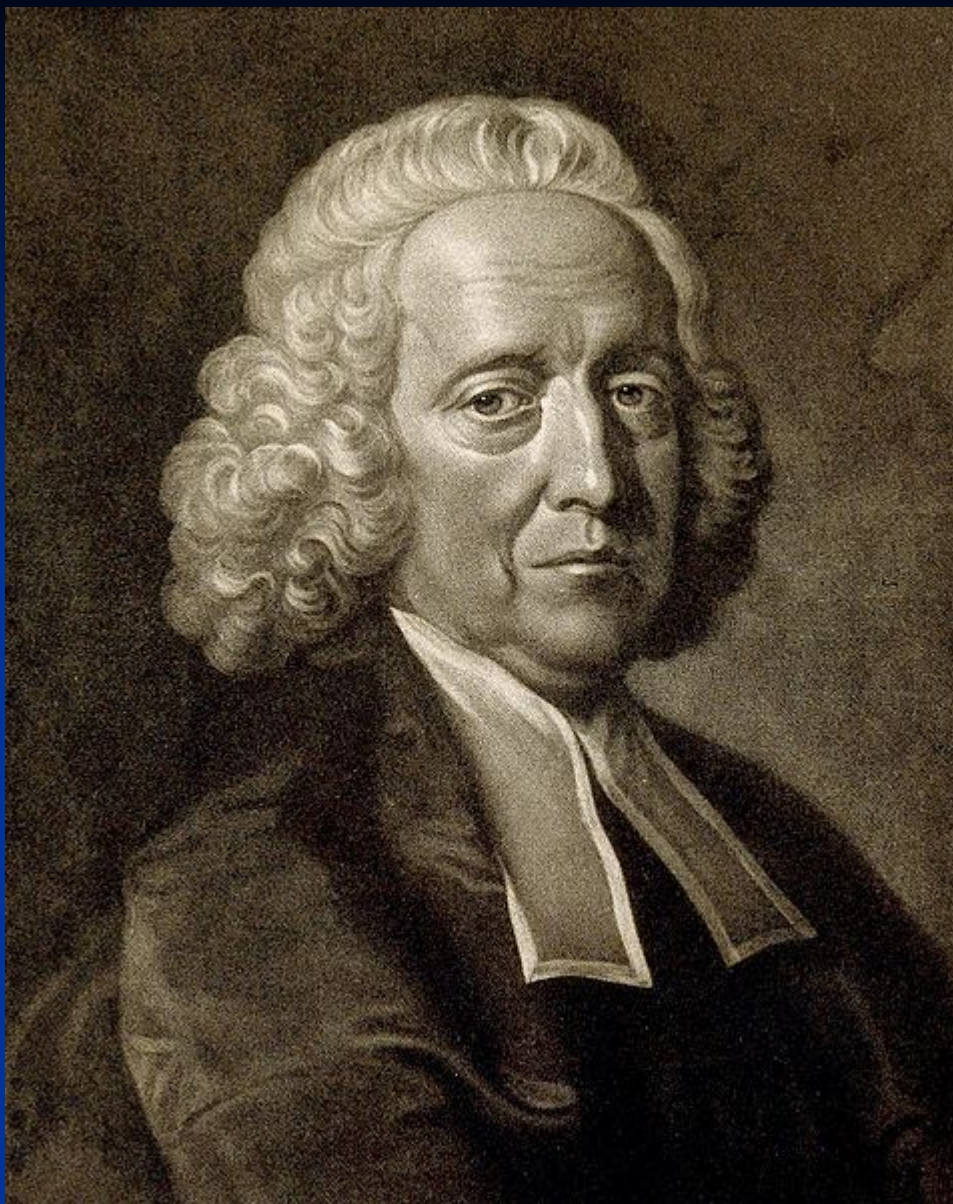
Открытие лёгочного кровообращения:

1552 год **Мигель Сервет (1511- 1553)**



Титульный лист трактата В. Гарвея, изданного во Франкфурте в 1628 г.

Открытие кровообращения: Вильям Гарвей
«Анатомическое исследование о движении
сердца и крови животных» (1628 г.)

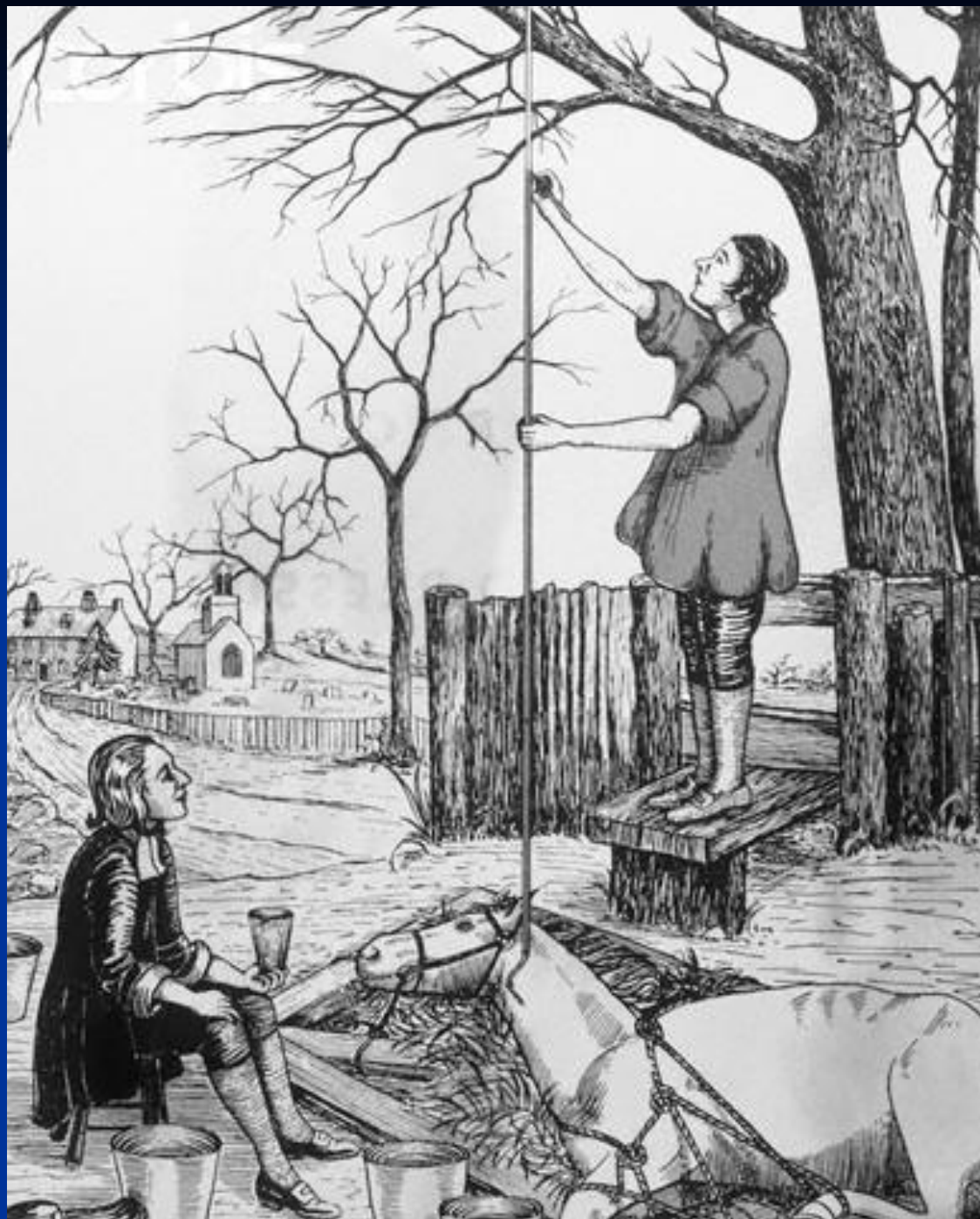


1733 г.

Измерение
артериального
давления

у лошади прямым
методом

Стефан Хейлс (Stephen Hales) (1677 - 1761)



Опыт Стефана Хейлса

Измерение
артериального
давления
у лошади
прямым
методом

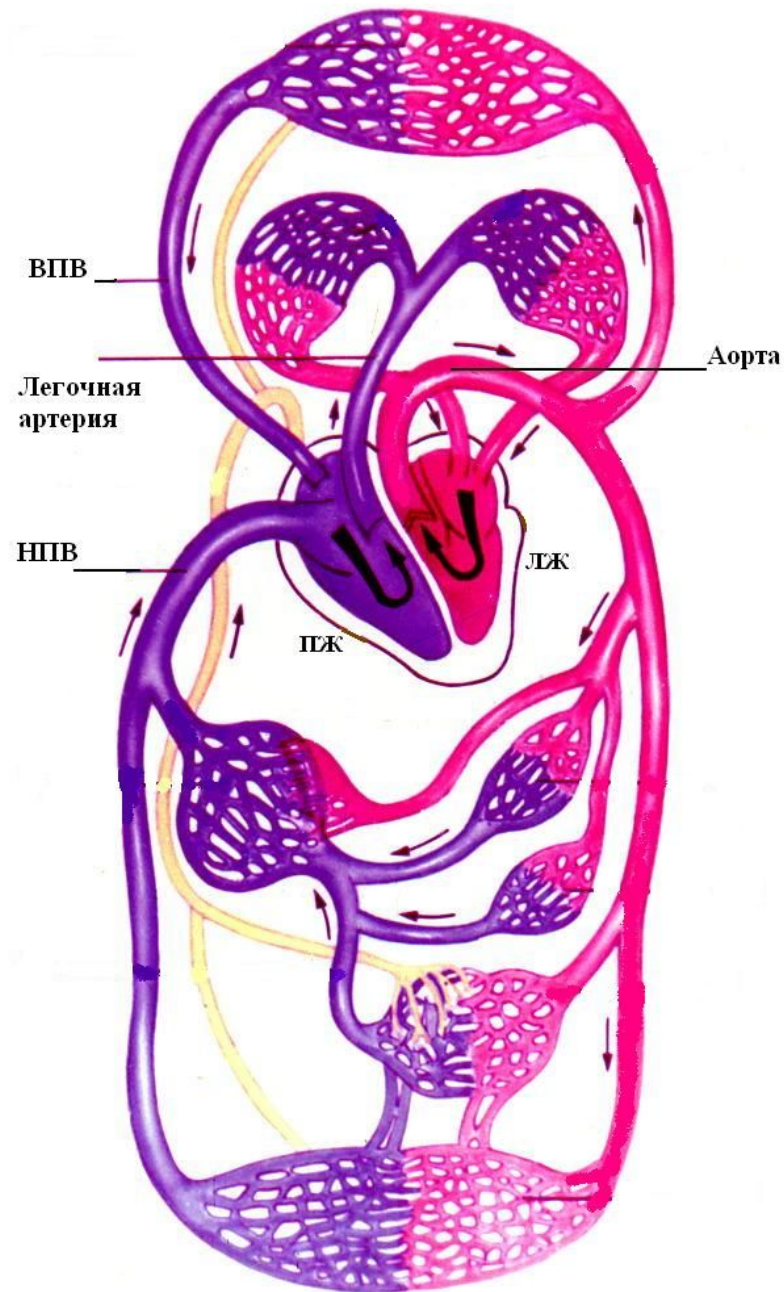
Сердечно-сосудистая система обеспечивает:

1) **движение крови** по сосудам,
собственно кровообращение;

