



# Фізіологія системи кровообігу

доцент Рижковський В.О.

# План

1. Загальна характеристика системи кровообігу.
2. Фізіологічні властивості серцевого м'яза.
3. Фази серцевого циклу.
4. Кількісні показники роботи серцево-судинної системи та їх взаємозв'язок.
5. Основи гідро-гемодинаміки
6. Регуляція роботи серця.

# Загальна характеристика системи кровообігу

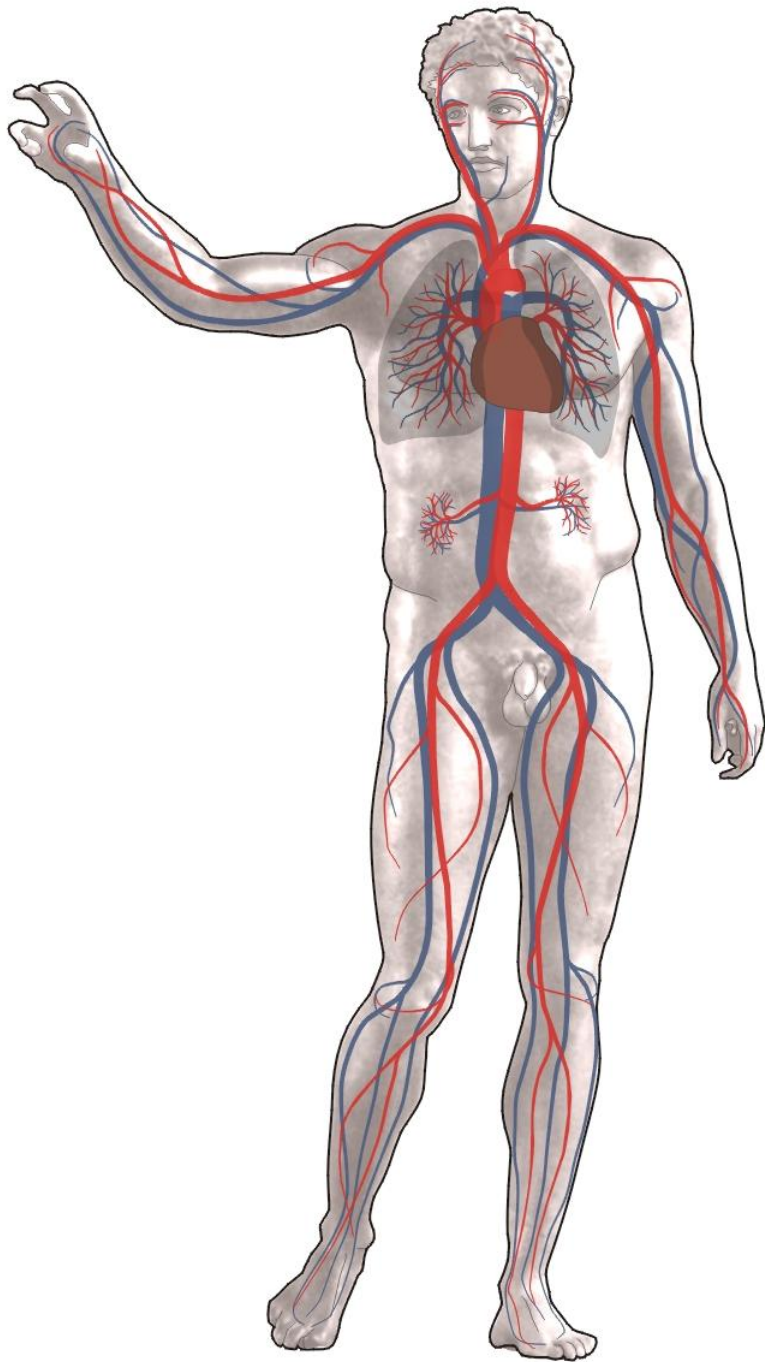
- **Кровообіг** — процес постійної циркуляції крові в організмі, що забезпечує його життєдіяльність. Кровоносну систему організму іноді об'єднують із лімфатичною системою в кардіоваскулярну систему.
- Кров приводиться в рух скороченнями серця і циркулює судинами. Вона забезпечує тканини організму киснем, поживними речовинами, гормонами і постачає продукти обміну речовин до органів їх виділення. Збагачення крові киснем відбувається в легенях, а насичення поживними речовинами — в органах травлення. У печінці та нирках відбувається нейтралізація й виведення продуктів метаболізму. Кровообіг регулюється гормонами та нервовою системою.
- Розрізняють мале (через легені) і велике (через органи і тканини) кола кровообігу.

