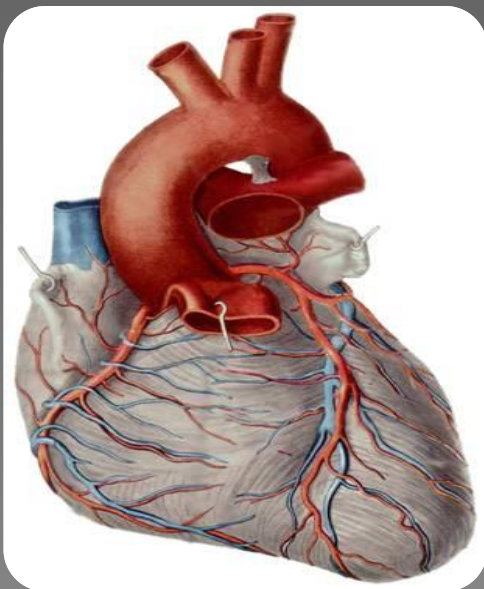


*Фази серцевої
діяльності, тони серця
Роль судин у кровообігу*



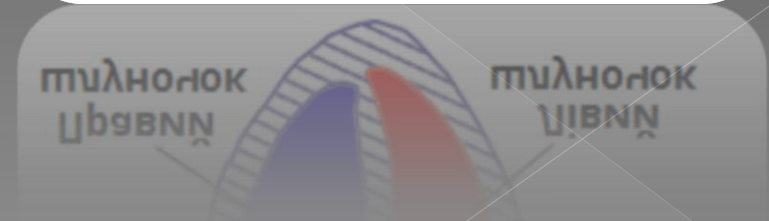
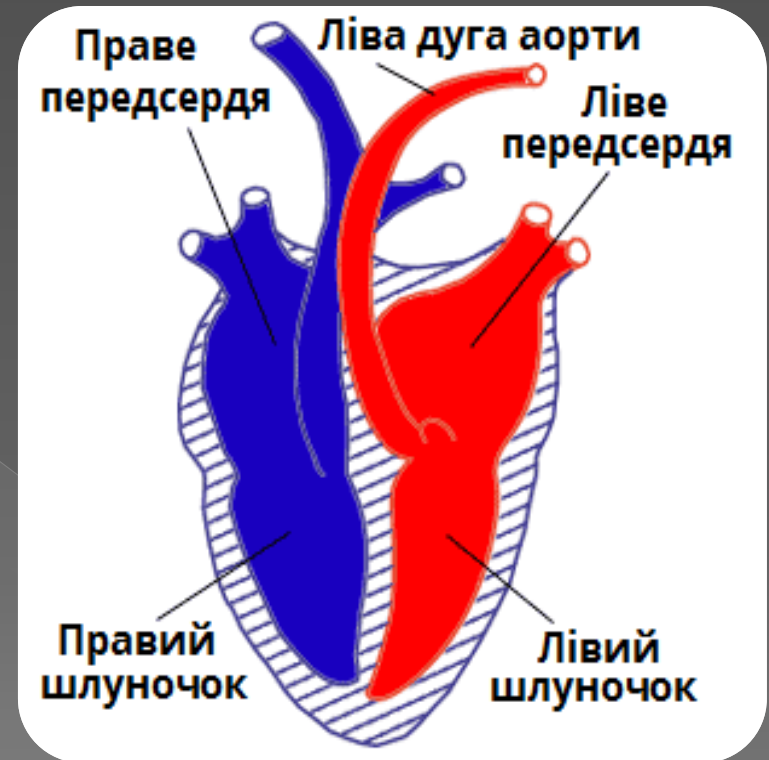
Проф. Весніна

Серце працює ритмічно за принципом **насосу**

- Скорочення серця - **систола**
- чергується з його розслабленням - **діастолю**