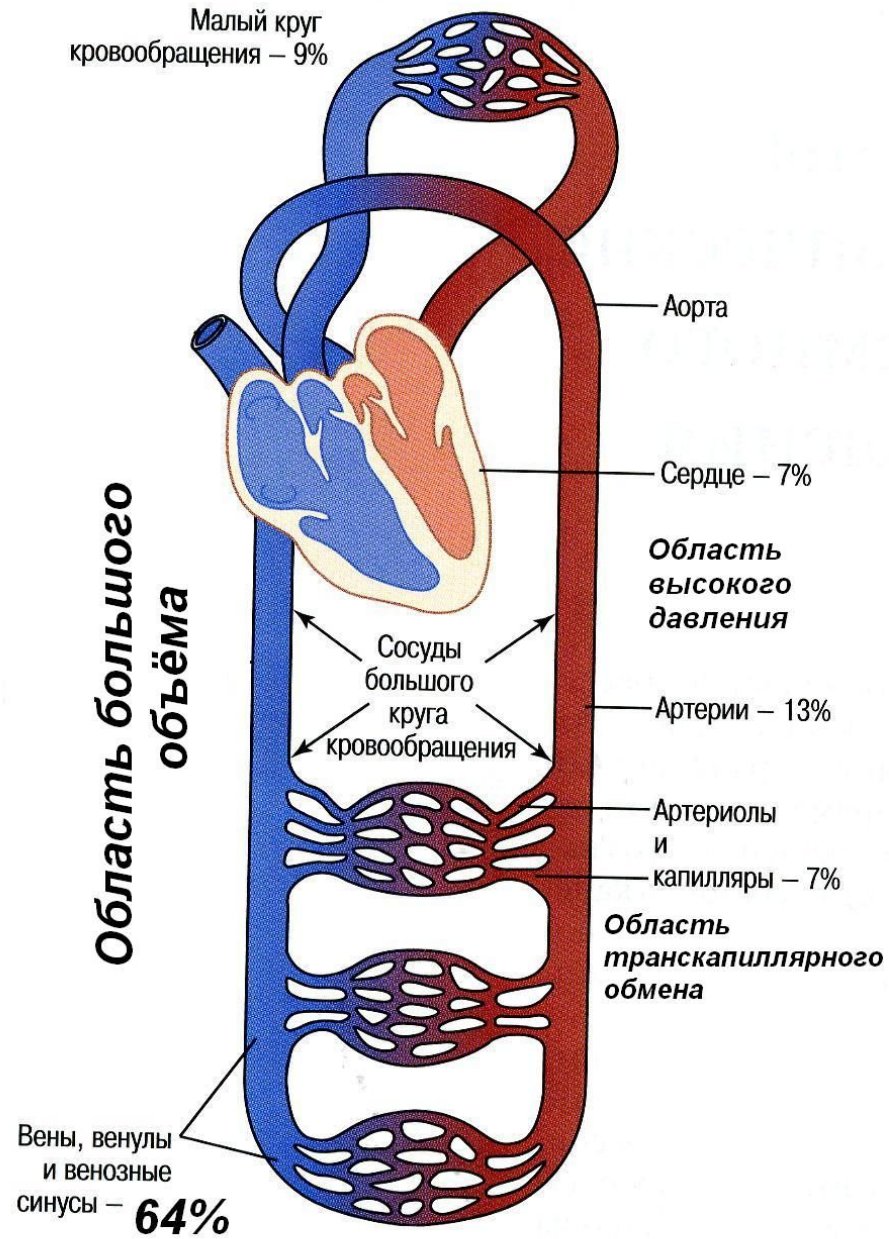
2) **перераспределение крови**

по органам в случае изменения
функциональных потребностей организма
(например, при физической нагрузке или
пищеварении);

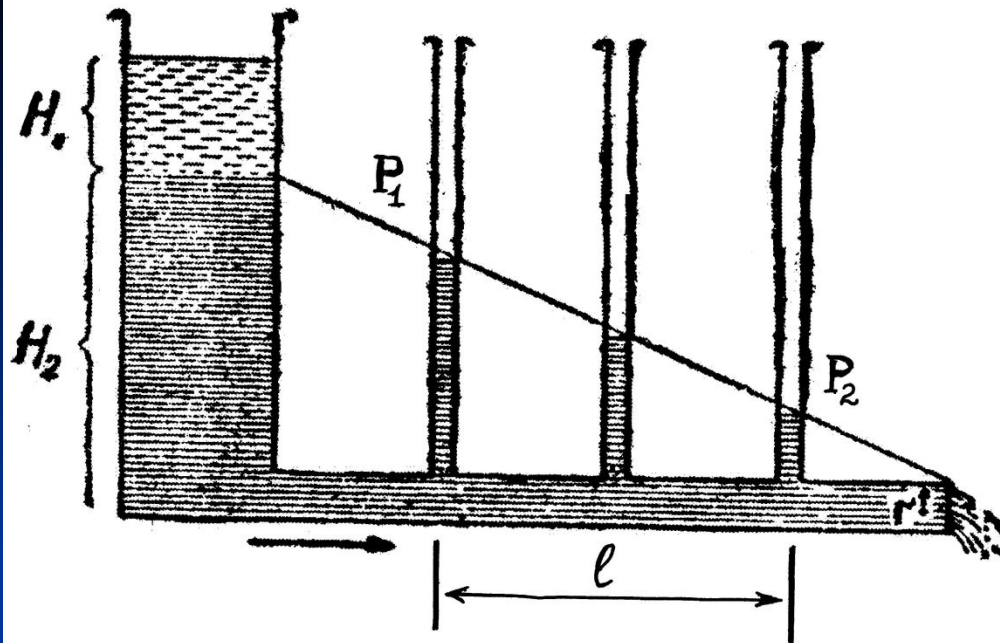
3) **транскапиллярный обмен** питательных
веществ, газов и жидкостей, т.е.
нутритивный кровоток.



Анатомическая схема сердечно-сосудистой системы человека



Распределение крови (% общего объема) в различных отделах сердечно-сосудистой системы



$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R}; \quad R = \frac{8 \times l \times \eta}{\pi \times r^4}$$

Q - Объемная скорость движения жидкости, л/мин);
 R - гидравлическое сопротивление;
 l - длина, η - вязкость жидкости, r - радиус трубки;

Линейная скорость течения жидкости (V) (см/с) - это скорость движения частицы вдоль трубки за единицу времени, она равна отношению объемной скорости к площади поперечного сечения (S) трубки:

$$V = \frac{Q}{S}$$

Основные показатели системной гемодинамики:

АД – артериальное давление;

СВ – сердечный выброс;

ОПСС – общее периферическое сопротивление сосудов;

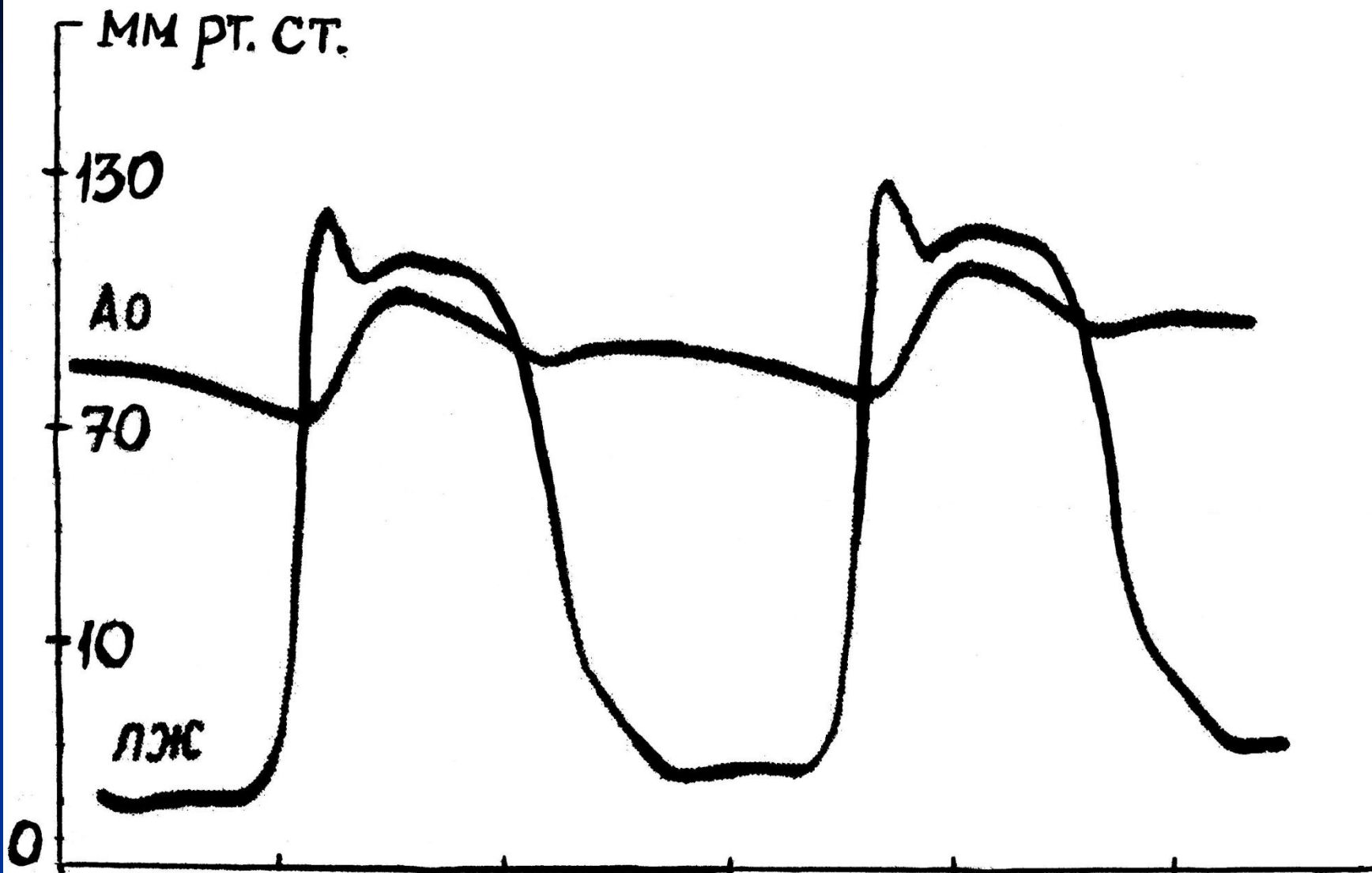
ВВ – венозный возврат крови к сердцу;

ЦВД – центральное венозное давление;

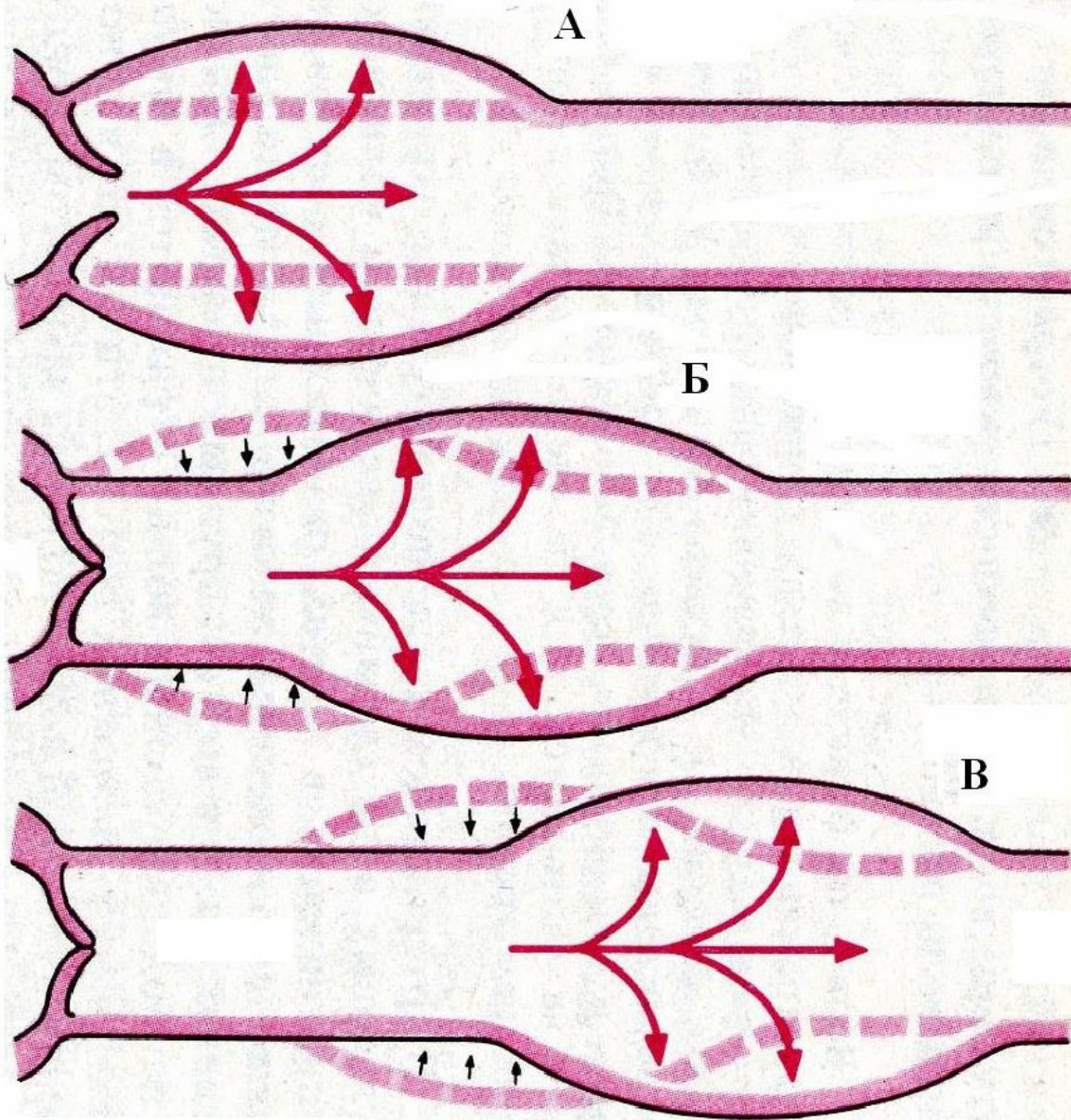
ОЦК – объём циркулирующей крови;

РЛЖ – работа левого желудочка;

ЧСС – частота сердечных сокращений.