- Кровообіг — важливий чинник в життєдіяльності організму людини і [тварин](#). Кров може виконувати свої різноманітні функції тільки знаходячись в постійному русі.
- [Кровоносна система](#) складається з серця і судин, якими кров рухається до тканин і органів, а потім повертається до серця. Великі судини, якими кров рухається до органів і тканин, називаються [артеріями](#). Артерії розгалужуються на менші артерії — [артеріоли](#), і, нарешті, на [капіляри](#). Судинами, які зветься [венами](#), кров повертається до серця.
- Кровоносна система людини належить до закритого типу — кров за нормальних умов не покидає організм.
- Рух крові забезпечує різниця [кровоного тиску](#) в

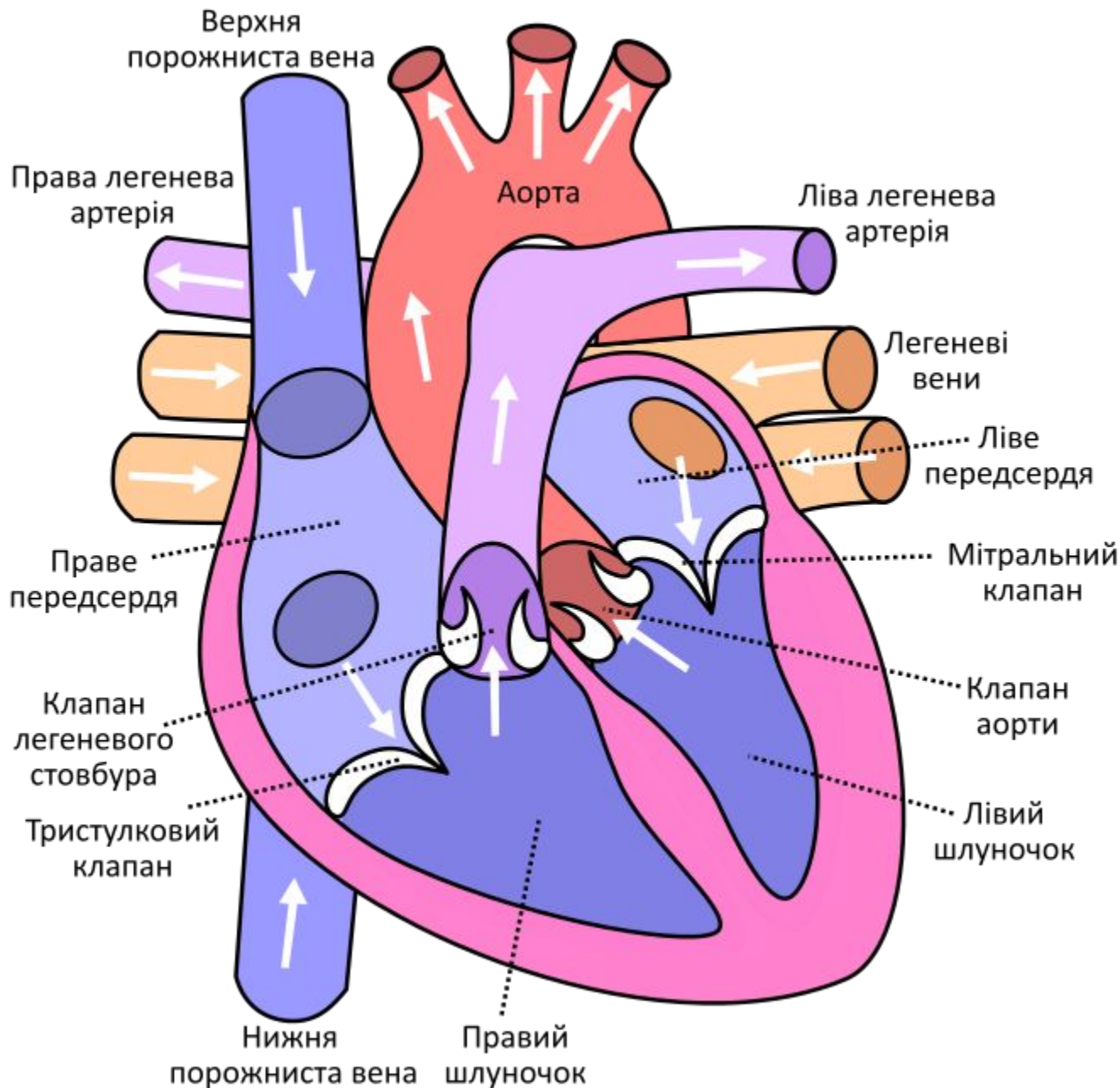
- **Малим колом** кров циркулює через легені. Рух крові цим колом починається зі скорочення правого передсердя, після чого кров надходить у правий шлуночок серця, скорочення якого штовхає кров в легеневий стовбур. Циркуляція крові в цьому напрямку регулюється передсердно-шлуночковою перегородкою і двома клапанами: тристулковим (між правим передсердям і правим шлуночком), що запобігає поверненню крові в передсердя, і клапаном легеневої артерії, що запобігає поверненню крові з легеневого стовбура в правий шлуночок. Легеневий стовбур розгалужується до мережі легеневих капілярів, де кров насичується киснем шляхом вентиляції легень. Потім кров через легеневі вени повертається з легенів у ліве передсердя.