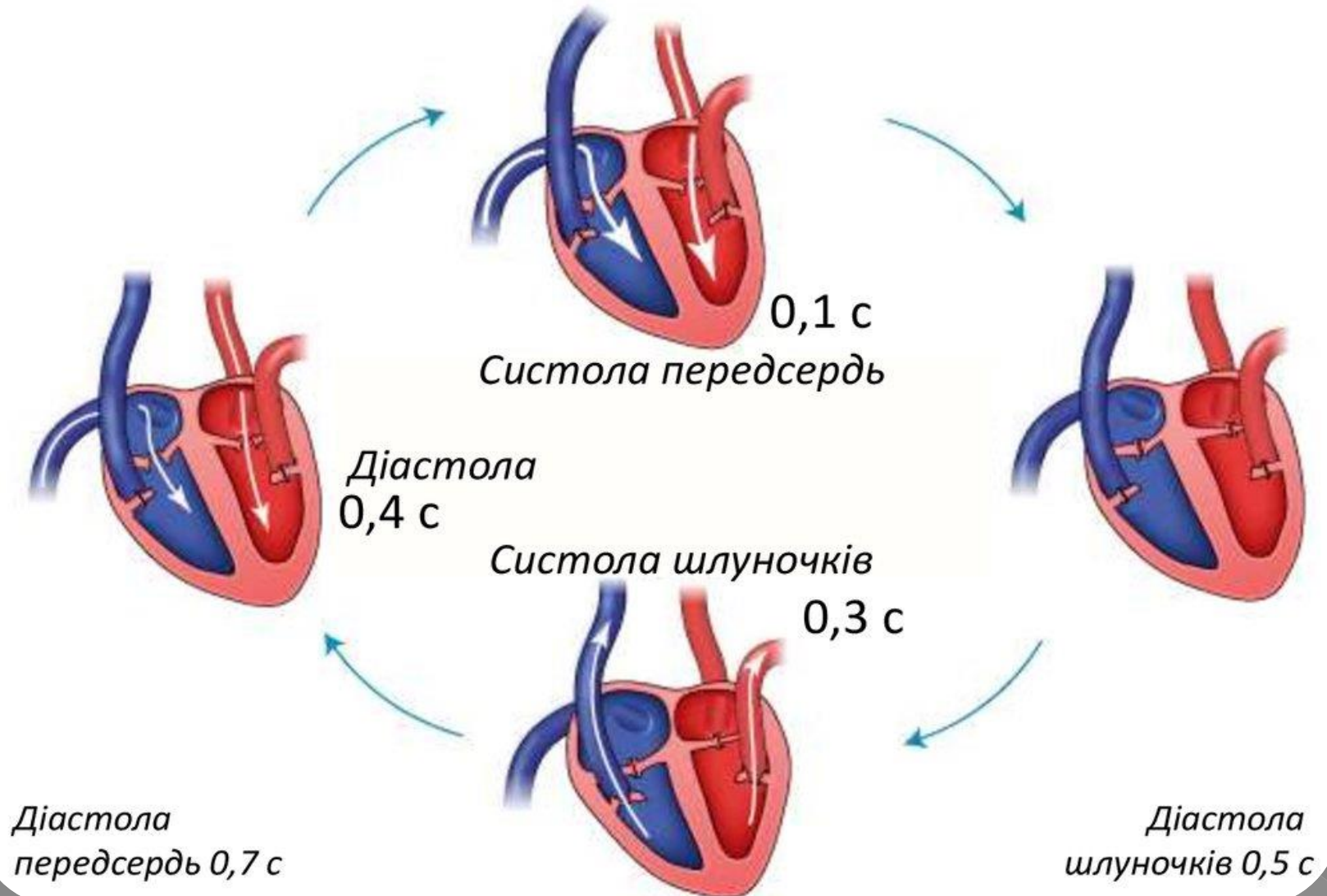
Скорочення і розслаблення передсердь і шлуночків за нормальних умов суворо взаємоузгоджені та становлять єдиний цикл роботи серця

- **Серцевий цикл** - систола і діастола серця, періодично повторювані у суворій послідовності,
- період часу, що включає одне скорочення та одне розслаблення передсердь та шлуночків



При частоті скорочень серця 75 за 1 хвилину тривалість циклу **0,8 сек**

Серцевий цикл триває 0,8 с*



Серцевий цикл

Ознака	I фаза – скорочення передсердь (систола)	II фаза – скорочення шлуночків (систола)	III фаза – розслаблення передсердь і шлуночків (діастола)
Тривалість, секунди	0,1	0,3	0,4
Стан клапанів	Стулкові клапани відкриті	Стулкові клапани закриті	Стулкові клапани напіввідкриті
Тиск, мм рт. ст.	8 – 10	У лівому близько 120, у правому – 20 – 25	Близько 0
Рух крові	З передсердя до шлуночків	В артерії кіл кровообігу	Кров наповнює передсердя і шлуночки

Фазова структура серцевого циклу

Серцевий цикл 0,8 с	Систола шлуночків 0,33 с	Період напруження 0,08 с	Фаза асинхронного скорочення 0,05 с
			Фаза ізометричного скорочення 0,03 с
		Період вигнання 0,25 с	Фаза швидкого вигнання 0,12 с
			Фаза повільного вигнання 0,13 с
	Діастола шлуночків 0,47 с	Період розслаблення 0,12с	Протодіастолічний інтервал 0,04 с
			Фаза ізометричного розслаблення 0,08 с
		Період наповнення 0,35 с	Фаза швидкого наповнення 0,08 с
			Фаза повільного наповнення 0,17 с
Пресистолічна фаза 0,1 с			

Перед початком роботи серце знаходиться в загальній **діастолі** передсердь і шлуночків -

- **загальна пауза серця**

- півмісяцеві клапани закриті, атріовентрикулярні відкриті. Кров вільно заповнює порожнини передсердь і шлуночків.

Тиск у них дорівнює **0 мм рт. ст.**

Початком роботи серця є

- **систола передсердь**

- триває **0,1 сек**, за рахунок скорочення м'язових волокон підвищується тиск у порожнинах передсердь

У правому передсерді тиск підвищується до **4-5 мм рт. ст.**, у лівому до **5-7 мм рт. ст.**, що приводить до виштовхування крові в шлуночки через відкриті атріовентрикулярні отвори.

Шлуночки в цей момент розслаблені **/діастола шлуночків/**, стулки атріовентрикулярних клапанів звисають і кров вільно надходить із передсердь у шлуночки.

Зворотне надходження крові з передсердь у вени неможливе завдяки скороченню м'язових волокон, розташованих біля венозних отворів

- Потім здійснюється **діастола передсердь** – триває **0,7 сек**

По закінченню систоли передсердь починається

- **систола шлуночків**, тривалістю **0,3 - 0,33 сек**

Її ділять на два періоди, які складаються з 2 фаз. У момент систоли шлуночків передсердя вже розслаблені. Обидва шлуночка скорочуються **одночасно**.

- **Період напруги** продовжується до відкриття півмісяцевих клапанів. Для цього необхідно, щоб рівень тиску в шлуночках став вище, чим у магістральних судинах –
діастолічний тиск в аорті складає **70-80 мм рт. ст.**,
у легеневій артерії **10-15 мм рт. ст.**

Період напруги триває **0,08 сек**

Починається він із фази **асинхронного** скорочення - **0,05 сек**, коли не всі ділянки міокарда охоплені скорочувальним процесом і в цей момент ще не відбувається підвищення тиску в порожнинах шлуночків.

У фазу **ізометричного** скорочення (**0,03 сек**) скорочувальний процес охоплює основну масу міокарда.