Запись изменения давления в левом желудочке (ЛЖ) и аорте (Ао)



В период систолы сначала растягивается ближайший к сердцу участок аорты, и в нём накапливается кровь (А). Затем этот участок возвращается к исходному состоянию, при этом растягивается и накапливает кровь другой участок (Б). Далее этот процесс повторяется, распространяясь вдоль эластических артерий (В).

Факторы, влияющие на непрерывный и однонаправленный характер кровотока в артериях

- Во-первых, обратному перемещению крови в желудочек препятствуют клапаны аорты.

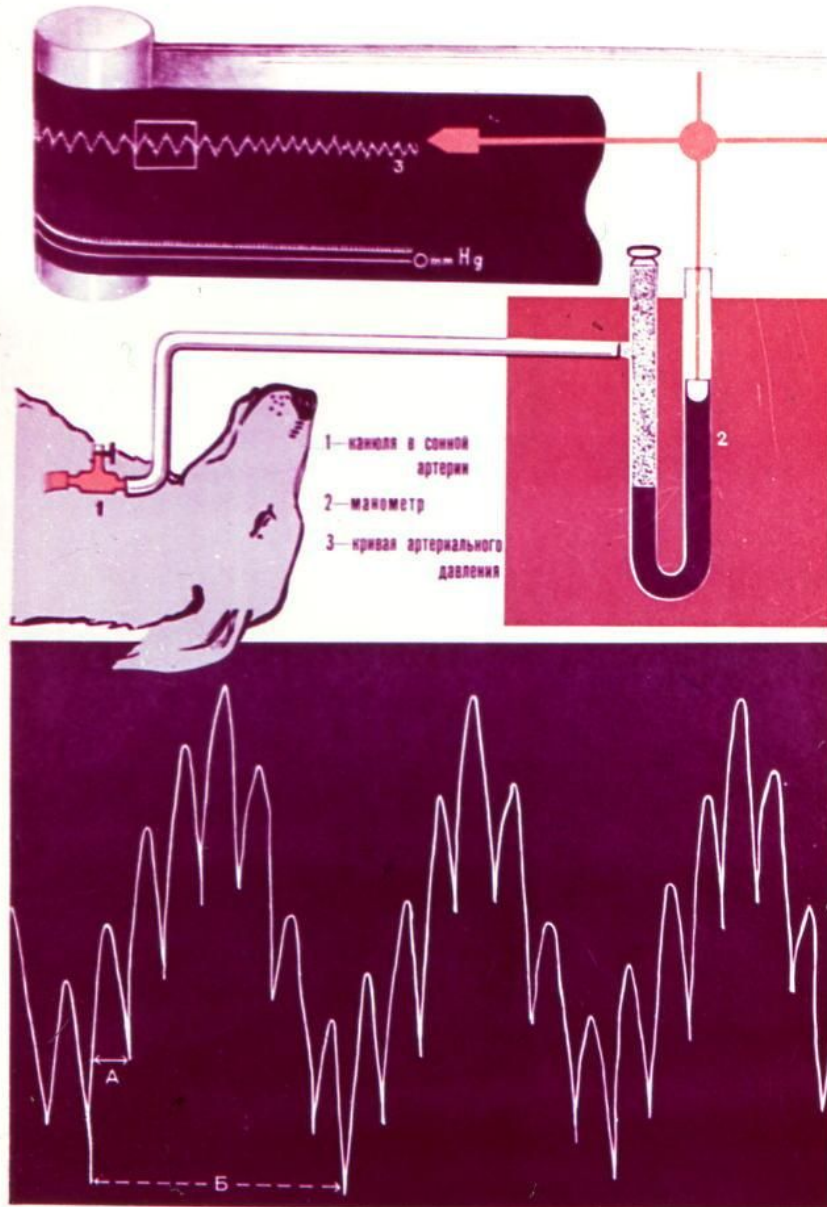
Факторы, влияющие на непрерывный и однонаправленный характер кровотока в артериях

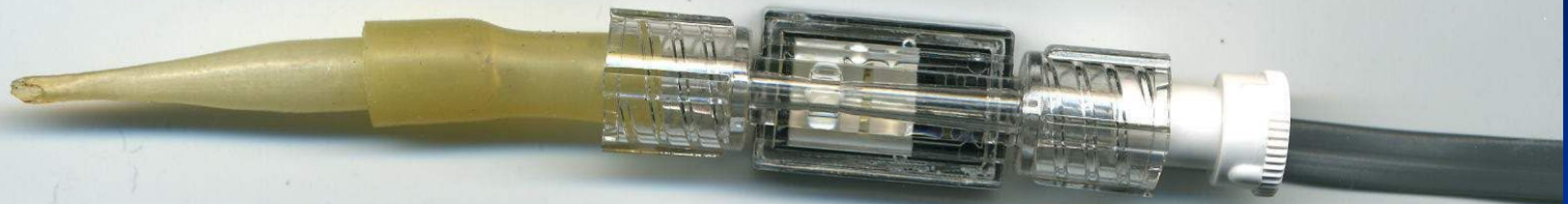
- Во-вторых, сосудистая система обладает сопротивлением, и в ней находится **большая масса крови**. Ударный объем, выброшенный сердцем, не может пройти мгновенно через все сосуды большого круга кровообращения. Поэтому **кинетическая энергия систолического объема сердца переходит в потенциальную энергию эластического, или упругого, растяжения аорты и крупных артерий**.

Факторы, влияющие на непрерывный и однонаправленный характер кровотока в артериях

- В-третьих, сосудистая система обладает эластическими свойствами. Во время диастолы эластические силы аорты и крупных артерий «давят» на кровь и обеспечивают кровоток в сосудистой системе в диастолу. Следовательно, потенциальная энергия эластического, или упругого, растяжения аорты и крупных артерий переходит в кинетическую энергию движения крови.

КРИВАЯ КРОВЯНОГО ДАВЛЕНИЯ И МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ

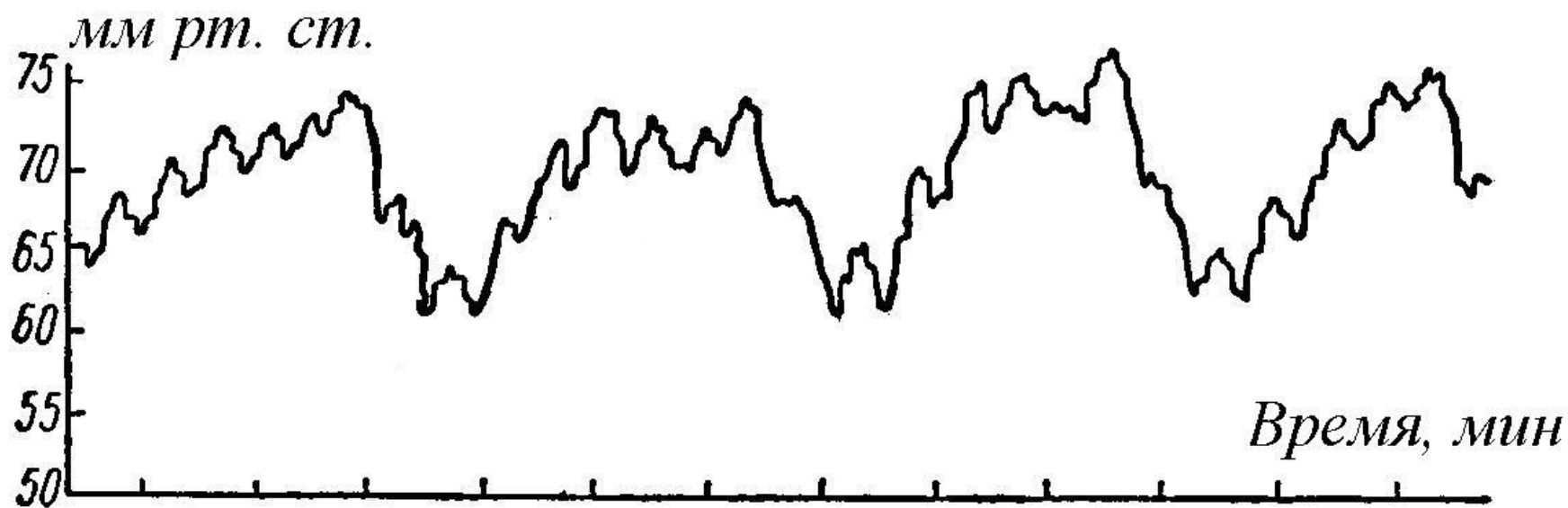




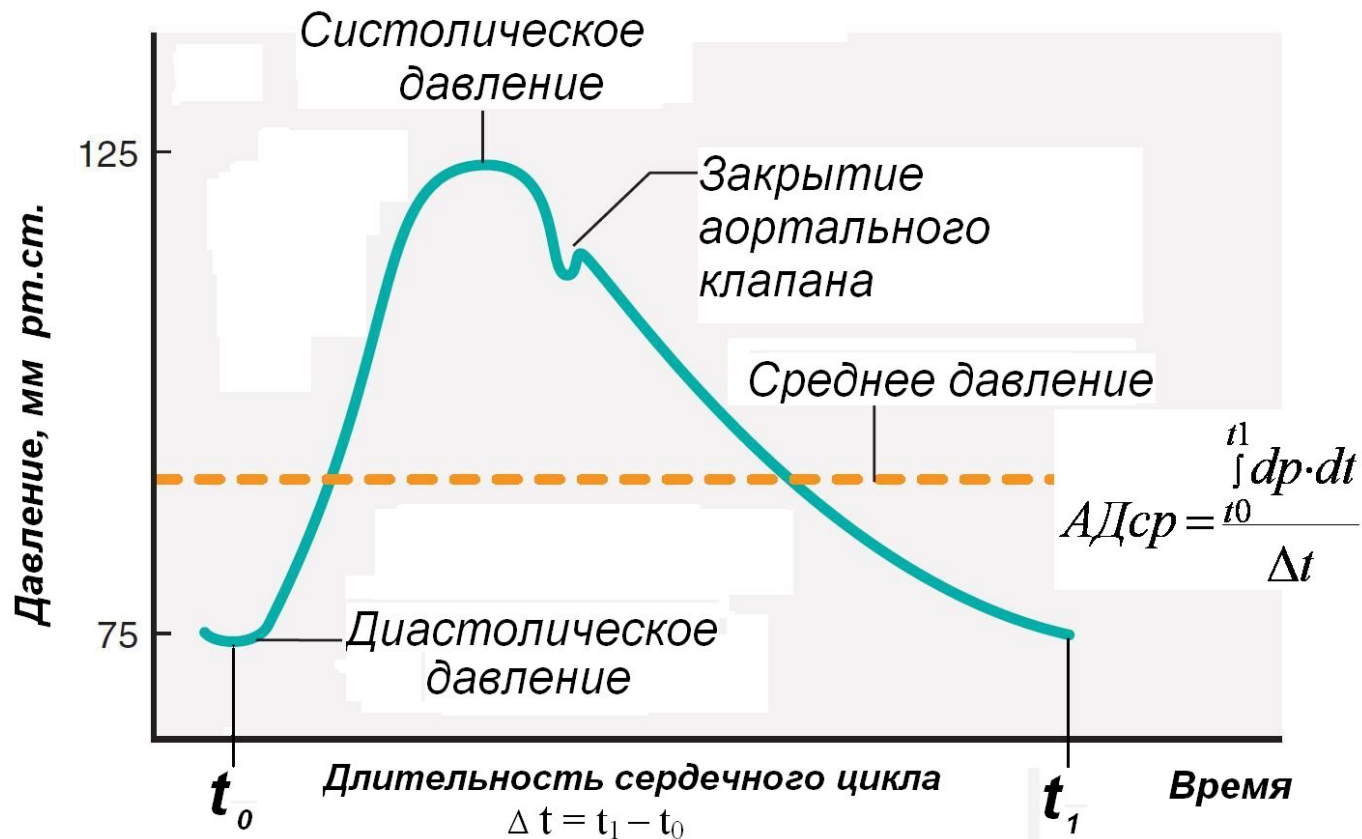
Миниатюрный датчик давления

Одновременная запись правопредсердного (ДПП) и артериального (АД) давления, измеренного электронными датчиками





Кривая кровяного давления с резко выраженными волнами третьего порядка.