- **Велике коло** кровообігу постачає насичену киснем кров до органів та тканин. Ліве передсердя скорочується одночасно з правим і штовхає кров в лівий шлуночок. З лівого шлуночка кров надходить в аорту. Аорта розгалужується на артерії і артеріоли, серце розділене двостулковим (мітральним) клапаном і клапаном аорти. Таким чином, кров рухається великим колом кровообігу від лівого шлуночка до правого передсердя, а потім малим колом кровообігу від правого шлуночка до лівого передсердя.
- Також існують ще два кола кровообігу: **серцеве коло кровообігу** — починається від аорти двома коронарними артеріями, по яких кров надходить у всі шари і частини серця, а потім збирається по дрібних венах у венозний синус і закінчується венами серця, що впадають у праве передсердя.

- **Плацентарне**



The human circulatory system. Red indicates oxygenated blood, blue indicates deoxygenated blood.



## Циркуляція крові через серце.

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



## 2. Фізіологічна характеристика міокарда

- **Автоматизм** — здатність серця ритмічно скорочуватись під впливом імпульсів збудження, що спонтанно виробляються у ньому. У нормі найбільший автоматизм мають клітини [синусового вузла](#), що розташований у правому передсерді.
- **Збудливість** — здатність серцевого м'яза збуджуватися від різних подразників фізичної або хімічної природи, що супроводжується змінами фізико-хімічних властивостей тканини. Під час збудження серця утворюється електричний струм, що реєструється [гальванометром](#) у вигляді [електрокардіограми](#)

- **Провідність** — здатність серцевого м'яза проводити імпульси від місця їх виникнення до скоротного міокарду. При нормальній провідності відділи серця збуджуються у певному порядку. У нормі імпульси проводяться від синусового вузла до м'яза передсердь і шлуночків. Найбільшу провідність має [провідна система серця](#).
- **Скоротливість** — здатність серця скорочуватися під впливом імпульсів. Сила скорочення серцевого м'яза прямо пропорційна початковій довжині м'язових волокон.
- **Рефрактерність** — неможливість збуджених клітин міокарду знову активізуватися при виникненні додаткових імпульсів. Розрізняють абсолютну і відносну рефрактерність. Під час абсолютної рефрактерності на серце не впливають імпульси будь-якої сили. Під час відносного рефрактерного періоду серце здатне до збудження, якщо сила



а



б

**Особливості збудливості кардіоміоцитів:**  
 а - розвиток ПД і іонна проникність;  
 б- іонна проникність і активація скоротливих елементів

### 3. Фази серцевого циклу

- Робота серця являє собою безперервне чергування періодів скорочення (систола) і розслаблення (діастола), що і складає серцевий цикл. Оскільки у спокої частота скорочень серця становить 60—80 циклів на хвилину, то кожен з них триває близько 0,8 с. При цьому 0,1 с займає систола передсердь, 0,3 с — систола шлуночків, а решту часу — спільна діастола серця.
- Артерії, які майже не містять гладких м'язів, але мають потужну еластичну оболонку, виконують головним чином «буферну» роль, згладжуючи перепади тиску між систолою і діастолою.
- Венозне повернення здійснюється за кількома механізмами