Тиск у порожнинах шлуночків починає зростати до **15 - 20 мм рт. ст.** у правому і **70 - 90 мм рт. ст.** у лівому

Внаслідок підвищення внутрішньолуночкового тиску атріовентрикулярні клапани швидко захлопуються, півмісяцеві клапани також закриті, тому порожнина шлуночків є замкнутою й об'єм крові в ній залишається постійним

У результаті зростає напруга м'язових волокон без зміни довжини - **ізометрична напруга**

- **Період вигнання** крові починається з відкриття клапанів аорти і легеневої артерії і триває **0,25 сек.**
Цей період складається з фаз **швидкого (0,12 сек)** і **повільного (0,13 сек) вигнання** крові.

Відкриття аортальних клапанів відбувається при досягненні тиску в порожнині лівого шлуночка - **80 мм рт. ст.**, клапанів легеневого стовбура - **15 мм рт. ст.** в порожнині правого шлуночка

Скорочення міокарда сприяють подальшому підйому тиску в порожнинах шлуночків відповідно правого до **30 мм рт. ст.**, лівого - до **120 мм рт. ст.**

У результаті кров спочатку дуже швидко виливається в аорту і легеневу артерію.

В міру заповнення судин кров'ю в них зростає тиск. Градієнт тиску між шлуночками і судинами поступово зменшується, кров виливається повільно - настає фаза **повільного вигнання** крові

- По закінченні вигнання крові починається **діастола шлуночків** - триває **0,47-0,5 сек**
- Під час **протодіастолічного періоду (0,05 сек)** кров, що знаходиться в судинах зворотним струмом захоплює півмісяцеві клапани

При закритих атріовентрикулярних і півмісяцевих клапанах шлуночки продовжують розслаблюватись, поки тиск у них не стане нижчим, ніж у передсердях –

- період **ізометричного розслаблення (0,08 сек)**
- У цей час передсердя цілком заповнені кров'ю. Коли тиск у шлуночках стає меншим, ніж у передсердях, розкриваються атріовентрикулярні клапани і починається **період наповнення**

Спочатку відбувається **швидке наповнення** шлуночків - **0,05 сек**, потім - **повільне наповнення** - **0,25 сек**.

- На закінчення відбувається наповнення кров'ю шлуночків за рахунок **систоли передсердь /0,1 сек/** і серцевий цикл повторюється

Кількість крові, що викидається шлуночками при кожному скороченні - **сistolічний, або ударний об'єм (CO)**

Розмір систолічного об'єма залежить від статі, віку, функціонального стану організму

У спокої систолічний об'єм дорівнює

- у чоловіків **65-70 мл**,
- у жінок **50-60 мл**

Систолічний об'єм обох шлуночків приблизно однаковий

Також повинний бути однаковий і **хвилинний об'єм кровообігу (ХОК)** -
серцевий викид

Розмір хвилинного об'єма кровообігу можна знайти за формулою

$$\text{CO} \times \text{ЧСС} = \text{ХОК}$$

У спокої ХОК дорівнює 4,5-5,0 л, під час фізичного навантаження 20-30 л



У тренуваних людей при навантаженнях ХОК зростає
за рахунок збільшення ЧСС і особливо УОК

У нетренованих людей при навантаженнях ХОК зростає
за рахунок збільшення ЧСС

У дітей систолічний об'єм крові не може збільшуватися, тому малим дітям не можна давати багато фізичних вправ

ТОНИ СЕРЦЯ

Під час діяльності серця виникають нормальні звукові явища, що називаються **тонами серця**

В основі серцевих тонів лежать коливальні рухи різних структур серця: клапанів, м'язів, судинної стінки.

Тони серця характеризуються такими параметрами, як

- інтенсивність /амплітуда/
- частота /кількість коливань у 1 сек/
- тривалість

Звуки, які виникають під час патологічних станів – **шуми**



I тон – систолічний збігається з початком систоли шлуночків, вислуховується як короткий, досить інтенсивний звук по всій серцевій ділянці, максимально на верхівці серця й у місці проекції мітрального клапана.

Утворений 3 компонентами:
клапанним, м'язовим і судинним:

- клацання передсердно-шлуночкових клапанів;
- вібрації їх і сухожилкових ниток, які містять ці клапани;
- турбулентного руху крові, що вдаряється об клапани, які закриваються;
- вібрації стінки шлуночків під час ізометричного скорочення;
- коливань початкових відділів аорти та легеневого стовбура в разі розтягнення їх кров'ю в період вигнання.



Загальна тривалість **I тону** коливається від **0,08 до 0,25 сек**, частотна характеристика від **15 до 500 Гц** (у різних частинах різна: найбільша в центральній частині - до 500 Гц, найменша в початковій і кінцевій частині тону - до 15 Гц)

II тон – діастолічний збігається з початком діастоли шлуночків, вислуховується по всій серцевій області, краще на основі серця, у другому міжребер'ї зліва і справа від грудини.

Утворюється за рахунок:

- коливань, що виникають на початку діастоли при захопленні стулок клапана аорти і легеневого стовбура та їх вібрації (клапанний компонент)
- турбулентного руху крові, що вдаряється об клапани, які закриваються
- коливання стінок початкових відділів аорти та легеневого стовбура (судинний компонент)

До складу II тону входять також низькочастотні низькоамплітудні коливання, що виникають у результаті відкриття мітрального і трикуспідального клапанів.

Тривалість **II тону** складає **0,08-0,11 сек**, частотна характеристика від **500 до 1250 Гц**

Для характеристики тонів використовується метод **аускультції** і графічної реєстрації - **фонокардіографія** (ФКГ)

Серце вислуховується за допомогою фонендоскопа і стетофонендоскопа в положенні лежачи, стоячи і після фізичного навантаження

I тон виникає під час систоли після довгої паузи, краще вислуховується на **верхівці серця**, оскільки систолічна напруга лівого шлуночка більше, ніж правого.