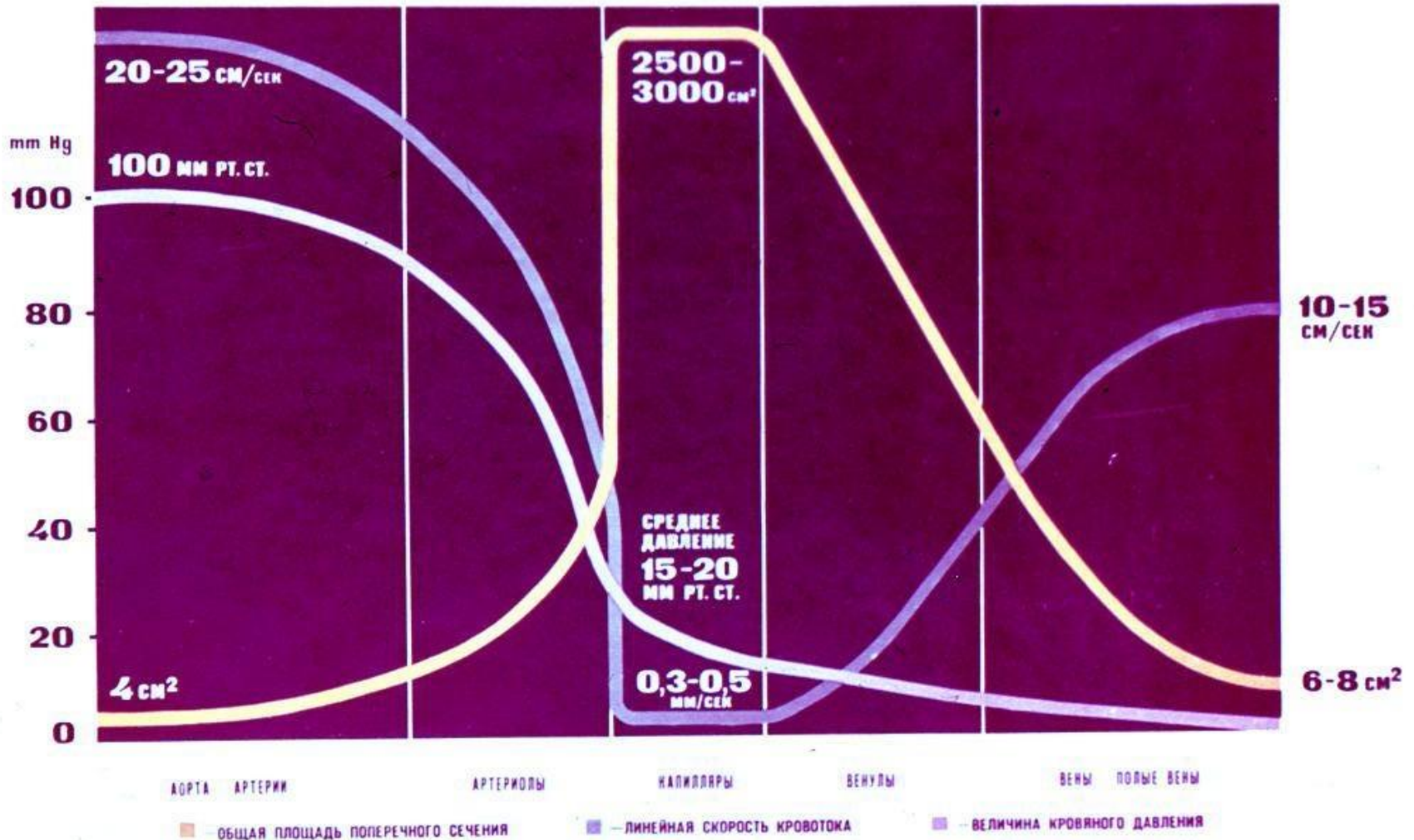
Для аорты и лёгочной артерии:

Для периферических артерий:

$$A_{Дср} = \frac{A_{Дсист.} + A_{Ддиаст.}}{2}$$

$$A_{Дср} = A_{Ддиаст.} + 1/3(A_{Дсист.} - A_{Ддиаст.})$$

ОБЩАЯ ПЛОЩАДЬ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ, СКОРОСТЬ КРОВОТОКА И ДАВЛЕНИЕ КРОВИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛАХ СОСУДИСТОГО РУСЛА

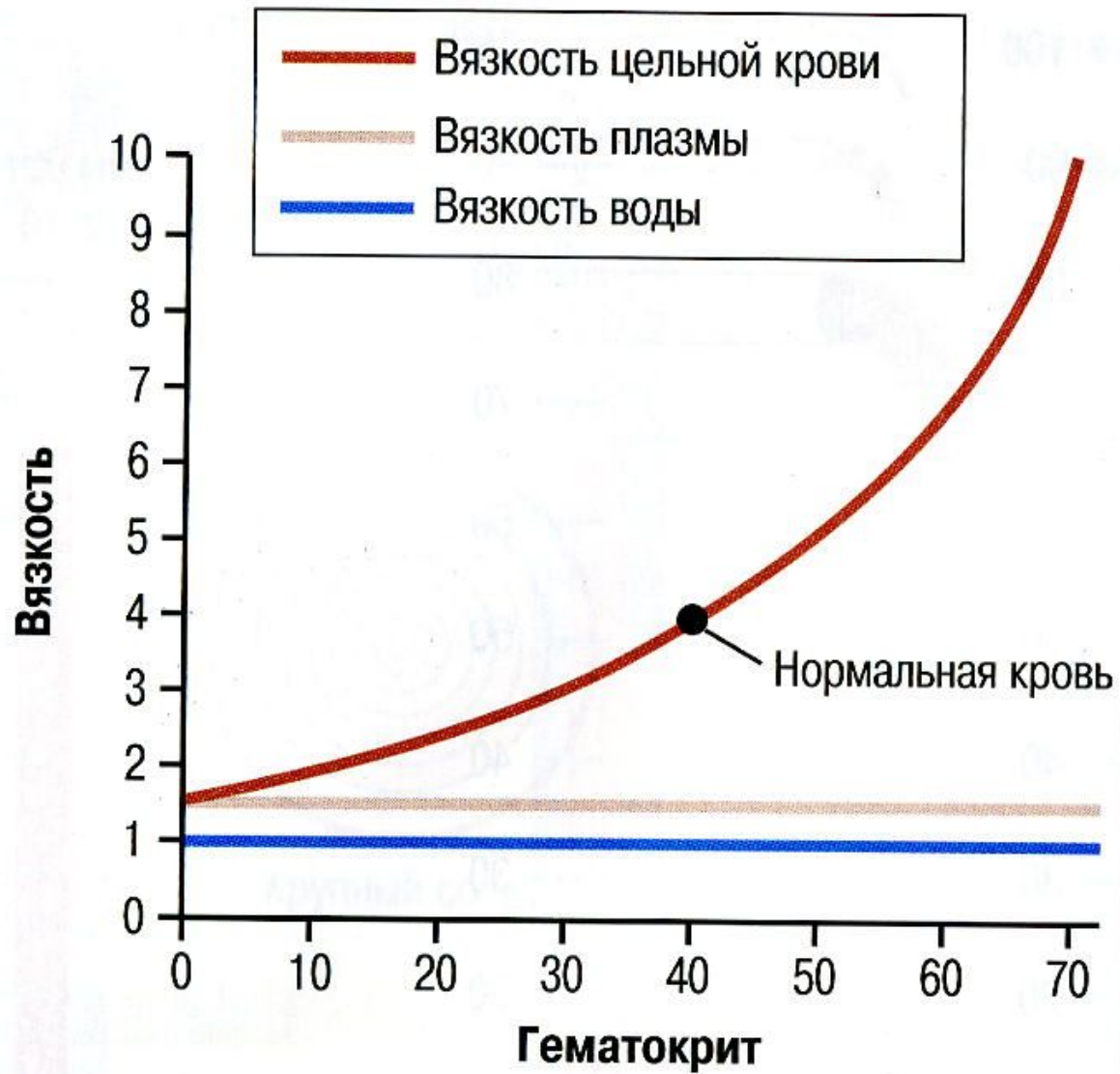


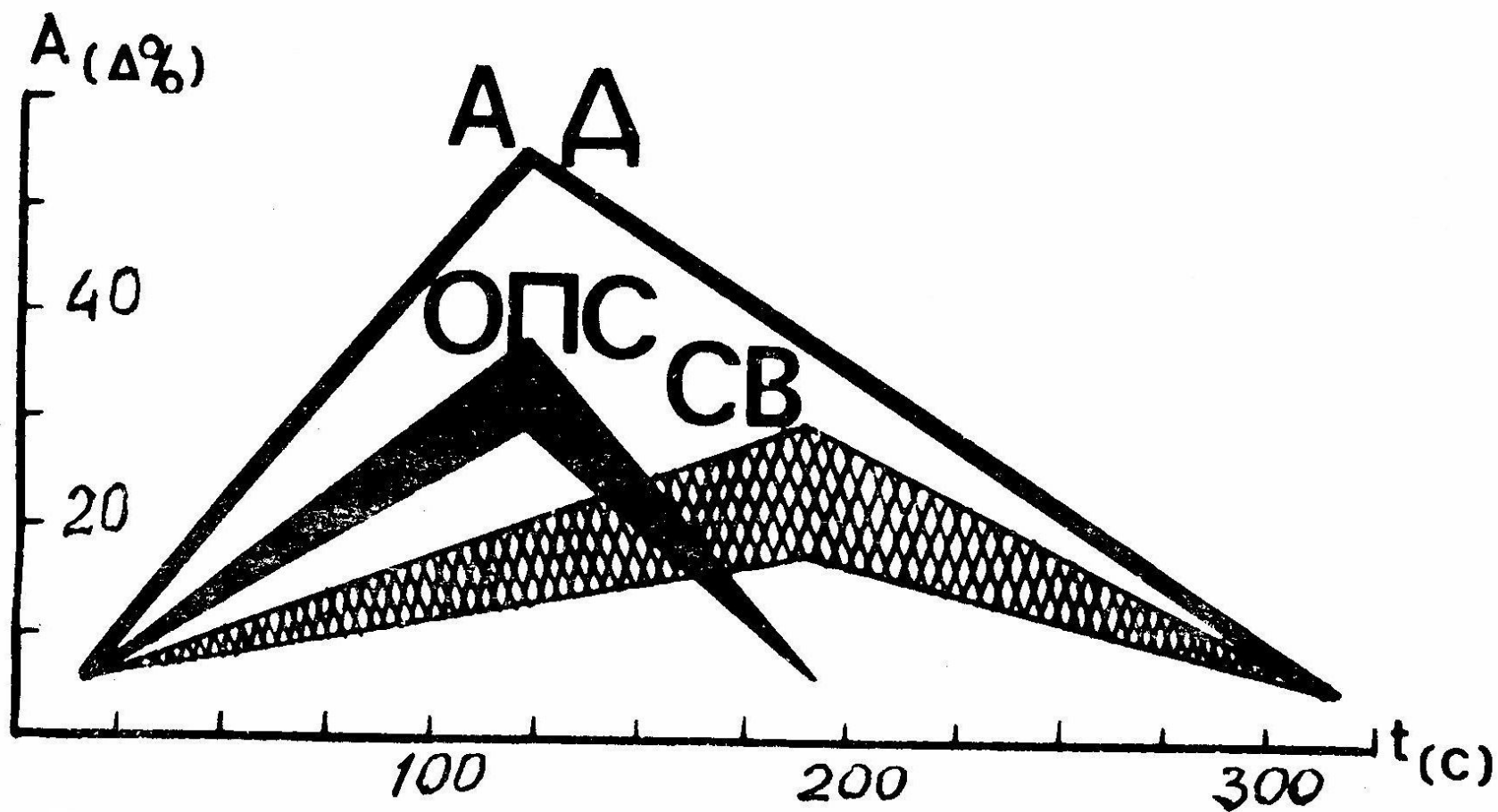
нормальные показатели лёгочной гемодинамики у взрослого человека в покое и при физической нагрузке
(По М. Гриппи «Патофизиология лёгких»)