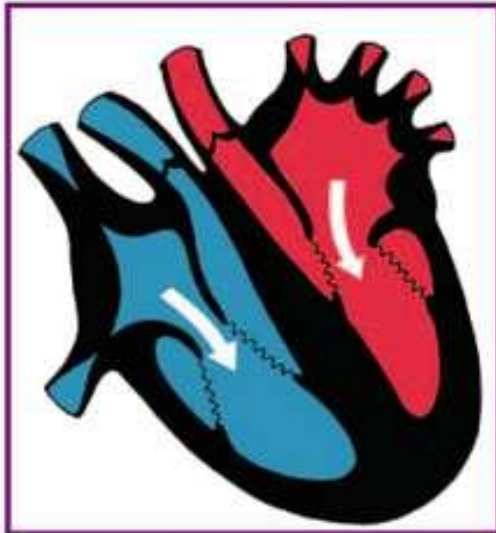
# Серцевий цикл. Робота серця.

Фаза	Що відбувається?	Тривалість (с)	Напрямок руху крові
<u>Систола</u>	Скорочення передсердь	0,1	<i>Кров з передсердь виштовхується у шлуночки.</i>
	Скорочення шлуночків	0,3	<i>Кров з правого шлуночка виштовхується через легеневий стовбур до легневих артерій, а з лівого – до аорти.</i>
<u>Діастола</u>	Загальне розслаблення пересердь та шлуночків	0,4	<i>Весь серцевий м'яз перебуває у стані спокою, або загального розслаблення.</i>

# Сердечний цикл

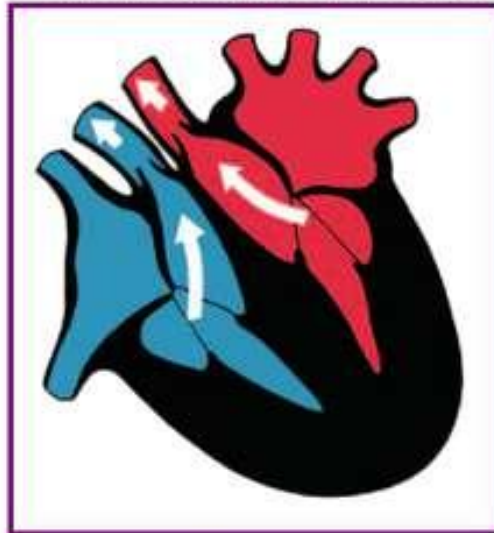
## 1. Скорочення (систола) передсердь

Триває близько 0.1 с.  
Шлуночки розслаблені, стулкові клапани відкриті, півмісяцеві - закриті. Кров з передсердь надходить у шлуночки.



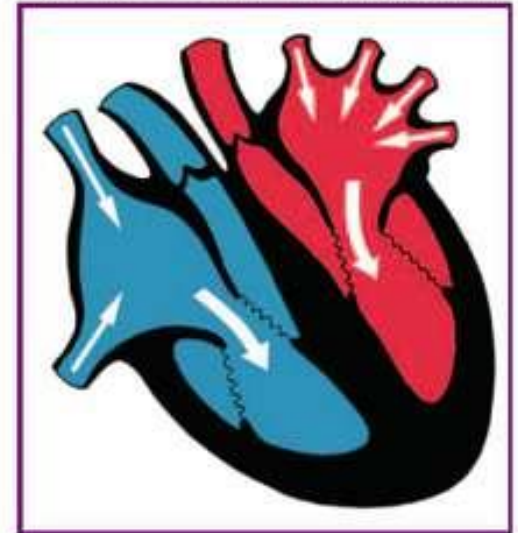
## 2. Скорочення (систола) шлуночків

Триває близько 0.3 с.  
Передсердя розслаблені, стулкові клапани закриті, півмісяцеві клапани відкриті. Кров з шлуночків надходить у легеневу артерію і аорту.



## 3. Пауза. Розслаблення передсердь і шлуночків (діастола)

Триває близько 0.4 с.  
Стулчасті клапани відкриті, півмісяцеві закриті. Кров з вен потрапляє в передсердя і частково стікає в шлуночки.



Оптимальний режим роботи серця:

передсердя працюють 0.1 с і відпочивають 0.7 с, а шлуночки працюють 0.3 с і відпочивають 0.5 с.