I тон більш тривалий і низький, збігається з верхівковим поштовхом

II тон утворюється під час діастоли після короткої паузи, вислуховується краще **в основі серця**, тому що виникає при захлопуванні стулок півмісяцевих клапанів аорти і легеневого стовбура

Менш тривалий і більш високий, утворюється після верхівкового поштовху





Аортальний

клапан

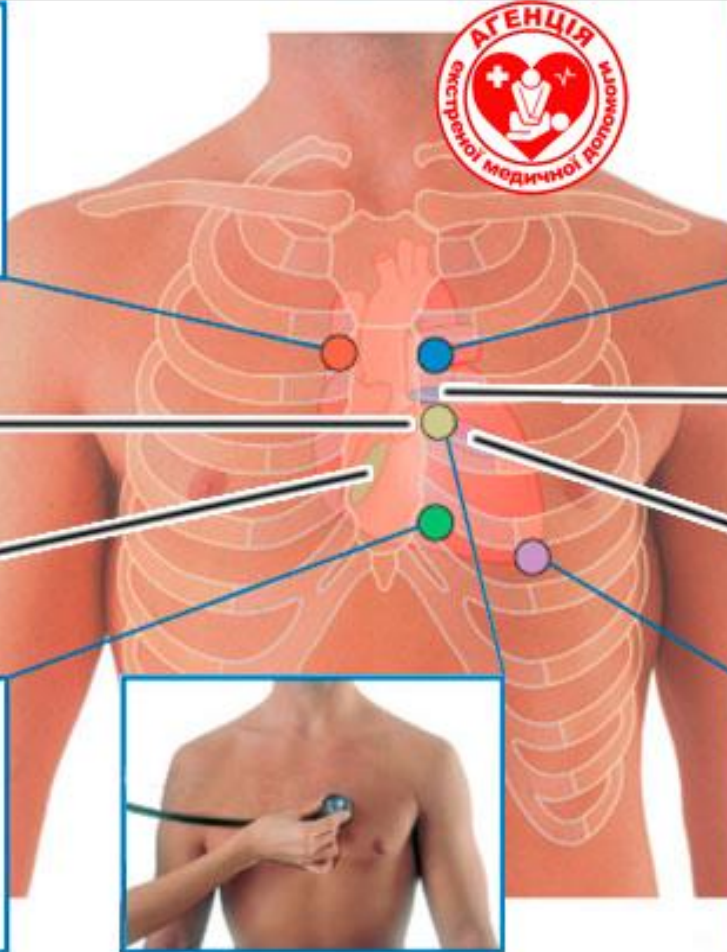
Проекція
аортального
клапана

Проекція
трюхстулкового
клапана



Трюхстулковий
клапан

клапан
трюхстулковий



Аортальний та мітральний
клапани (додатково)

клапани (додатково)
аортальний та мітральний



Клапан легеневого
стовбура

Проекція клапана
легеневого стовбура

Проекція
мітрального
клапана



Мітральний
клапан

клапан
мітральний

Послідовність аускультації серця

- I точка – верхівка серця (мітральний клапан)
- II точка – у II міжребер'ї праворуч від грудини (клапан аорти)
- III точка – у II міжребер'ї ліворуч від грудини (клапан легеневого стовбура)
- IV точка – біля основи мечоподібного відростка грудини (тристулковий клапан)
- V точка (Боткіна – Ерба) – III міжребер'я ліворуч біля грудини (додаткова точка вислуховування аортального клапана)



Фонокардіографія

Фонокардіографія - інструментальний метод графічної реєстрації звуків, що виникають при роботі серця

В обов'язковому порядку одночасно проводиться запис ЕКГ у звичайному об'ємі або тільки в II стандартному відведенні

Дослідження повинно проводитися в теплом, захищеному від сторонніх шумів помешканні, при спокійному стані обстежуваного, у положенні лежачи