Показатель	Состояние покоя	Физическая нагрузка
Систолическое давление в ЛА, мм рт.ст.	20-25	30-35
Диастолическое давление в ЛА, мм рт.ст.	10-12	11-14
Среднее давление в лёгочной артерии, мм рт. ст.	14 – 18	20 – 25
Кровоток в лёгочной артерии, л/мин	6	16
Лёгочное сосудистое сопротивление, $\text{дин} \times \text{с} \times \text{см}^{-5}$	60 - 120	50 - 75



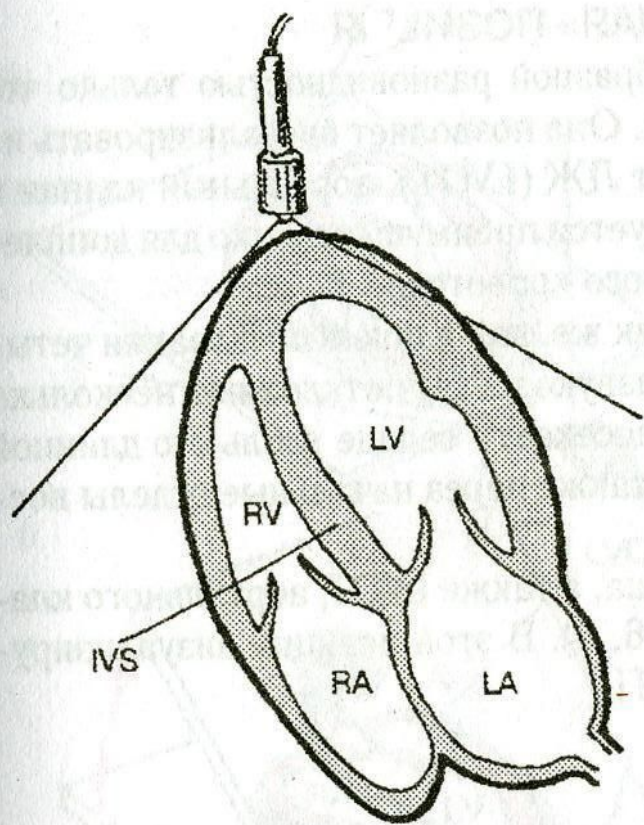
64-мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) сонных артерий. Стеноз левой внутренней сонной артерии (отмечен стрелкой)



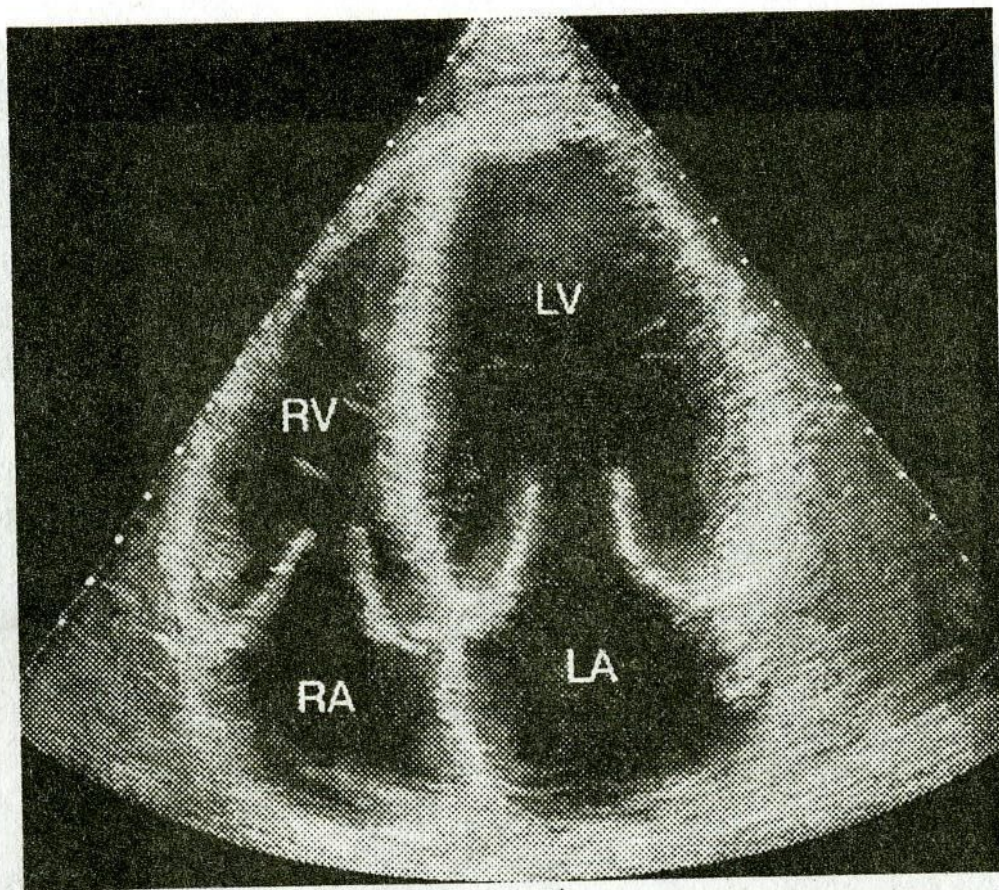


Соотношение динамики изменений общего периферического сопротивления (ОПС) и сердечного выброса (СВ) при прессорных реакциях системного артериального давления (АД) в ответ на внутривенное введение адреналина (20 мкг/кг).

По оси абсцисс — время, в с; по оси ординат — амплитуда изменений показателей, в процентах к исходному уровню.

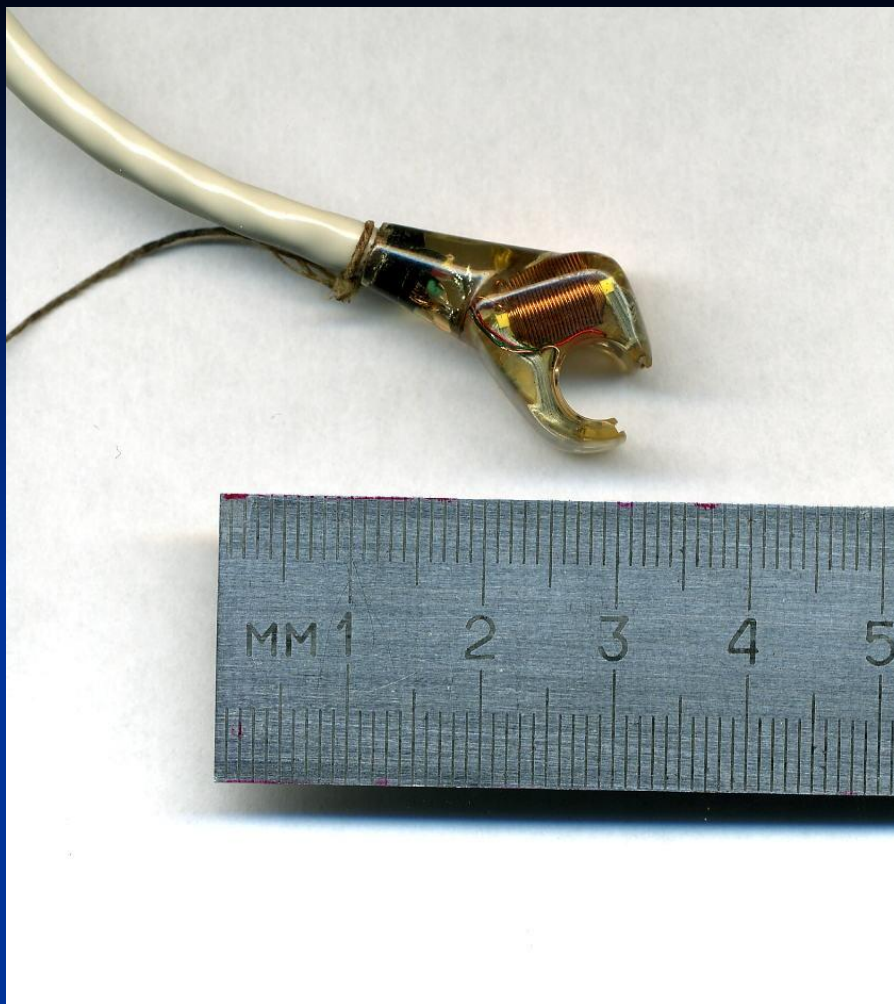


а

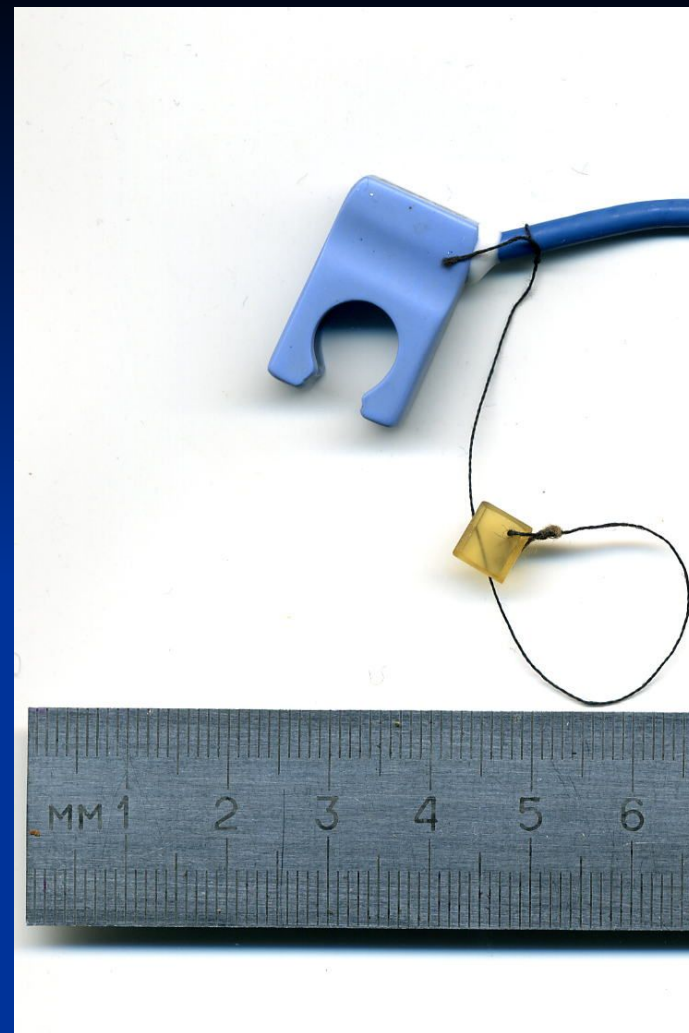


б

Схема ультразвукового исследования (а) и двухмерная ЭхоКГ (б) в апикальной позиции четырехкамерного сердца.



**Манжеточный датчик
электромагнитного
расходомера для
измерения сердечного
выброса
у животных.**

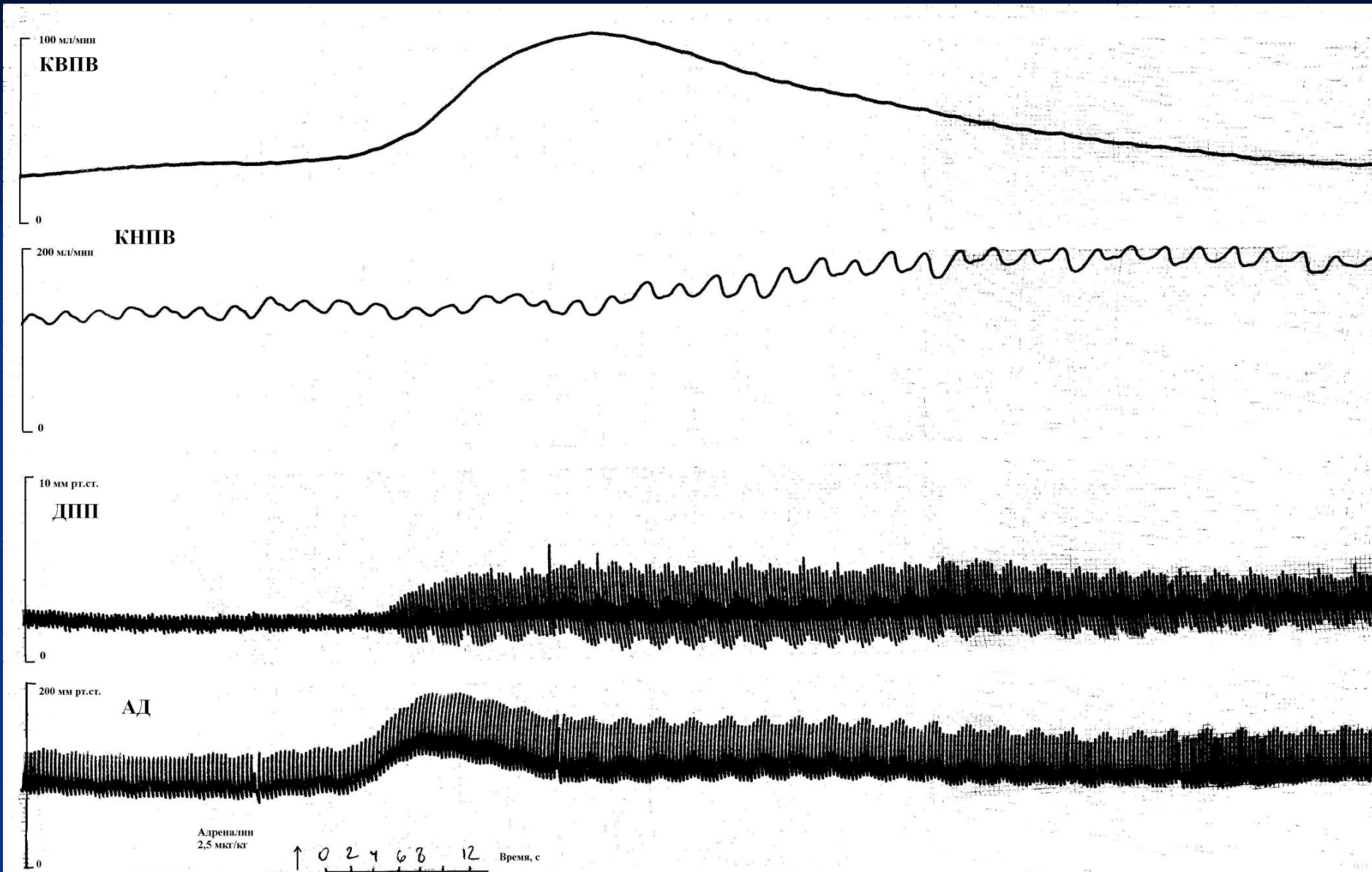


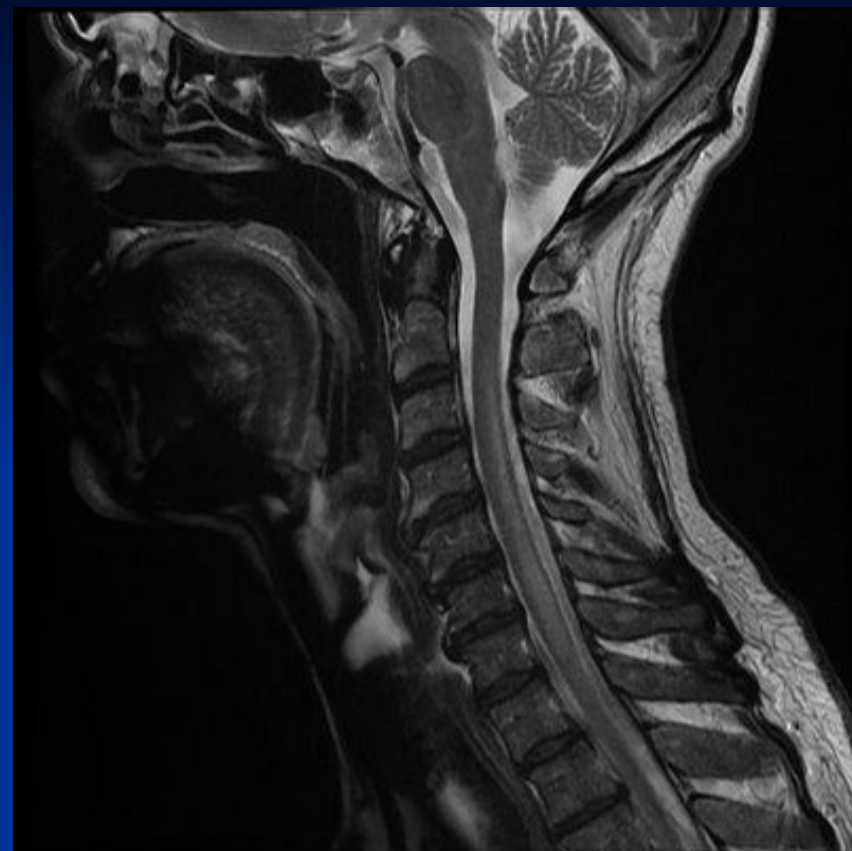
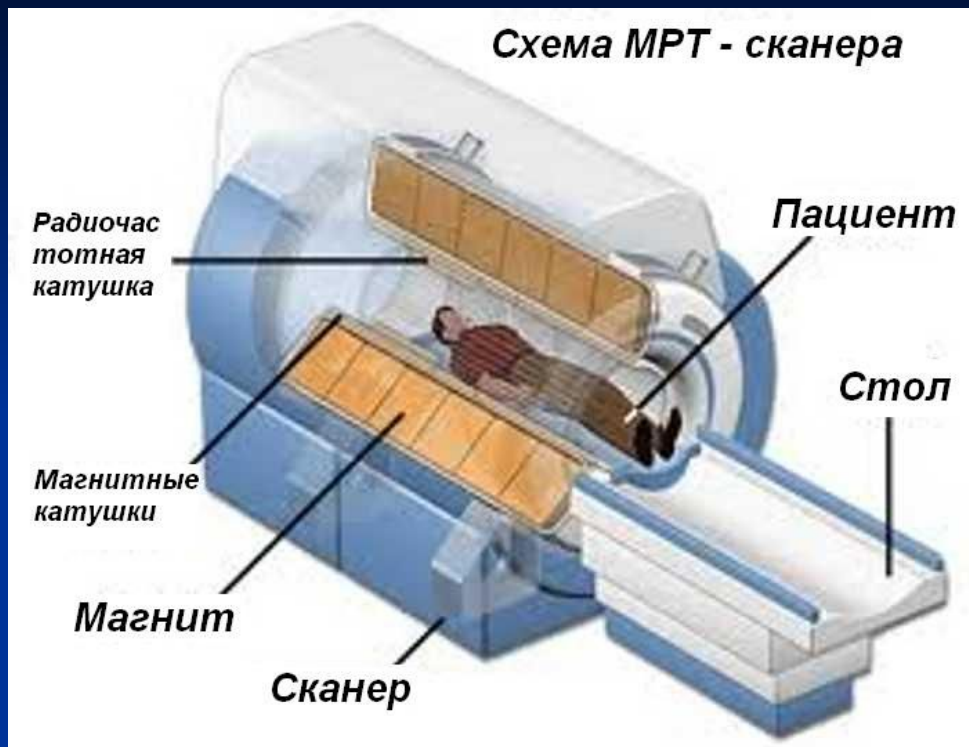
**Манжеточный датчик
ультразвукового
расходомера для измерения
сердечного выброса
у животных.**

**Сопротивление (R) и кровотоков (в процентах от общего
сердечного выброса, % СВ) в сосудах
различных органов человека**

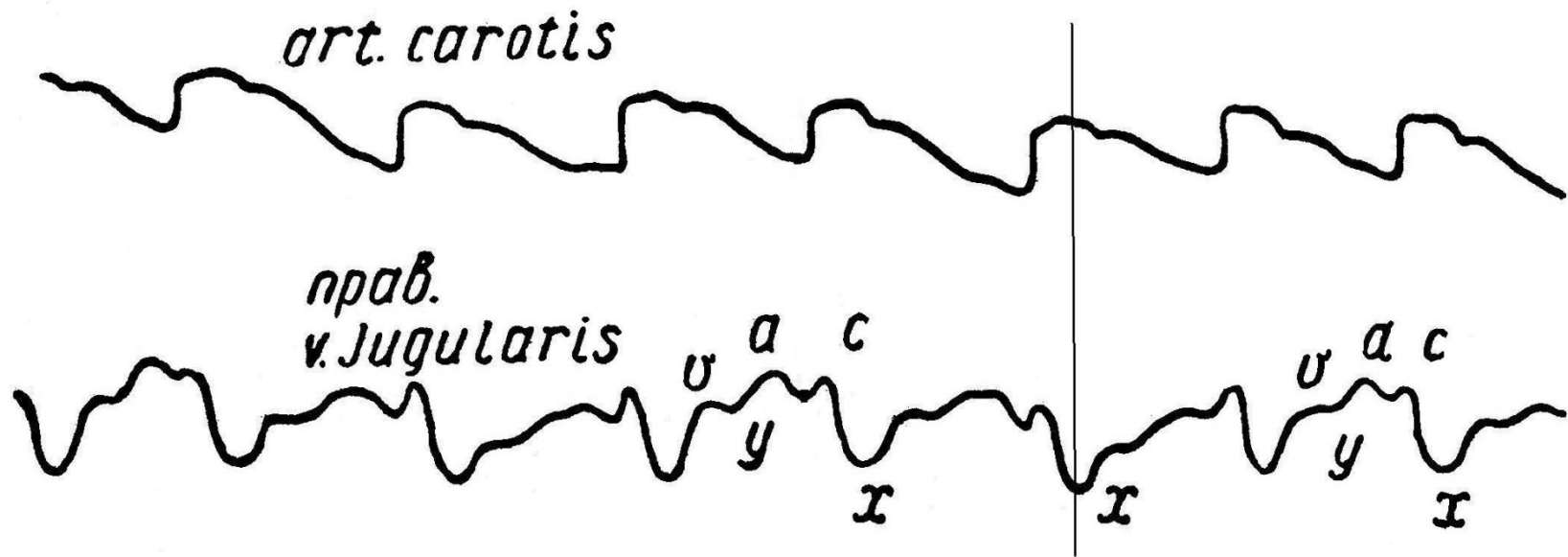
	% СВ	\dot{V}, мл/мин	\dot{V}, мл/с	R, Па·мл⁻¹·с
Головной мозг	13	750	13	1025
Коронарные сосуды	4	250	4	3330
Мышцы	21	1200	20	670
Чревная область	24	1400	23	580
Почки	19	1110	18	740
Кожа	9	500	8	1670
Прочие органы	10	600	10	1330
Системное кровообращение	100	~ 5800	~ 96	~ 140
Легочное кровообращение	100	~ 5800	~ 96	~ 11

Динамические соотношения изменений кровотоков по полым венам при повышении артериального давления

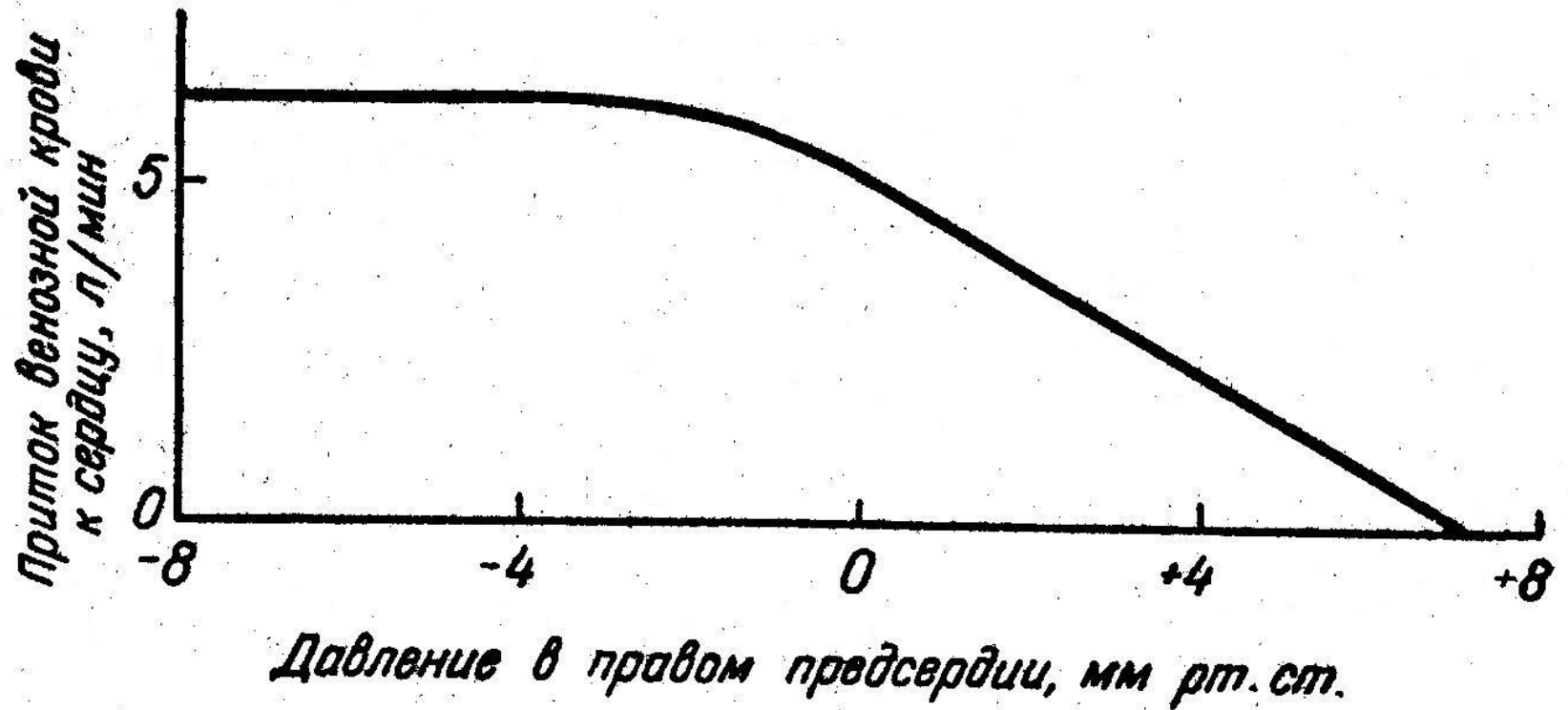




**Измерение венозного кровотока у человека
методом магнитно-резонансной томографии
(МРТ)**

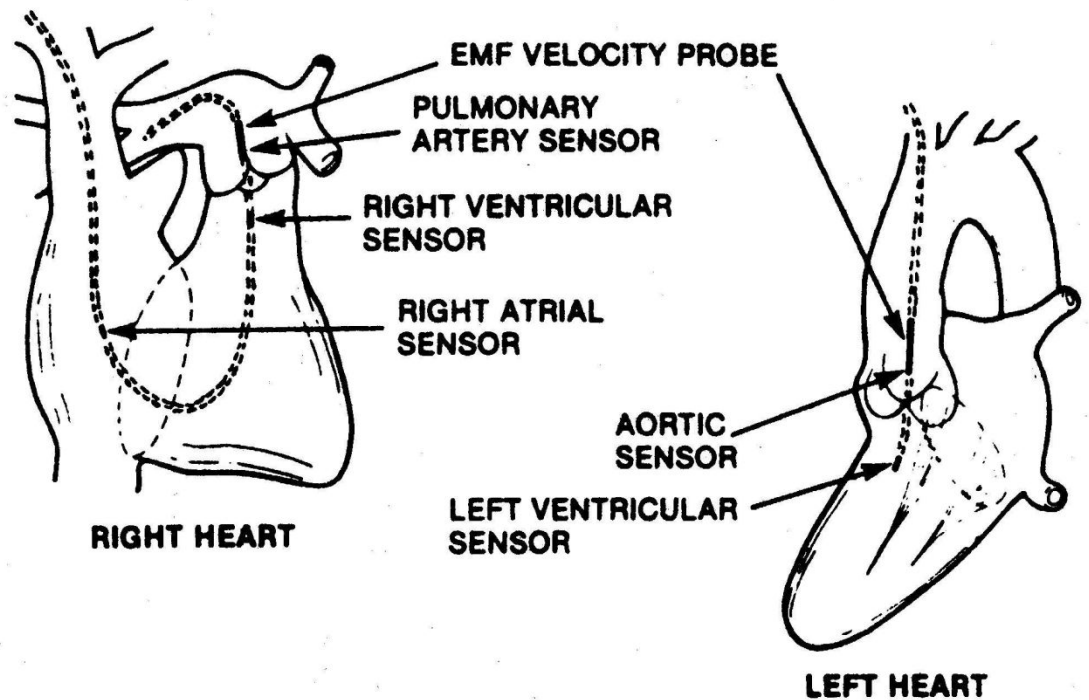
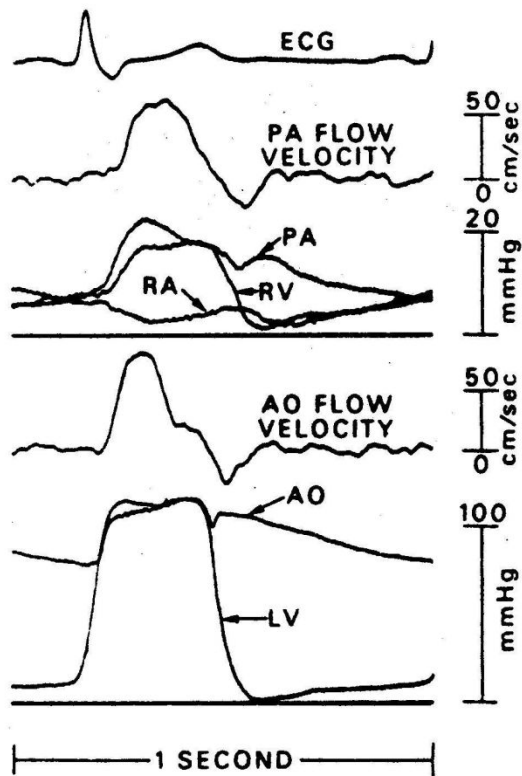


Одновременная запись артериального
и венного пульса

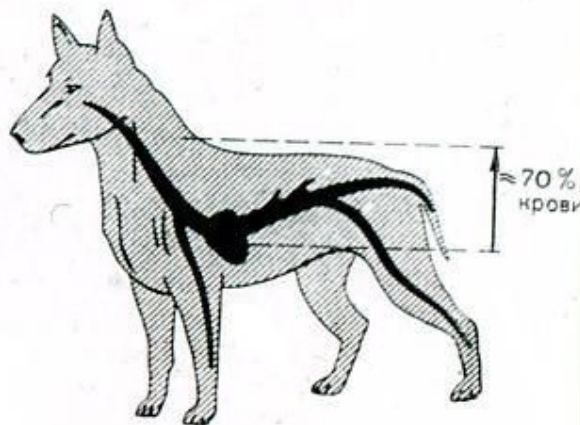
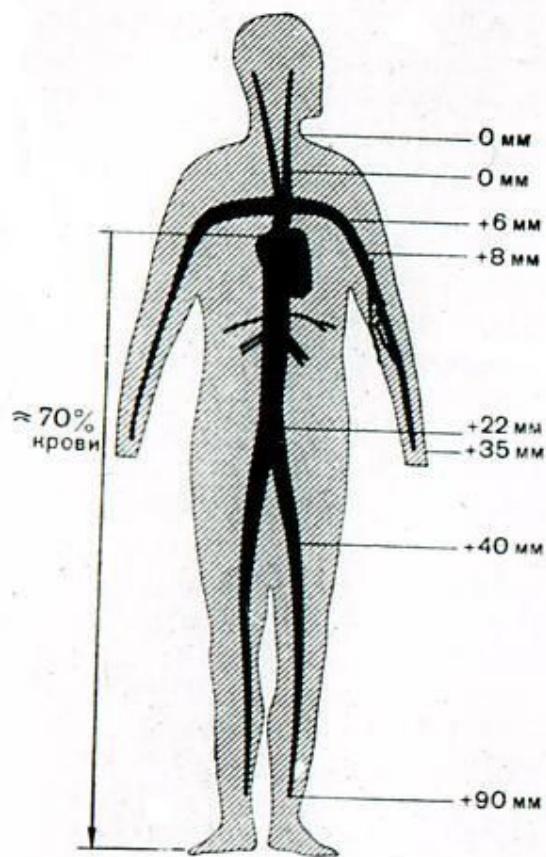


Зависимость величины венозного притока крови к сердцу от величины давления в правом предсердии по А. Гайтону

MULTI-SENSOR CARDIAC CATHETERIZATION



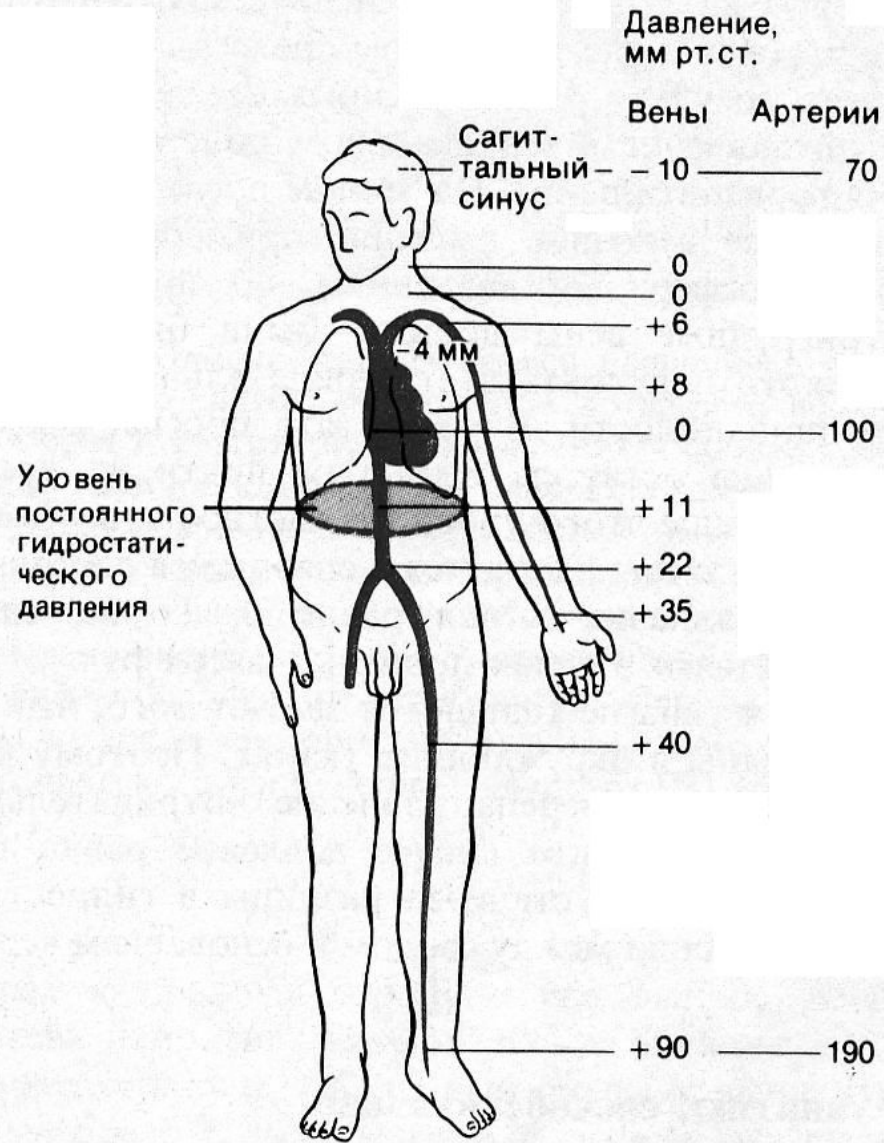
Simultaneous recording of pulmonary artery and aortic flow-velocity signals with high fidelity pressures from the aorta (AO), left ventricle (LV), pulmonary artery (PA), right ventricle (RV), and right atrium (RA) in man, using Transducer Models VPC-684T and VPC-684D.



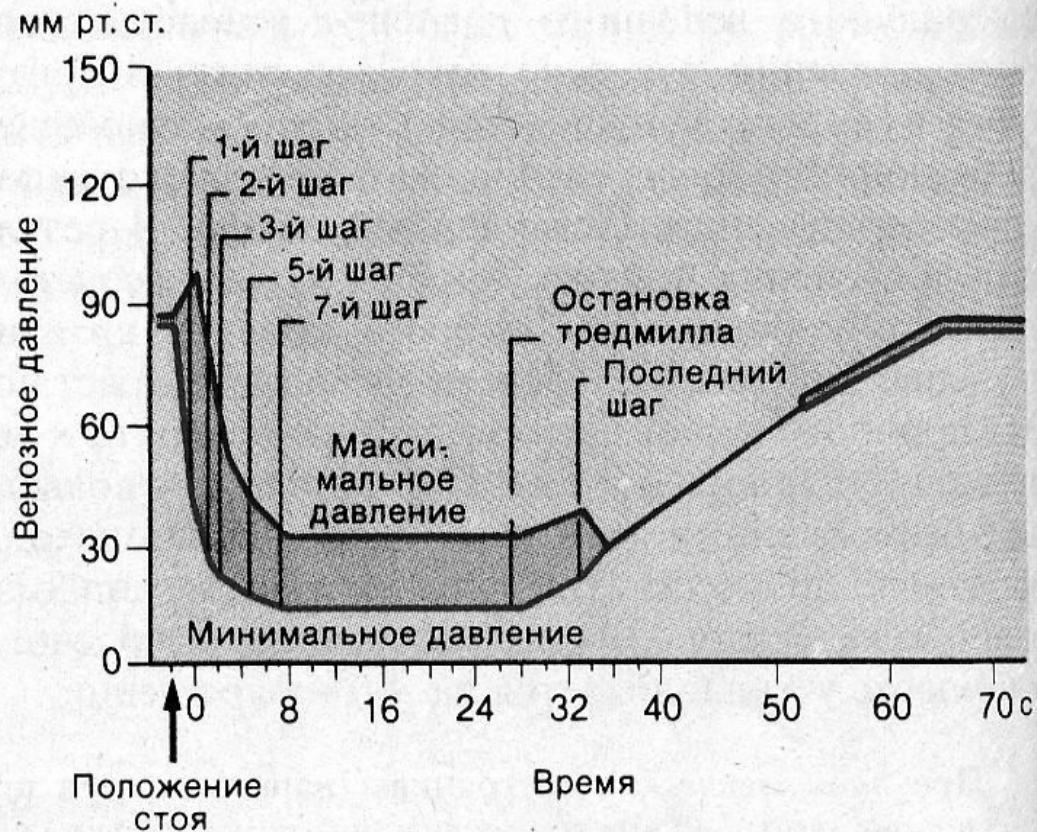
Схема, иллюстрирующая распределение венозной крови по отношению к сердцу у человека по сравнению с большинством животных, включая даже жирафа. Только у животных, способных занимать вертикальную позицию (например, атакующий медведь, горилла и гигантский кенгуру, застывший во внимании), наблюдается ситуация, подобная человеку, т. е. около 70% крови локализуется ниже уровня сердца. В остальных случаях у животных около 70% крови локализуется на уровне сердца или выше него.



Схема депонирования крови в венозной части сосудистого русла.



Влияние гидростатического давления на венозное и артериальное давление спокойно стоящего человека



Изменение давления в тыльной вене стопы во время ходьбы (на тредмилле). При спокойном стоянии венозное давление увеличивается под действием гидростатического давления. При ходьбе в результате деятельности мышечного насоса венозное давление падает и через несколько шагов устанавливается на новом, значительно более низком уровне, удерживаясь на нем до окончания ходьбы, после чего возвращается к исходному уровню (по Поллаку и Вуду [48] с изменениями)

Факторы, влияющие на венозный возврат крови к сердцу

В покое:

- 1) остаточная энергия кровотока**
(в венах сохраняется до 13 % энергии сердечного выброса);
- 2) ёмкостная и резистивная функции вен:**
Вены обладают активными реакциями, обеспечивающими соответствие ёмкости сосудистого русла объёму циркулирующей крови;
- 3) Клапаны вен** (особенно значимы для венозного оттока из нижних конечностей).

Факторы, влияющие на венозный возврат крови к сердцу

В покое:

- 4) присасывающее действие предсердий (во время систолы желудочков атриовентрикулярная перегородка смещается вниз, к верхушке сердца → расширение предсердий → увеличение притока крови);
- 5) диастолическая функция желудочков (их быстрое расслабление и создание отрицательного давления в фазу быстрого наполнения способствует присасыванию крови в сердце в диастолу);
- 6) процессы транскапиллярного обмена;
- 7) пульсация соседних артерий: Значимо для замкнутых полостей черепа (отток крови из вен головного мозга!);

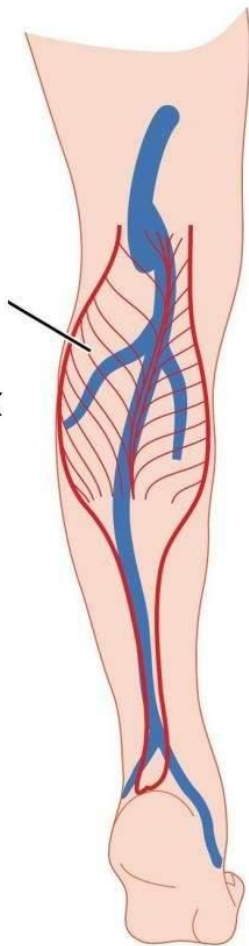
Факторы, влияющие на венозный возврат крови к сердцу

При физической нагрузке:

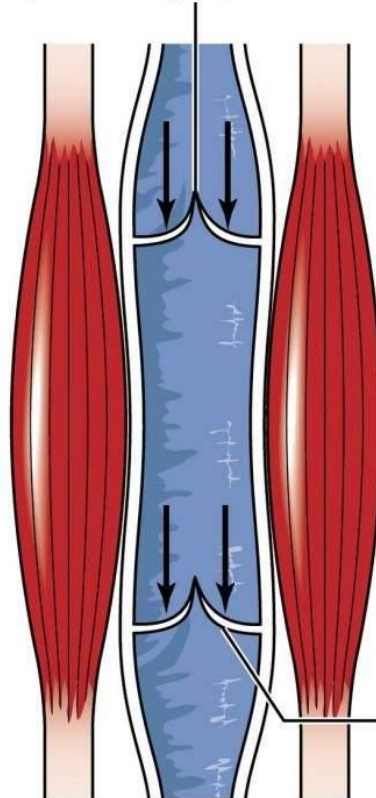
8) взаимодействие «мышечного насоса» и клапанов вен (особенно важно для венозного оттока из нижних конечностей);

9) «дыхательный насос» (увеличение глубины дыхания и отрицательного давления в грудной полости обеспечивает фазные изменения венозного притока).

Икроножная
мышца
работает
как насос
для глубоких
вен

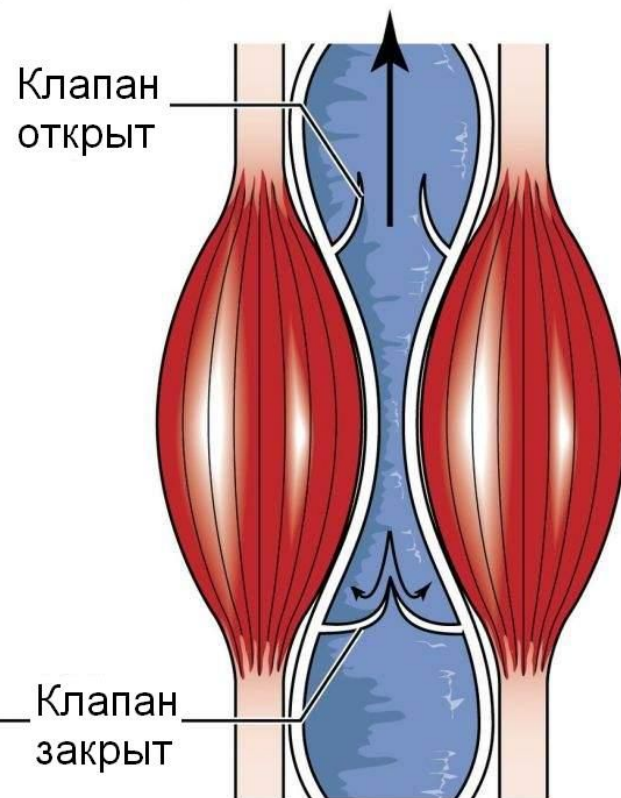


Клапаны препятствуют
обратному кровотоку



Икроножная мышца
расслаблена

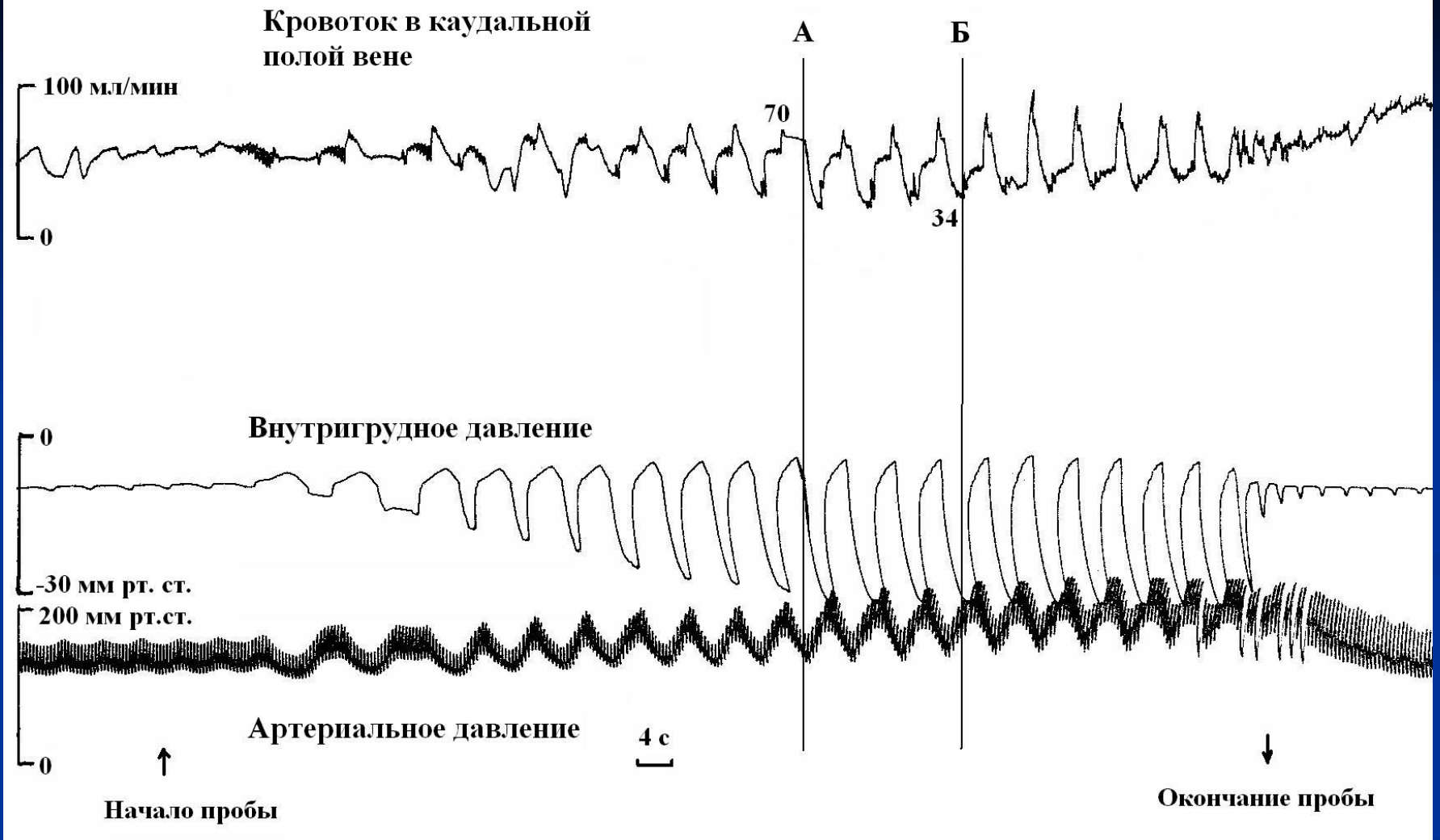
Кровоток, усиленный
сокращением мышц



Клапан
открыт

Клапан
закрыт

Икроножная мышца
сокращена



Характер и величина изменений кровотока в каудальной (нижней) полой вене кошки при увеличении отрицательного внутригрудного давления. А- начало вдоха, Б- начало выдоха

Классификация сердечно-сосудистой системы по Б.И. Ткаченко

1. Сердце – генератор давления и расхода;
2. Сосуды высокого давления;
3. Сосуды стабилизаторы давления;
4. Распределители капиллярного кровотока;
5. Обменные сосуды (капилляры, прекапиллярные артериолы, посткапиллярные вены);
6. Аккумулирующие сосуды;
7. Сосуды возврата крови к сердцу;
8. Шунтирующие сосуды;
9. Резорбтивные сосуды.