# Комплекс факторов, участвующих в формировании величины венозного возврата

Источник: <http://meduniver.com/Medical/Physiology/379.html> MedUniver



## 4. Показники роботи серцево-судинної системи

- **Ударний об'єм серця** ( $V_{\text{contr}}$ ) — обсяг, який лівий шлуночок викидає в аорту (а правий — в легеневий стовбур) за одне скорочення. У людини дорівнює 50-70 мл.
- **Хвилинний об'єм кровотоку** ( $V_{\text{minute}}$ ) — обсяг крові, що проходить через поперечний переріз аорти (і легеневого стовбура) за хвилину. У дорослої людини хвилинний об'єм приблизно дорівнює 5-7 літрів.
- **Частота серцевих скорочень** (Freq) — число скорочень серця на хвилину.
- **Артеріальний тиск** — тиск крові в артеріях.
- **Систолічний тиск** — найвищий тиск під час серцевого циклу, що досягається до кінця систоли.
- **Діастолічний тиск** — найнижчий тиск під час серцевого циклу, досягається в кінці діастоли шлуночків.
- **Пульсовий тиск** — різниця між систолічним і



- **Середній артеріальний тиск ( $P_{\text{mean}}$ )**  
найпростіше визначити у вигляді формули:

$$(2 \text{ (ДАТ)} + \text{САД}) / 3.$$

Якщо ви знаєте показники вашого діастолічного та систолічного тиску, визначити середній артеріальний тиск дуже просто. Просто помножте показник діастолічного тиску на два, додайте показник систолічного тиску і розділіть результат на три.

- Фізіологічний зміст цієї величини: це такий еквівалентний тиск, що при звичайних умовах хвилинний об'єм кровотоку не відрізнявся би від спостережуваного на даний момент.

# 5. Гемодинаміка

- **Об'ємна швидкість кровотоку** (кількість крові, що протікає через поперечний переріз судини), що вимірюється в мілілітрах в секунду, можна розрахувати лінійну швидкість кровотоку, яка виражається в сантиметрах у секунду.
- **Лінійна швидкість кровотоку (V)** відображає швидкість просування частинок крові вздовж судини і дорівнює об'ємній (Q), діленій на площу перерізу кровоносної посудини:

$$V=Q/\pi r^2$$

- **Периферичний опір** судинної системи складається з безлічі окремих опорів кожного судини. Будь-який з таких судин можна уподібнити трубці, опір якої ( $R$ ) визначається за формулою Пуазейля:

$$R=8l\eta/\pi r^4$$

де  $l$  - довжина трубки;  $\eta$  - в'язкість рідини;  $\pi$  - відношення довжини кола до діаметру;  $r$  - радіус трубки.

Судинна система складається з безлічі окремих трубок, з'єднаних паралельно і послідовно.

При послідовному з'єднанні трубок їх сумарний опір дорівнює сумі опорів кожної трубки:

$$R=R_1+R_2+R_3+\dots+R_n$$

При паралельному з'єднанні трубок їх сумарний опір обчислюють за формулою:

$$R=1/(1/R_1+1/R_2+1/R_3+\dots+1/R_n)$$

**Загальний периферичний опір** — опір, який судинна система надає кровотоку. Безпосередньо не можна виміряти опір, але його можна обчислити, виходячи з хвилинного об'єму і середнього артеріального тиску.

Хвилинний об'єм кровотоку дорівнює відношенню середнього артеріального тиску до периферійного опору.