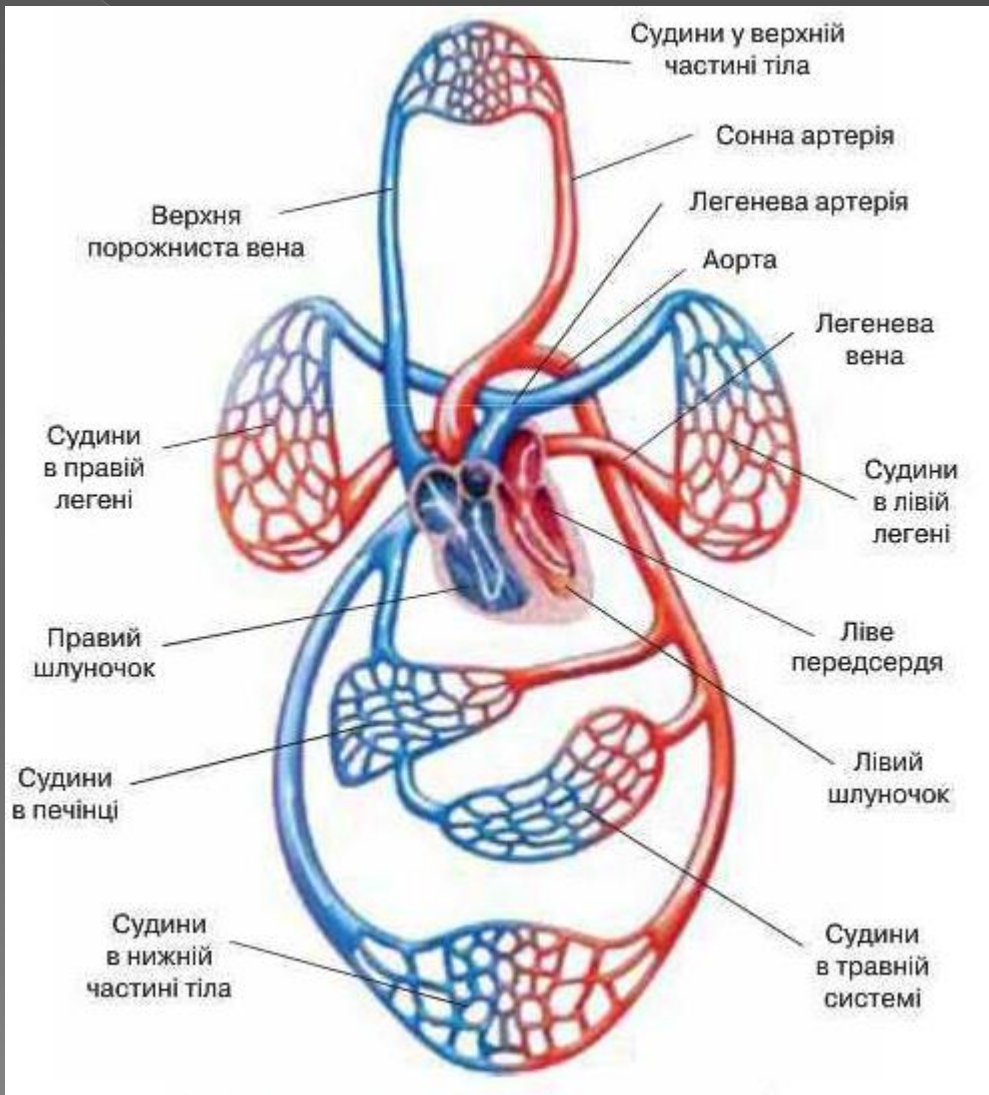
На ФКГ звуки серця - тони і шуми - представлені **осциляціями** (коливаннями)

Інтервали серцевого циклу, вільні від тонів і шумів, подані горизонтальною нульовою лінією - ізолінією

У нормі на ФКГ виявляються коливання, що відповідають I і II тонам серця, можуть виявлятися III і рідко IV тони, функціональний (акцидентальний) шум і низькочастотні коливання балістичної природи

Початок **I тону** співпадає з другою половиною комплексу QRS на ЕКГ,
початок **II тону** приблизно збігається з кінцем зубця Т, звичайно з запізнюванням на 0,02-0,04 сек





Мале коло кровообігу проходить через праве передсердя, правий шлуночок, легеневу артерію, судини легень, легеневі вени.

Велике коло проходить через ліві передсердя і шлуночок, аорту, судини органів, верхню і нижню порожнисті вени. Напрямок руху крові регулюється клапанами серця.

У функціональному відношенні всі кровоносні судини можуть бути підрозділені на наступні типи:

еластичні (що амортизують) - аорта, легенева артерія;

м'язові - великі і середні артерії;

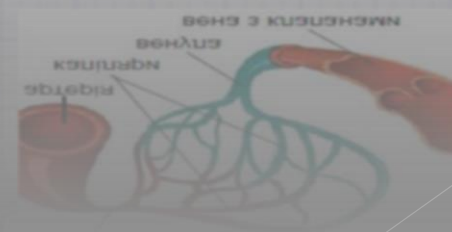
резистивні (судини опору) - кінцеві артерії й артеріоли;

обмінні - капіляри;

ємнісні - посткапіляри, вени, великі вени

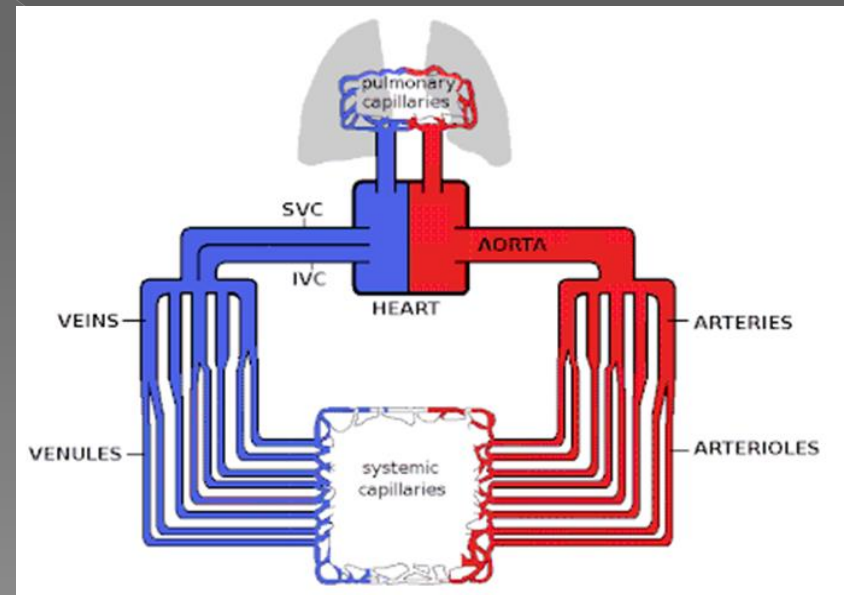
<u>Ознака</u>	АРТЕРІЯ	ВЕНА	КАПІЛЯР
Особливості будови	Середній шар потовщений, містить гладенькі м'язові та еластичні волокна	Середній шар тонкий	Складається із шару <u>ендотеліальних клітин</u>
Напрямок руху крові	Від серця до тканин та органів	Від тканин і органів до серця	Є місцем обміну речовин між кров'ю і тканинами
Швидкість руху крові	0,4м/с в аорті. 4 мм/с швидко	0,2 м/с повільно	0,5-1,2 мм/с уповільнено
Тиск крові	Високий із пульсацією <u>120 мм.рт.ст.</u>	Низький <u>1 мм.рт.ст.</u>	Знижений 15мм.рт.ст.
Вміст кисню та поживних речовин	Кров містить оксигемоглобін і поживні речовини	Гемоглобін крові не зв'язаний з киснем	Вміст кисню знижений

Будова кровоносних судин



До чинників, що визначають струм крові по судинах відносять: тиск, опір і швидкість. Силою, що створює початковий тиск у судинній системі, є серце. У людини середнього віку при кожному скороченні серця в судинну систему виштовхується 60-70 мл крові (сistolічний об'єм), що за хвилину складає 4-5 л (хвилинний об'єм кровообігу). Просуванню крові по судинах сприяє **різниця тисків** на початку і кінці великого кола кровообігу - **120 - 0 мм.рт.ст.**, перешкоджає руху – **опір судин**, який залежить від:

- довжини судини
- в'язкості крові
- радіусу судини



Опір судини визначається за формулою
Пуазейля:

$$R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$$

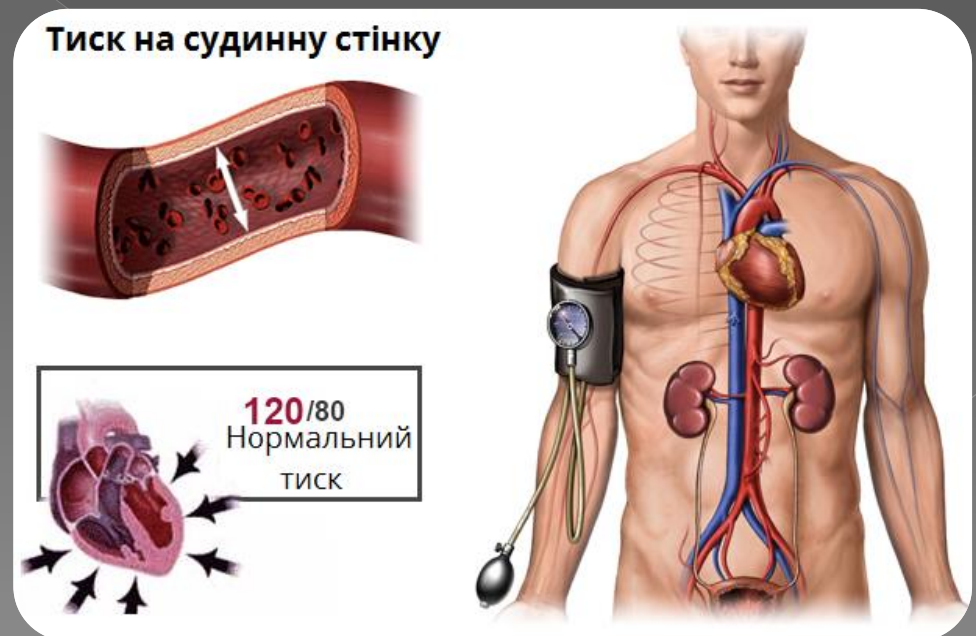
де R – опір судини; L – довжина судини;
r – радіус судини; η – в'язкість рідини

**Закони гідродинаміки вірні для гемодинаміки лише
в певній мірі, оскільки вони справедливі для:**

- руху рідин жорсткими трубками, а кровоносні судини є еластичними;
- неппульсуючого руху (з постійною лінійною швидкістю руху), а рух крові є пульсуючим;
- ламінарного руху, а в певних ділянках судинної системи рух крові стає турбулентним;
- н'ютонівських рідин (їх в'язкість змінюється тільки при зміні температури). Кров же є нен'ютонівською рідиною і її в'язкість залежить від лінійної швидкості руху крові: чим вона менша, тим більшою є міжеритроцитарна взаємодія і в'язкість збільшується. Проте в капілярах, де лінійна швидкість крові є найменшою, в'язкість не більша, як у великих артеріях, бо еритроцити проходять через капіляр по одному (через маленький діаметр судин).

При кожному скороченні серця в артерії викидається під великим тиском певна кількість крові. Під **тиском крові** слід розуміти її тиск на стінки кровоносних судин. Він зумовлюється роботою серця і залежить від наступних факторів:

- кількості крові,
- періодичного скорочення серця,
- зміни просвіту та еластичності кровоносних судин,
- дихальних рухів,
- активності організму
- віку
- статі,
- часу доби,
- стану центральної нервової системи,
- фізичних навантажень,
- емоцій



Кров'яний тиск - один з найважливіших параметрів, що характеризує роботу кровоносної системи

Кров'яний тиск неодинаковий в різних відділах судинної системи.

Найбільший тиск в аорті і великих артеріях і знижується в малих артеріях, артеріолах, капілярах, венах та стає нижчим за атмосферний в порожнистих венах.

Фактори, що впливають на величину **артеріального тиску**:

- кількості крові, що надходить за одиницю часу з серця в аорту;
- інтенсивність відтоку крові з центральних судин на периферію;
- ємність судинного русла;
- опір артеріальних стінок;
- в'язкість крові

Розмір артеріального тиску під час систоли характеризують як **сistolічний** або максимальний. У людини середнього віку він становить **110-130 мм рт.ст.**

Під час діастолі величина тиску знаходиться в межах **65-80 мм рт. ст.** і називається **діастолічним** (мінімальним).

Різниця між систолічним і діастолічним тиском - **пульсовий тиск**.

Він пропорційний об'єму крові, що викидається серцем при кожній систолі

В міру просування по судинах тиск змінюється. Якщо в аорті він дорівнює 120-130 мм рт.ст., в артеріях 100-120, артеріолах - 40-80, капілярах - 20-40, венах - 10-5-0 мм рт.ст.

Крім цих видів тиску існує ще так званий **середній артеріальний тиск** - рівнодіюча коливань артеріального тиску в різні фази серцевого циклу, тобто середній розмір тиску без пульсових коливань.

Іншим, не менше важливим чинником, що визначає розмір кров'яного тиску, є периферичний опір судинного русла. Опір залежить в основному від діаметра прекапілярних судин - дрібних артерій і артеріол.

Також, об'єм крові, що циркулює, і її в'язкість важливі для розміру кров'яного тиску, емоційна та фізична напруга підвищує тиск

Найчастіше артеріальний тиск вимірюють за
аускультативним методом Н.С. Короткова

Для вимірювання тиску застосовують прилад, що складається з механічного манометра, манжети з грушею і фонендоскопа. Принцип методу базується на повному стисненні манжетою плечової артерії і вислуховуванні тонів, що виникають при повільному випусканні повітря з манжети (систолічний тиск) та їх зникненні (діастолічний тиск)



Пульс - періодичні, синхронні з систолою коливання стінок периферичних артерій і тканин, що розміщені над ними, зв'язані з динамікою їхнього кровонаповнення протягом одного серцевого циклу. Пульсова хвиля виникає в аорті в момент вигнання крові з шлуночків, коли тиск в аорті різко підвищується і її стінка розтягується.

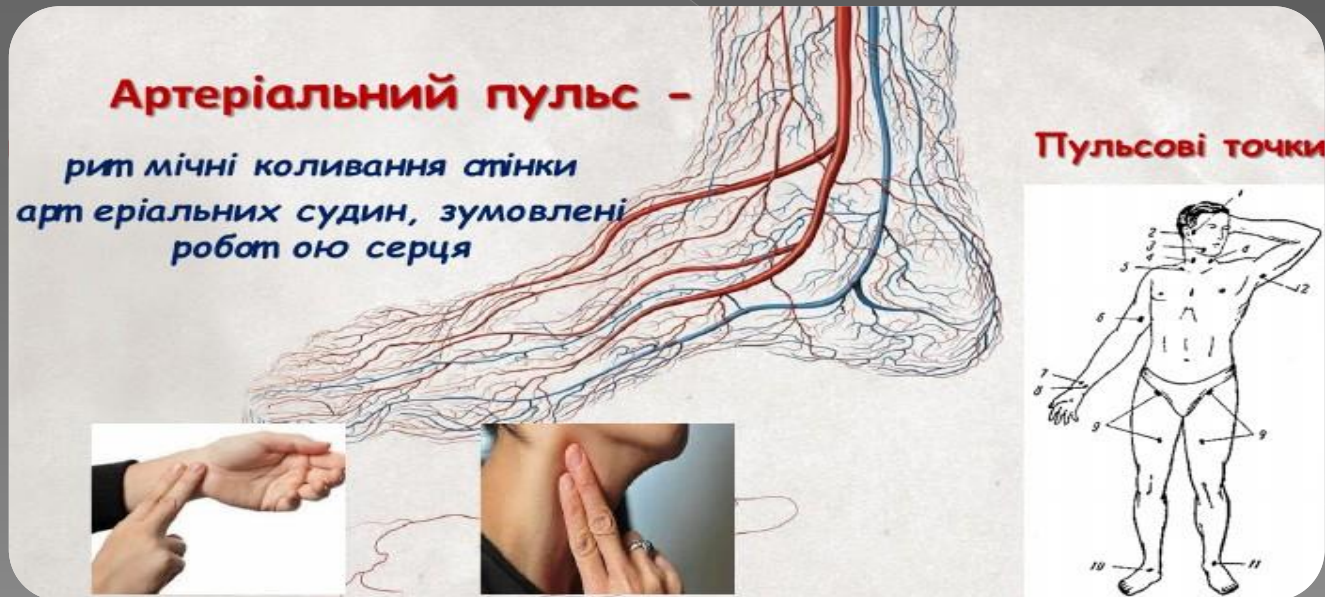
Хвиля коливання судинної стінки поширюється до артеріол і капілярів і там згасає.

Швидкість поширення пульсової хвилі не залежить від швидкості плину крові — якщо максимальна швидкість плину крові до 0,5 м/сек, то швидкість поширення пульсової хвилі до 3,0-15,0 м/сек.



Для дослідження пульсу звичайно використовують променеву артерію - **a. radialis**. Вона має ідеальні умови для пальпації - доступна на тривалих ділянках, розташована поверхово, під артерією знаходиться променева кістка, що дозволяє притиснути до неї артерію для визначення ряду характеристик пульсу

У разі потреби можна визначати пульс на скроневих, сонній артеріях, на ногах - на a. dorsalis pedis. Оцінку пульсу роблять спочатку одночасно на двох руках, при відсутності різниці - продовжують на одній



Клінічні характеристики пульсу:

Частота - кількість пульсових хвиль за хвилину
В нормі частота пульсу дорослої людини
60-80 ударів



Збільшення частоти пульсу більше 80 – ***тахісфігія***

Вона може виникнути за фізіологічних умов –

- при фізичному навантаженні
- емоційній напрузі
- вживанні кави, палінні

Патологічна тахісфігія є ознакою - міокардиту, ендокардиту, тиреотоксикозу, анемії

зростання температури тіла на 10 С приводить до збільшення частоти пульсу у дітей на 15-20, у дорослих у середньому на 10 ударів

В нормі у новонароджених пульс 130-140 ударів у хвилину, в 1 рік - 120-130, у 5 років - біля 100, у 7 років – біля 90, у 15-16 років наближається до норми дорослих

Якщо частота пульсу менше 60 - спостерігається ***брадісфігія***

Фізіологічна брадісфігія є ознакою ваготонії, буває у спортсменів, під час сну

Патологічна брадісфігія спостерігається при поперечній блокаді провідної системи

серця, зниженні функції щитовидної залози, збільшенні внутрішньочерепного тиску

Ритм пульсу визначається наявністю однакових інтервалів між черговими пульсовими поштовхами - пульс **ритмічний** або регулярний

У зворотному випадку пульс вважається **неритмічним**. Неритмічний пульс може виникнути в практично здорової людини при інтенсивній фізичній роботі, термічних процедурах (у сауні, лазні). Патологічний варіант - аритмія, екстрасистолія, миготлива аритмія, пароксизмальна тахікардія

Напруга пульсу - властивість, що характеризує стан судинної системи. Вона відбиває ступінь опору судинної стінки при стисканні її пальцями. Різко напружений пульс, коли він стає **твердим**, є характерною ознакою гіпертонічної хвороби або склерозу артерій. Зниження напруги, коли легко стиснути судину пальцями свідчить про падіння напруги в судинній системі - **м'який пульс**

Наповнення пульсу - властивість, що свідчить про рівень артеріального тиску. Чим більше систолічний тиск, об'єм крові, що циркулює, тим сильніше

наповнення. Такий пульс називається **повним**. При гострій судинній недостатності, супроводжуваної різким падінням тиску, пульс стає **порожнім**. При масивній кровотечі, колапсі, шоку пульс **ниткоподібний** (сполучається з тахісфігмією, поганим наповнення і напругою)

Швидкість - це характеристика, що визначається при графічній реєстрації пульсу - виражає інтенсивність, із якою підвищується тиск в артерії під час підйому пульсової хвилі і знову знижується під час спаду

Розрізняють **швидкий** пульс - при фізичній роботі, недостатності аортального клапану;

повільний пульс - при непритомності, при звуженні аортального устя.

Висота - також визначається при графічній реєстрації (сфігмографії)

Характеризує крутість підйому анакроти

Пульс може бути **високий і низький**

На сфігмограмі аорти і великих артерій розрізняють початковий різкий підйом кривої - **анакроту**

Вона пов'язана з відкриттям півмісяцевих клапанів під час систоли шлуночків, коли кров із силою викидається в аорту і розтягує її стінки. Відповідає фазі швидкого вигнання крові. Далі формується більш плавний спад пульсової хвилі -

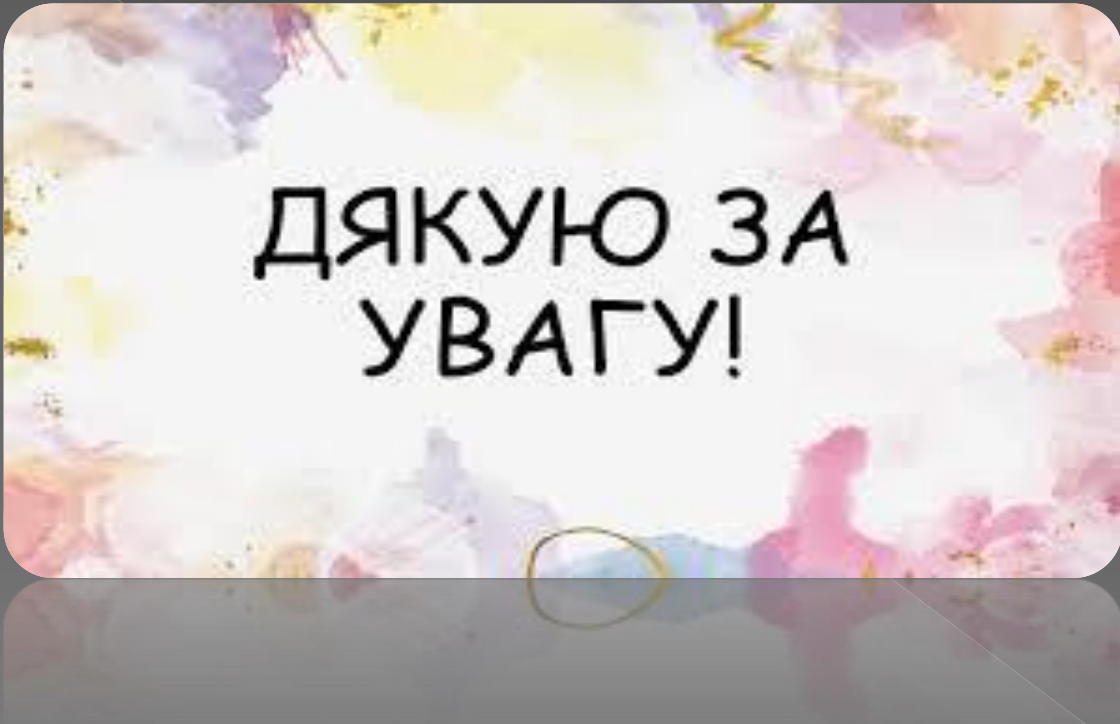
катакрота

Вона виникає наприкінці систоли шлуночків і відповідає фазі повільного вигнання крові з них і закінчується діастолою шлуночків

Низхідне коліно цієї частини має виїмку і додаткову хвилю - **дикроту** (або дикротичний підйом)

Вона за часом збігається з моментом закриття півмісяцевих клапанів і виникненням зворотної хвилі струму крові. У периферичних артеріях анакротичне коліно кривої більш плавне, дикротичний підйом виражений менше





ДЯКУЮ ЗА
УВАГУ!