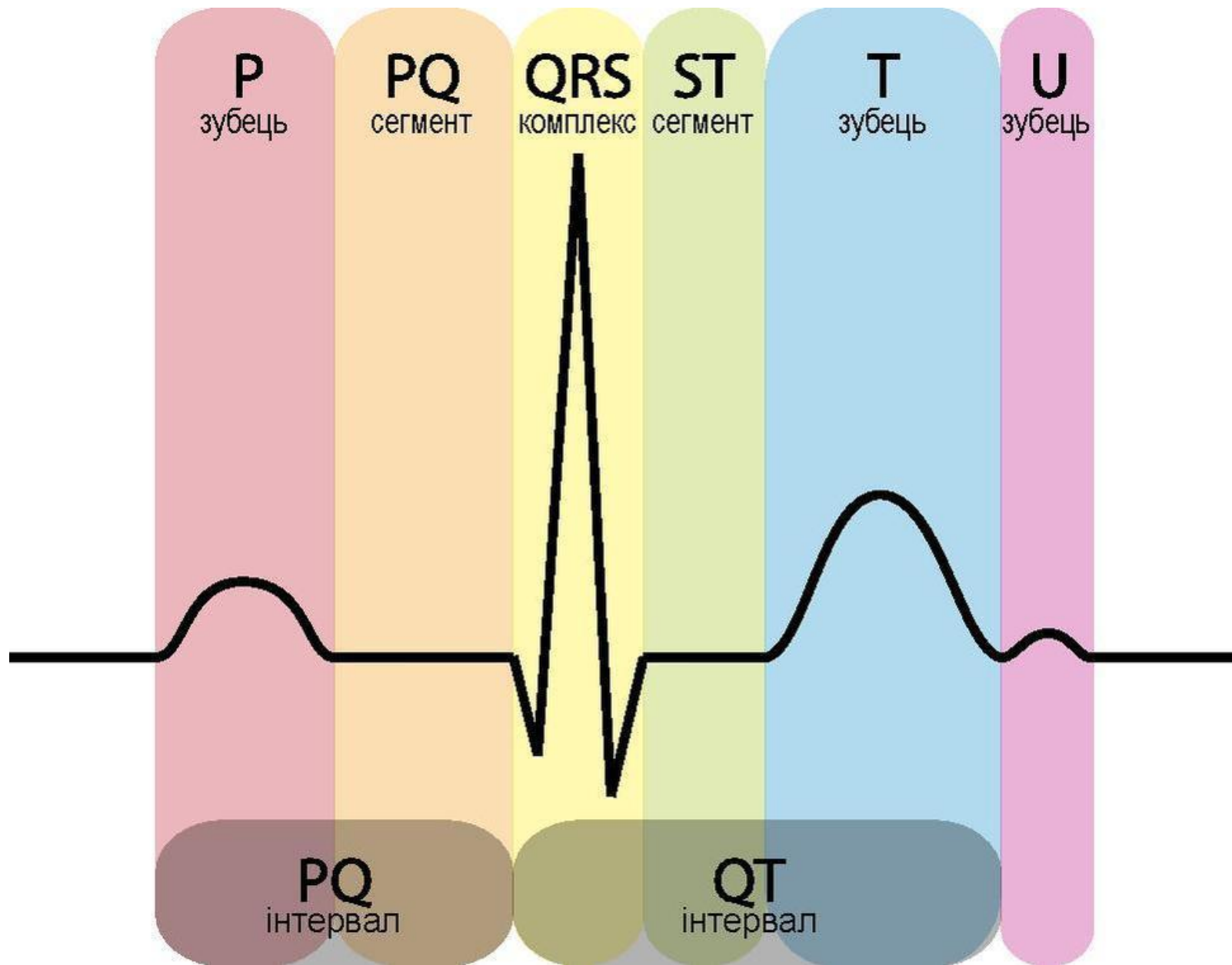
$$V_{minute} = \frac{P_{mean}}{R_{perif}}$$

- Загальний периферичний опір залежить від довжини судин, числа паралельно включених судин і радіусу судин. Зрозуміло, що не існує практичного способу дізнатися всі ці величини, крім того, стінки судин не є твердими, а кров не поводитьься як класична Ньютонівська рідина з постійною в'язкістю.
- «закон Пуазейля має для кровообігу швидше ілюстративну, ніж конструктивну роль»

# 5. Регуляція системи кровообігу

- Робота серця регулюється нервовою й ендокринною системами, вмістом у крові іонів кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  і калію  $\text{K}^+$ . Також наявна локальна міогенна регуляція роботи серця: закон Франка-Старлінга, феномен Анрепа
- Закон Франка-Старлінга відображає залежність сили скорочення серця від розтягування м'язових волокон його камер. Закон стверджує, що ударний об'єм серця збільшується через збільшення об'єму крові, що заповнює його. Збільшений об'єм крові розтягує стінки шлуночка, і серцевий м'яз скорочується з більшою силою.
- Феномен Анрепа: при підвищенні тиску в аорті і легеневому стовбурі сила серцевих скорочень автоматично зростає, забезпечуючи тим самим можливість викиду того ж об'єму крові, що і при початковій величини артеріального тиску, тобто чим більше спротив, тим більше сила скорочень.

- Нервова система регулює частоту і силу серцевих скорочень: симпатична нервова система обумовлює посилення скорочень, парасимпатична — їхнє послаблення.
- Вплив ендокринної системи на серце відбувається за допомогою гормонів, які можуть збільшувати чи зменшувати силу серцевих скорочень та змінювати їхню частоту. Основною ендокринною залозою, яка регулює роботу серця, можна вважати наднирники: дія їхніх гормонів адреналіну й ацетилхоліну на серце відповідає функціям симпатичної і парасимпатичної систем.





**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ**