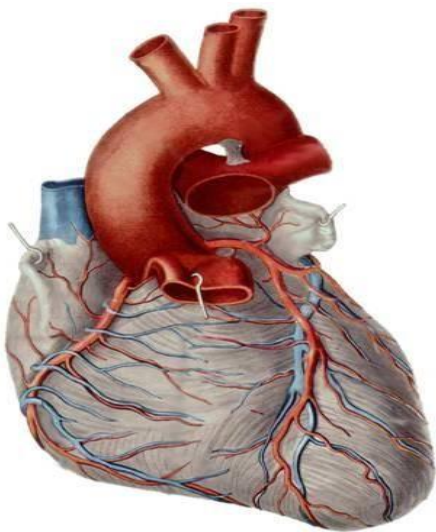
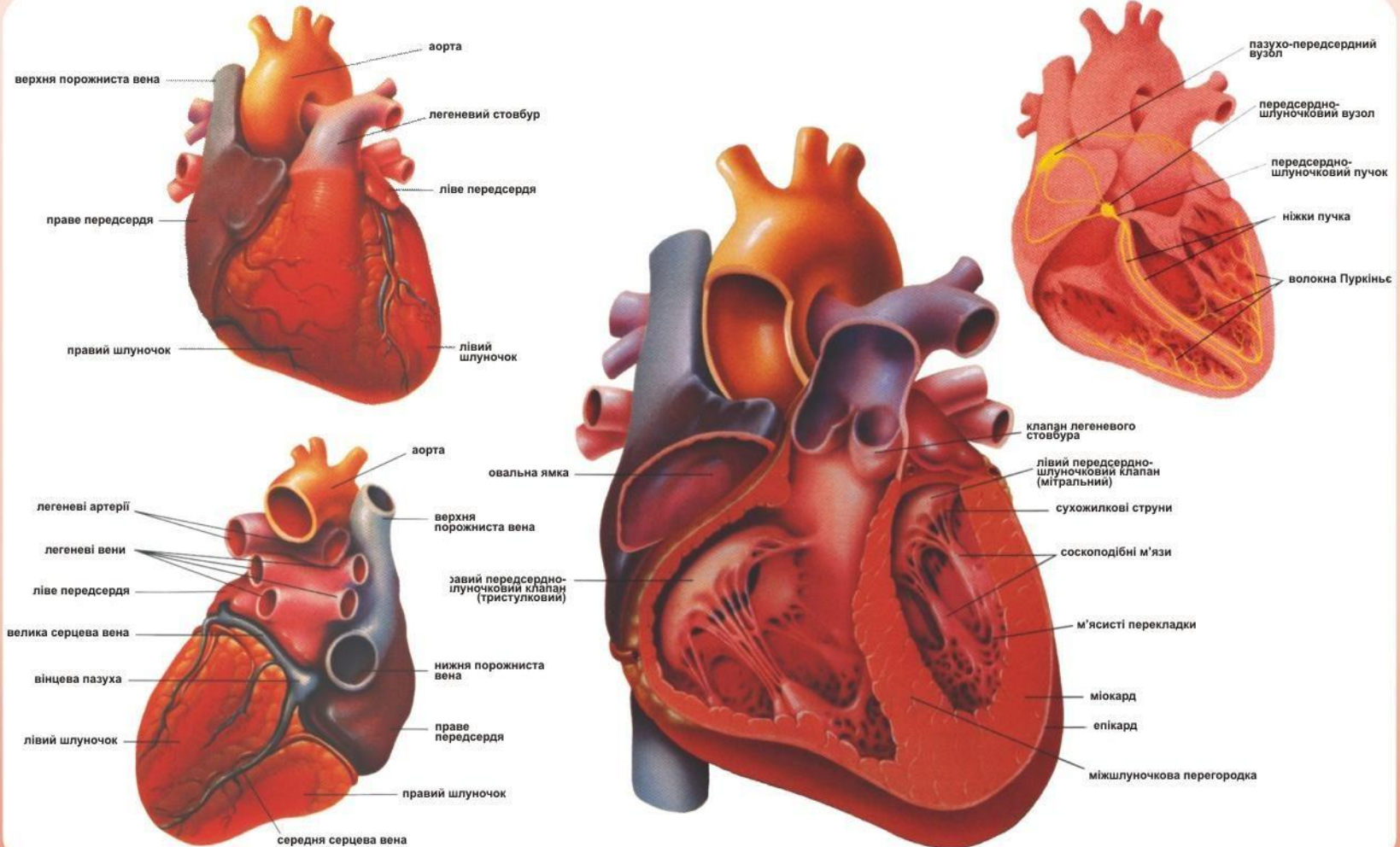


***Система кровообігу
Фізіологічні властивості
серцевого м'яза
ЕКГ***

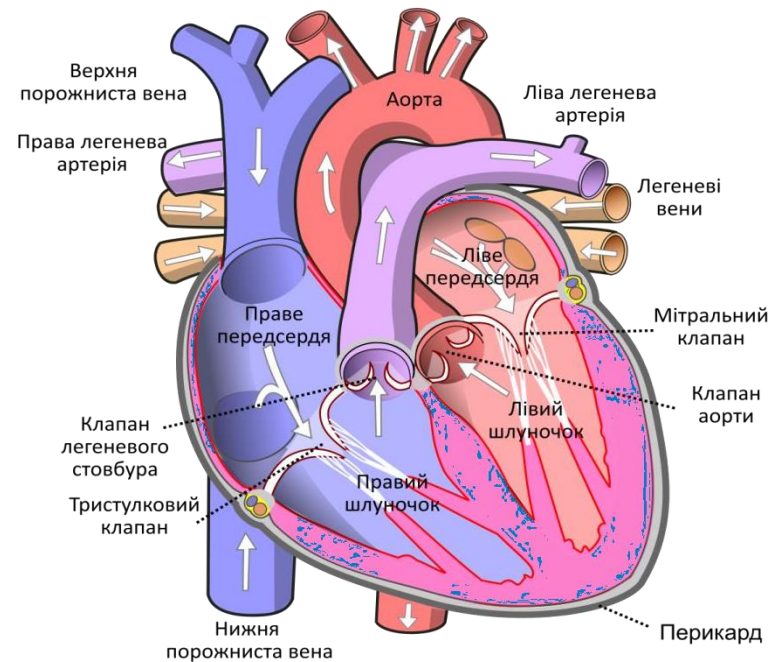


***Проф.
Весніна Л.Е.***

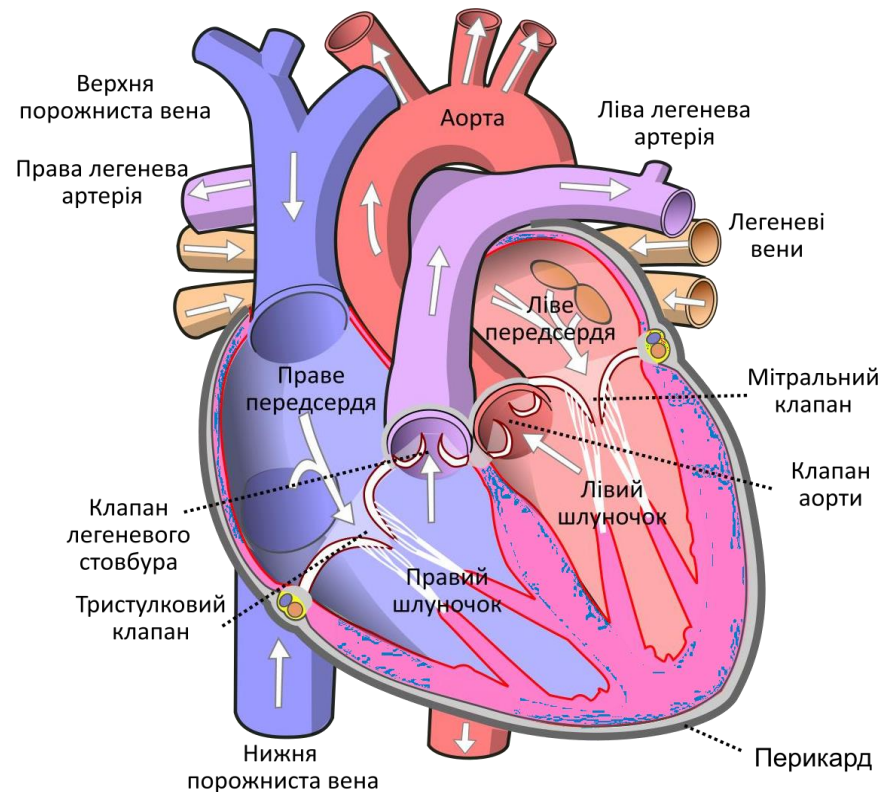
Будова серця



- **Серце** — порожнистий м'язовий орган, який виконує насосну функцію, переганяє кров з венозної системи в артеріальну та є **центральним органом системи кровообігу**
- Серце має 4 камери: два **передсердя** і два **шлуночки**
- Передсердя розділені м'язовою міжпередсердною перегородкою, шлуночки — міжшлуночковою перегородкою
- Між передсердями і шлуночками знаходиться атріовентрикулярна перегородка (а-в, передсердно-шлуночкова) з фіброзної тканини
- В ній є два отвори, за допомогою яких з'єднуються камери передсердь і шлуночків
- Ці отвори закриваються а-в стулковими **клапанами** - у лівій половині двостулковим (мітральним), в правій — тристулковим



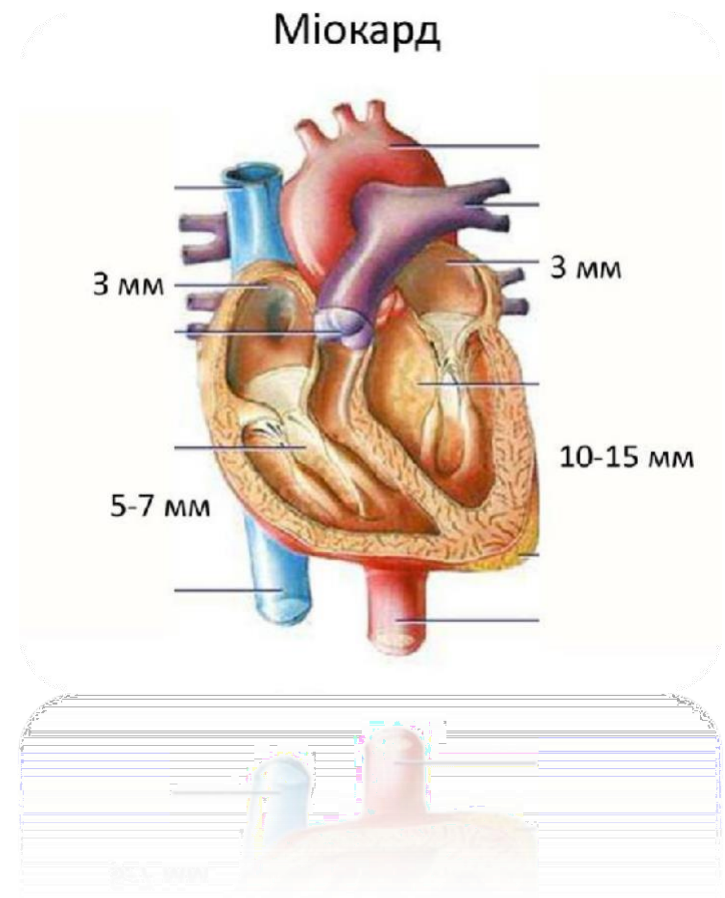
- У праве передсердя впадають дві **порожнисті вени** (верхня і нижня), в ліве — чотири **легеневі вени**
- З правого шлуночка виходить **легеневий стовбур**, від нього починається **мале коло кровообігу**, яке закінчується легеними венами в лівому передсерді
- З лівого шлуночка виходить **аорта**, якою починається **велике коло кровообігу**
- Воно закінчується порожнистими венами в правому передсерді



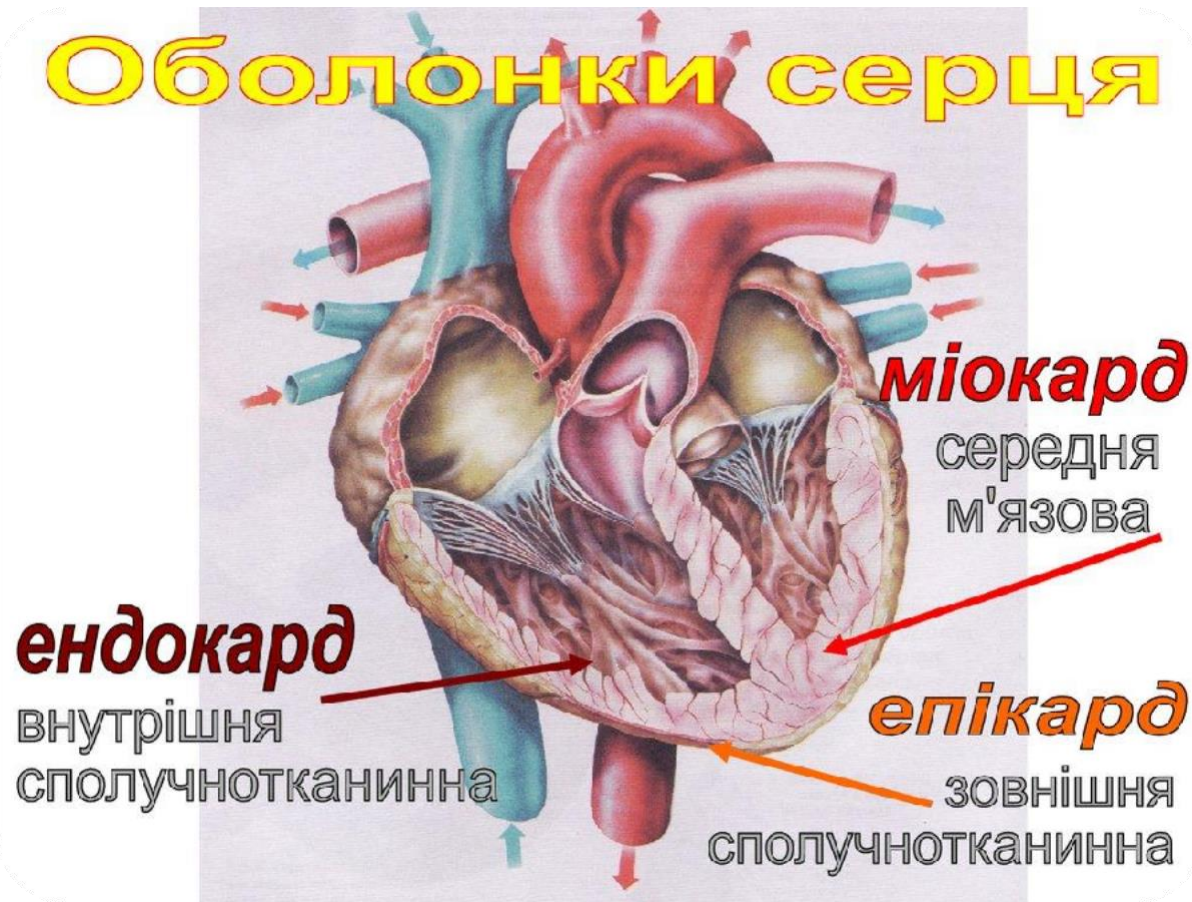
Стінка серця є неоднаковою за товщиною, що залежить від функціонального навантаження:
найтонша – в **передсердях** - 2-3 мм
найтовща – в **лівому шлуночку** - 8-16 мм

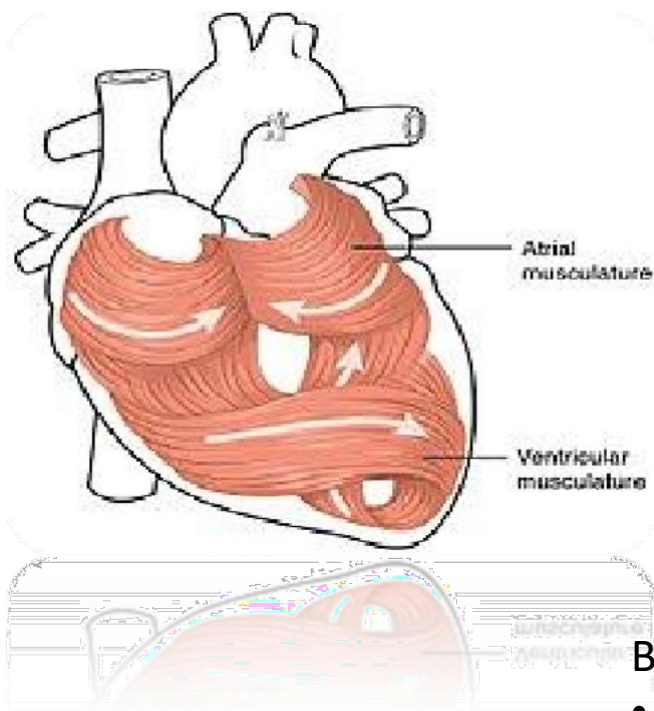
Будова стінки в відділах однакова:

- внутрішній шар – **ендокард** – складається з шару ендотеліальних клітин та сполучнотканинного шару з кровоносними судинами та нервами
- середній шар найбільш потужний – **міокард** – виконує основну функцію серця
- зовнішній шар - **епікард** – сполучнотканинний шар
- четвертий шар – **перикард** – сполучнотканинний покриває серце і утворює навколосерцеву сумку
- між перикардом та епікардом є щілина, заповнена невеликою кількістю перикардіальної рідини, яка зменшує тертя серця об внутрішню поверхню перикарда при скороченнях



Оболонки серця





Закручений візерунок міокарда серця допомагає серцевому насосу дієво перекачувати кров
Atrial musculature - м'язова система передсердь,
Ventricular musculature - м'язова система шлуночків

Види м'язових клітин:

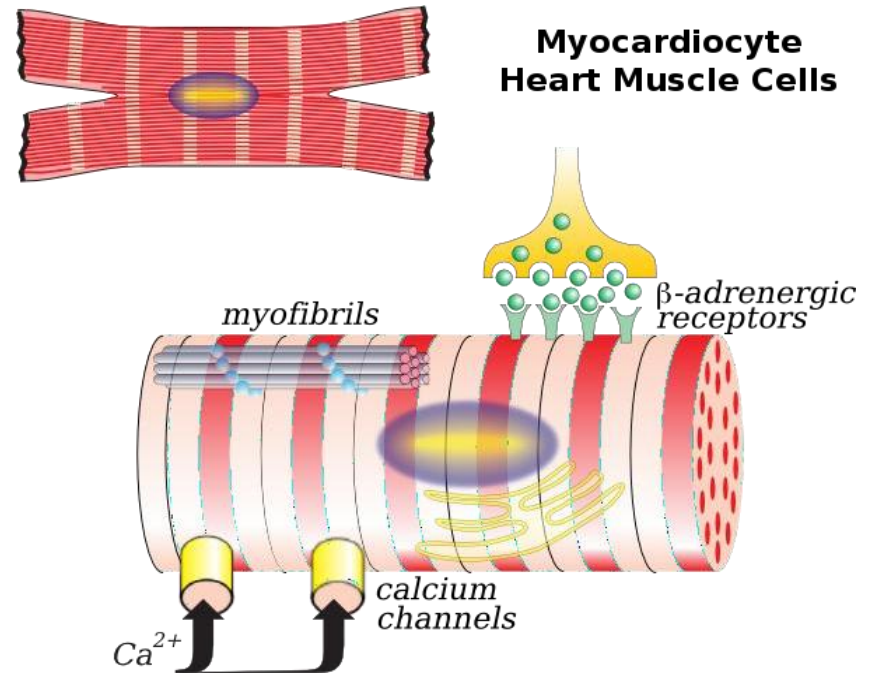
- ***типові кардіоміоцити*** робочого міокарда
- ***атипові кардіоміоцити*** провідної системи серця

Кардіоміоцити становлять основну м'язову оболонку серця, забезпечують викид крові з порожнини серця

Атипові специфічні ембріональні міоцити - це провідна система серця (вузли - пейсмекери та пучки)

Волокна міокарда:

- мають поперечну посмугованість
 - покриті мембраною, під якою розміщена велика кількість міофібрил, що складаються з **міозинових і актинових філаментів**
 - контакт між двома сусідніми кардіоміоцитами здійснюється **вставними (інтеркалярними) дисками**, які допомагають підтримувати синхронізоване скорочення
 - в зоні дисків знаходяться **щільні контакти (нексуси)**, через які проходять іони по внутрішньоклітинному середовищі і забезпечують розповсюдження потенціалу дії з одної клітини на іншу
- така структура взаємопов'язаних між собою клітин - **функціональний синтицій**, який на подразнення реагує як одна клітина



Провідна система серця

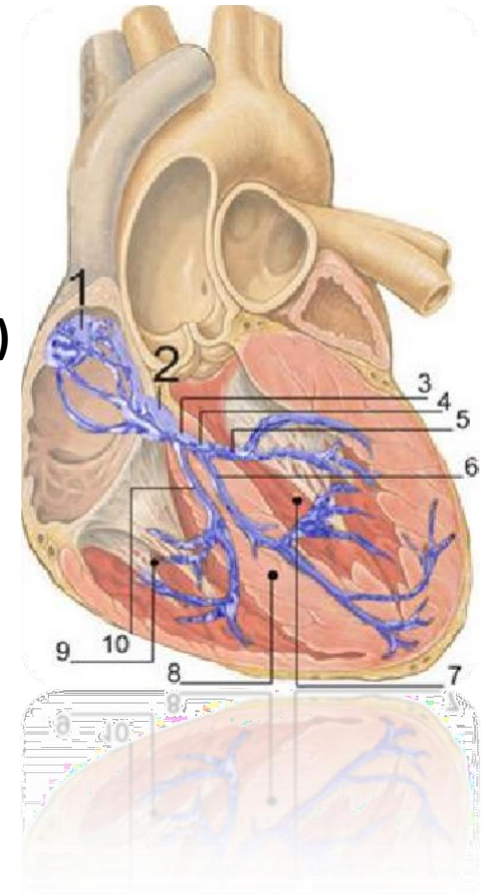
- **Синоатріальний вузол Кіс-Фляка (s-a вузол)** - під епікардом правого передсердя між гирлами порожнистих вен і вушком правого передсердя

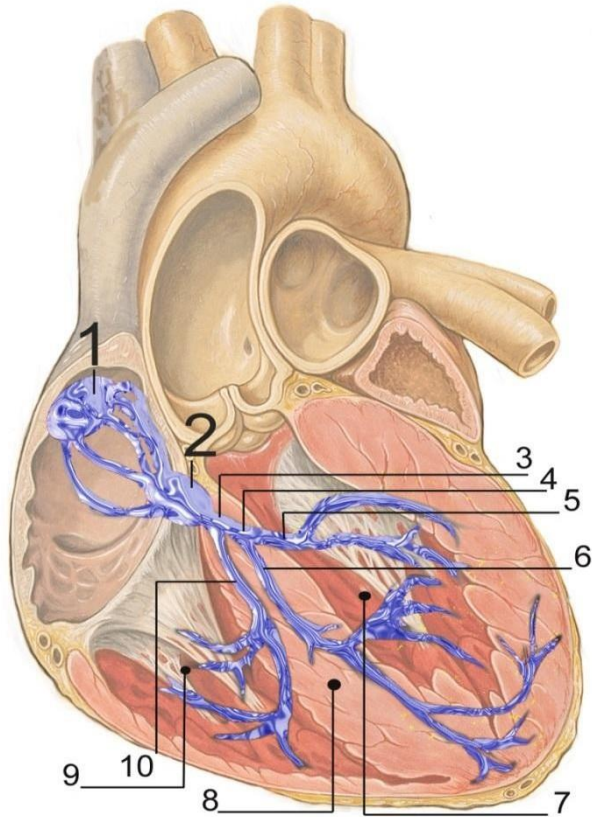
Від вузла відходять **пучки**

- Бахмана (до лівого передсердя)
- Венкенбаха і Тореля (до а-v вузла)

Ці пучки передають збудження до а-v вузла

- **Атріо-вентрикулярний вузол Ашоффа-Тавара (а-v вузол)** - під ендокардом правого передсердя біля а-v перегородки
- **пучок Гіса** починається від а-v вузла, проходить через фіброзну а-v перегородку (єдине місце контакту м'язів передсердь і шлуночків, де є перехід збудження)
- пучок Гіса ділиться на **дві ніжки** по лівій і правій сторонах міжшлункової перегородки під ендокардом до верхівки серця і
- розпадаються на **волокна Пуркін'є**, які безпосередньо контактують з клітинами робочого міокарда





1. [Синоатріальний вузол](#)
2. [Атріовентрикулярний вузол](#)
3. [Пучок Гіса](#)
4. [Ліва ніжка пучка Гіса](#)
5. [Задня гілка лівої ніжки пучка Гіса](#)
6. [Передня гілка лівої ніжки пучка Гіса](#)
7. [Лівий шлуночок](#)
8. [Міжпередсердна перетинка](#)
9. [Правий шлуночок](#)
10. [Права ніжка пучка Гіса](#)

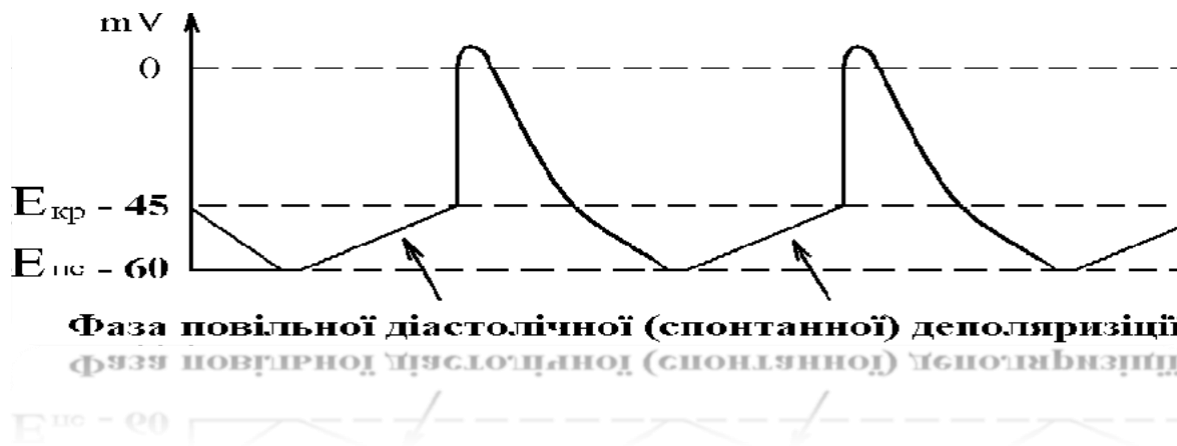
Властивості серцевого м'яза

- **автоматія** - здатність серця скорочуватись під впливом імпульсів, що виникають у самому серці
- **збудливість** - здатність серця переходити до робочого стану під впливом різних подразників
- **провідність** - здатність серця поширювати збудження по всьому серцю
- **скоротливість** - здатність серцевого м'яза скорочуватись у відповідь на збудження

Потенціал дії атипових кардіоміоцитів

В кінці діастоли вихід іонів K^+ із клітин різко зменшується, потенціал спокою – **максимальний діастолічний потенціал** клітин-пейсмекерів становить -60 мВ

- **I фаза** - спонтанна повільна діастолічна деполяризація СПДД
- - відкриваються потенціал-залежні Ca^{2+} Т-канали (transient – тимчасовий) - збільшується вхід Ca^{2+}
- - відкривається повільні Na^+ канали – збільшується вхід Na^+ в клітини що призводить до деполяризації, яка досягає критичного рівня -40 мВ
- **II фаза** - швидка деполяризація за рахунок входу Na^+ та Ca^{2+} через Ca^{2+} L-канали (long-lasting - довготривалий)
- **III фаза** – реполяризація - збільшення виходу K^+ із клітини



Градiєнт автоматії

- Ступiнь автоматії рiзних вiддiлiв провiдної системи рiзний, тому є **градієнт автоматії** - чим нижче вiддiл провiдної системи, тим нижчий ступiнь частоти генерації збудження:
- Пейсмеркер I порядку **сино-атріальний вузол** 60–80 за хв
- Пейсмеркер II порядку **атріо-вентрикулярний вузол** 40–50 за хв
- Пейсмеркер III порядку **пучок Гіса** 30–40 за хв

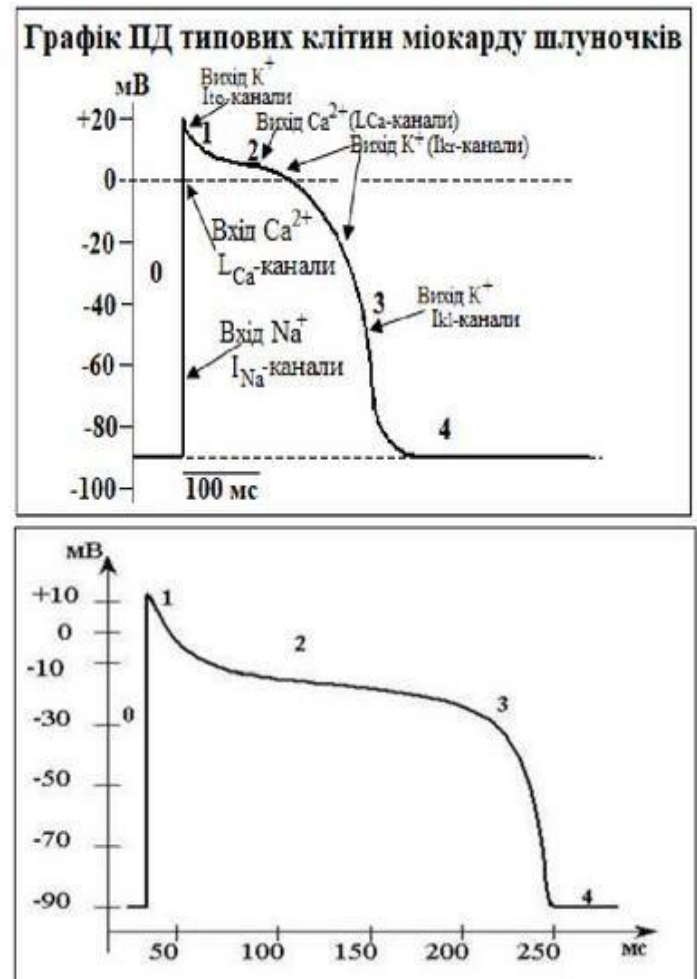


Потенціал дії типових кардіоміоцитів

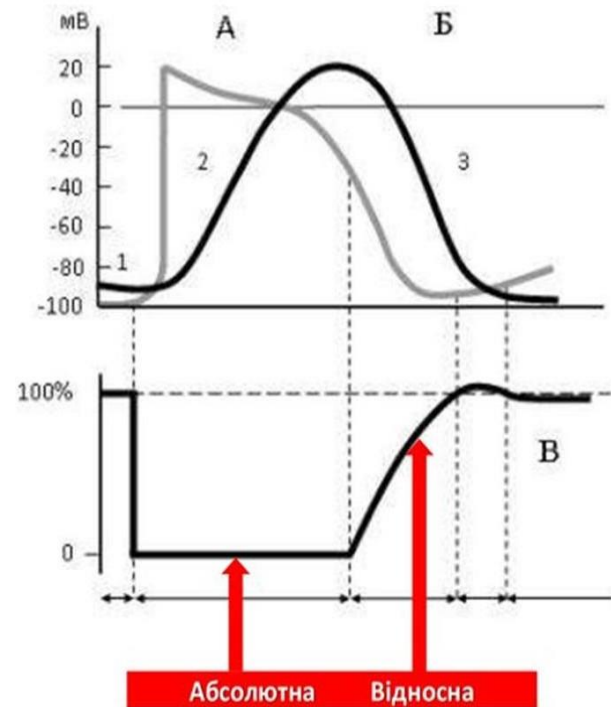
- Потенціал спокою клітин міокарда передсердь і шлуночків є стабільними і становить -90 мВ, наближаючись до рівноважного дифузійного калієвого потенціалу
- Потенціал дії становить 120 мВ
- Він є тривалим: до 100 мс – у міокарді передсердь
- до 350 мс – у міокарді шлуночків
- Критичний рівень деполяризації близько -70 мВ

Потенціал дії типових кардіоміоцитів

- 0 Фаза швидкої деполяризації. Початкова її фаза пов'язана із швидким входом іонів натрію, потім додається вхід іонів кальцію
- 1 Фаза швидкої початкової реполяризації – дуже короткочасна. Пов'язана з виходом із Т-КМЦ іонів калію та вхід хлору
- 2 Фаза повільної реполяризації (плато) під час цієї фази мембранний потенціал Т-КМЦ мало змінюється, оскільки вихід іонів калію зрівноважується входом іонів кальцію.
- 3 Фаза швидкої реполяризації – пов'язана із швидким виходом із клітин калію – відновлення вихідного рівня мембранного потенціалу

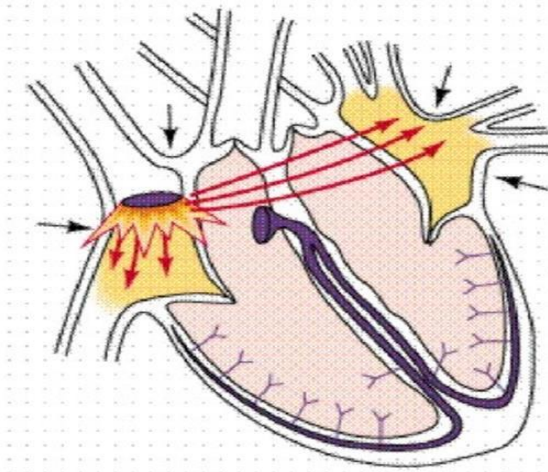


- **Збудливість** – це здатність клітин міокарда передсердь і шлуночків генерувати потенціали дії (ПД) при дії на них подразнення
- Серце відповідає на поодинокі порогові та надпорогові подразнення максимальними скороченнями - діє за законом **«все або нічого»**
- Під час розвитку ПД мембрана кардіоміоцитів втрачає можливість відповідати на інші подразники, стає незбудливою – **рефрактерною**
- Розрізняють два періоди рефрактерності:
 - **Абсолютна рефрактерність** – збудливість відсутня, клітини не генерують ПД при дії подразників (тривалість 270 мс)
 - **Відносна рефрактерність** – період, коли лише надпороговий подразник викликає генерацію ПД (тривалість 30 мс)

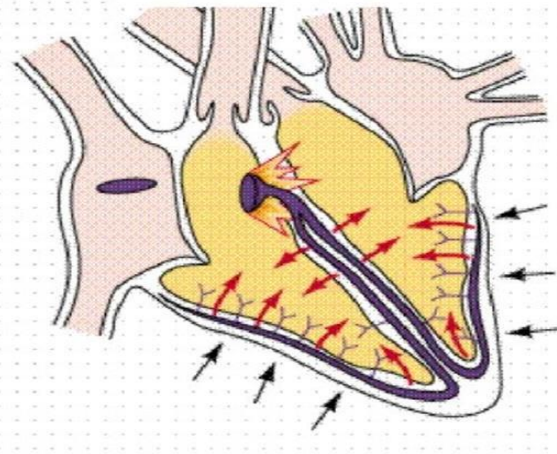


Провідність серця – здатність клітин провідної системи серця проводити біоелектричні потенціали

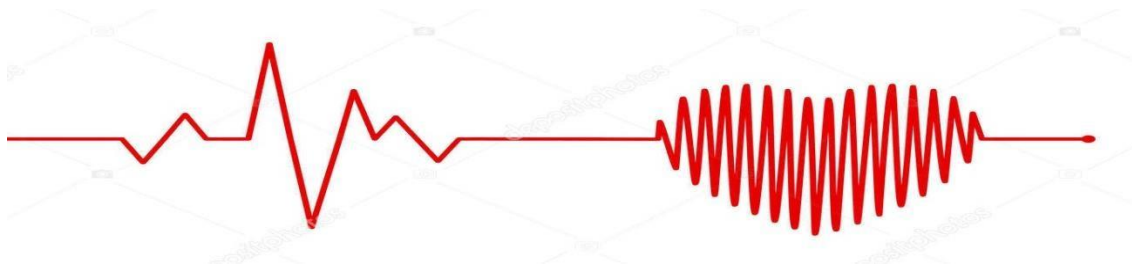
- **Поширення збудження в передсердях** - 0,8–1,0 м/с
Деполяризація охоплює раніше праве передсердя, а потім - ліве
- **Проведення збудження в атріо-вентрикулярному вузлі** - 0,02-0,04 м/с
затримка для послідовного скорочення передсердь, а потім шлуночків
- **Поширення збудження в шлуночках** - пучком Гіса і волокнами Пуркінє 1–1,5 м/с
- затримка проведення збудження – у місці контакту волокон Пуркінє з скоротливими міоцитами
- **Поширення збудження в шлуночках** - 0,3–0,9 м/с



Збудження
синусо-передсердного вузла
охоплює передсердя

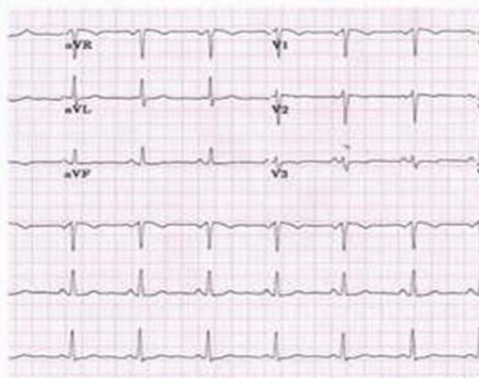
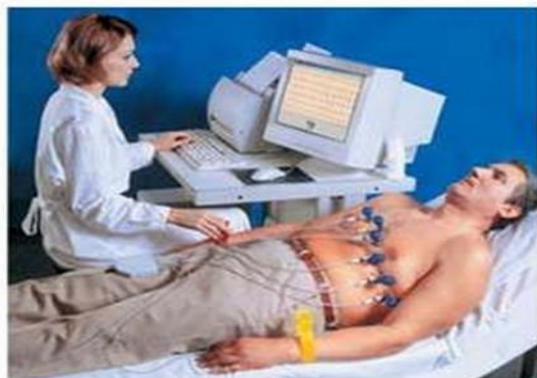


Збудження
передсердно-шлуночкового
вузла передається на пучок Гіса і
волокна Пуркінє і охоплює
шлуночки



Електрокардіографія — метод графічної реєстрації електричних явищ, які виникають у під час роботи серця з поверхні тіла

ЕКГ — запис коливань різниці потенціалів, які виникають у серці під час його збудження

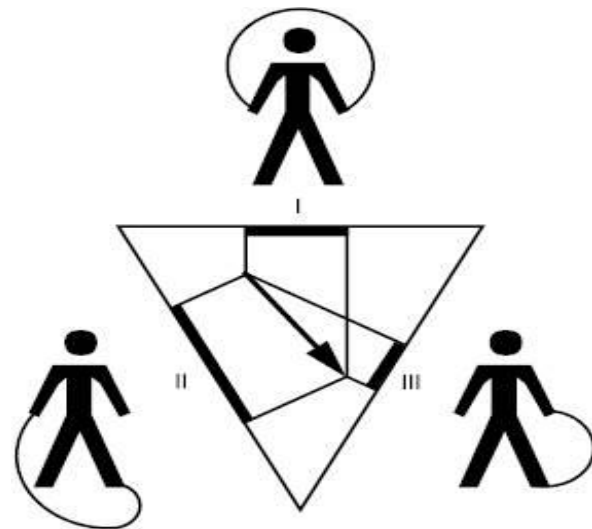


Відведення ЕКГ - біполярні та уніполярні

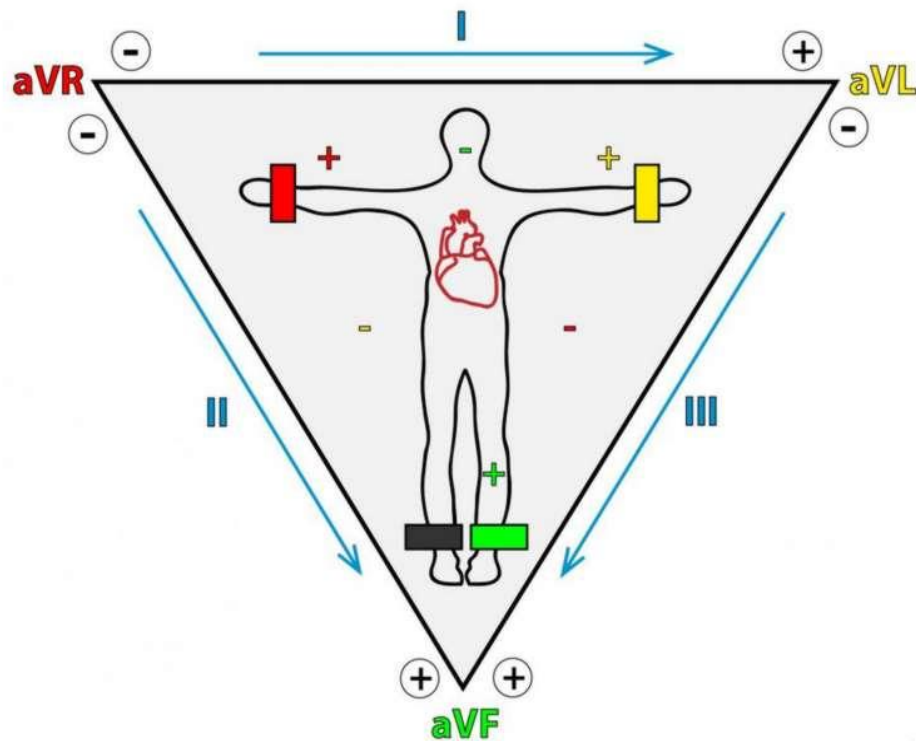
Біполярні відведення реєструють різницю потенціалів між двома активними точками. Для уніполярного відведення накладають активний електрод на точку поверхні тіла і реєструють зміну потенціалу між цим електродом та «індиферентним», умовно прийнятим за 0

- ✓ До **біполярних** відведень відносяться:
 - стандартні відведення за Ейнтховеном (I, II, III)
 - грудні відведення за Небом (D,A,I)
- ✓ До **уніполярних** відведень відносяться:
 - посилені відведення за Гольденбергером (aVR, aVL, aVF)
 - грудні (прекардіальні) відведення за Вільсоном (V1 – V6)

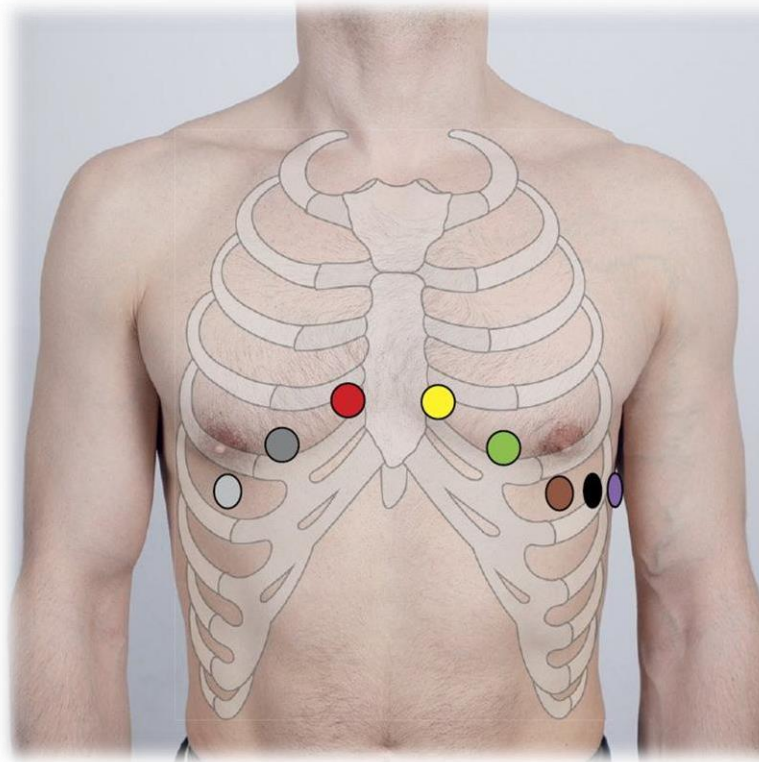
**Стандартні
відведення за
Ейнтховеном**



Посилені уніполярні відведення від кінцівок за Гольдбергером
aVR, aVL, aVF

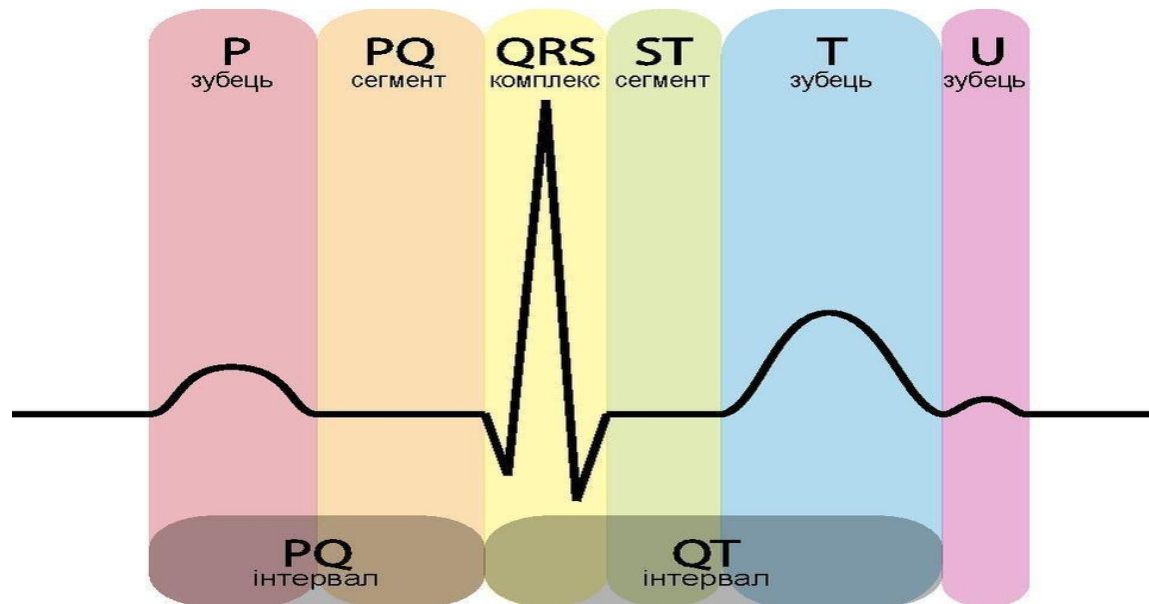


Уніполярні грудні відведення за Вільсоном V1 – V6

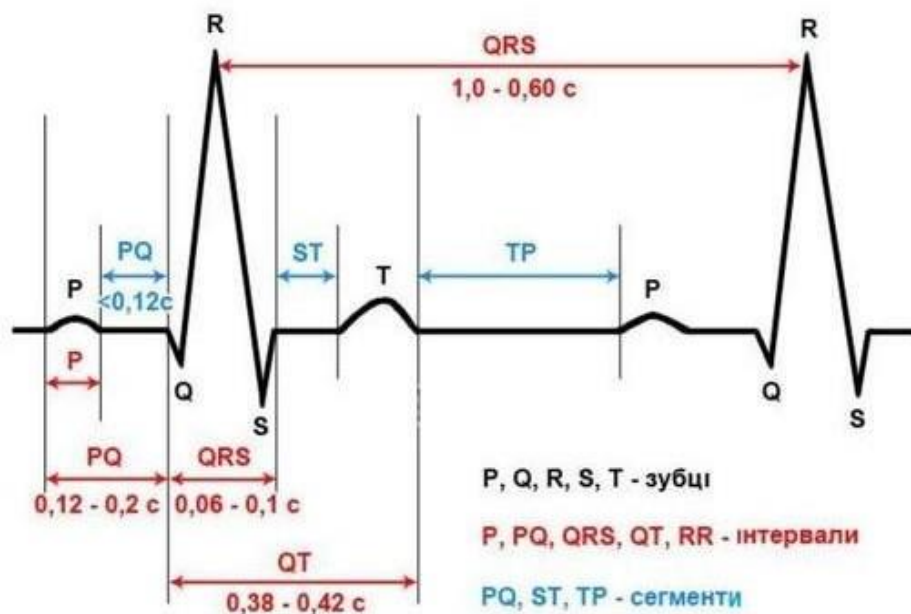


- V₁ – IV міжребер'я біля правого краю грудини
- V₂ – IV міжребер'я біля лівого краю грудини
- V₃ – між V₂ і V₄
- V₄ – V міжребер'я по лівій середньоключичній лінії
- V₅ – на рівні V₄ по передній аксилярній лінії зліва
- V₆ – на рівні V₄ по середній аксилярній лінії зліва
- V_{r3} – між V₁ та V_{r4}
- V_{r4} – V міжребер'я по правій середньоключичній лінії

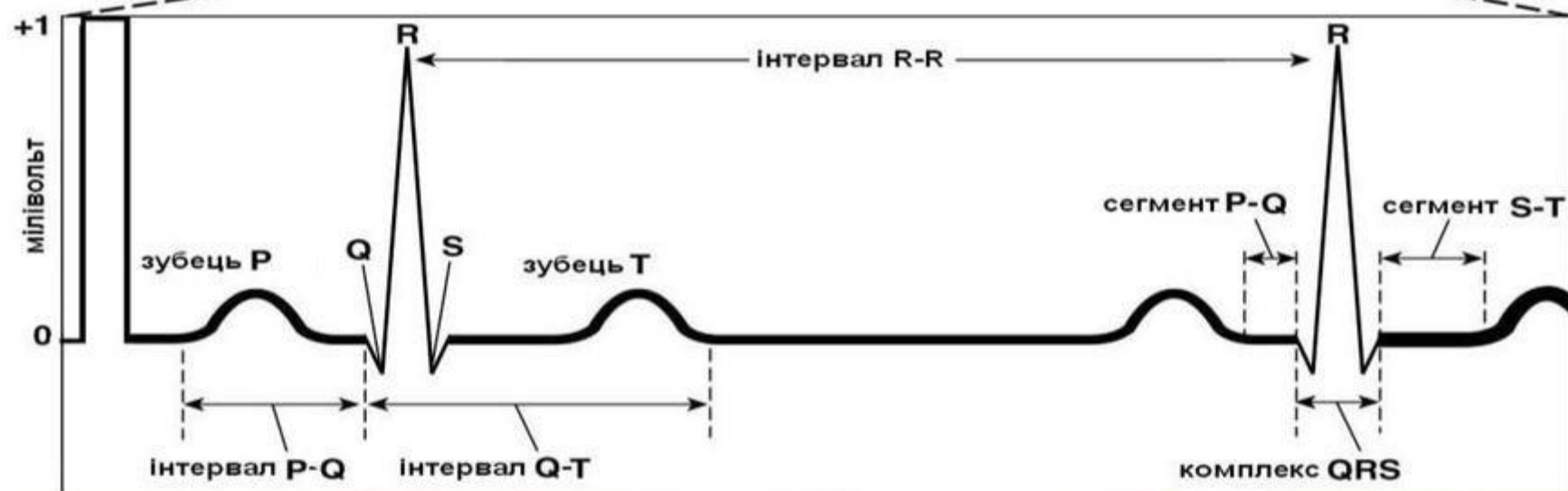
- Основна мета реєстрації ЕКГ у стандартних і посилених відведеннях від кінцівок - аналіз динаміки збудження міокарду **у фронтальній площині.**
- Основна мета реєстрації ЕКГ в грудних відведеннях - аналіз динаміки збудження серця **у горизонтальній площині.**



Елементи ЕКГ

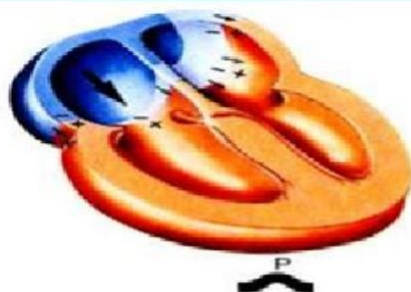


- **Ізоелектрична (нульова) лінія**, розташована між зубцями.
- **Зубці** – відхилення від ізолінії догори (позитивні: P, R, T, U) або донизу (негативні: Q, S). Крім напрямку характеризуються величиною (вольтажем).
- **Сегменти** – ділянки ізолінії між зубцями – PQ, ST, TP.
- **Інтервали** – складаються із зубців та сегментів – PQ, QT, RR



Динаміка поширення збудження

Деполаризація
передсердь



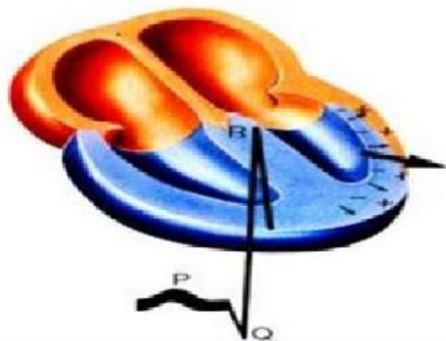
Деполаризація
м/ш перетинки



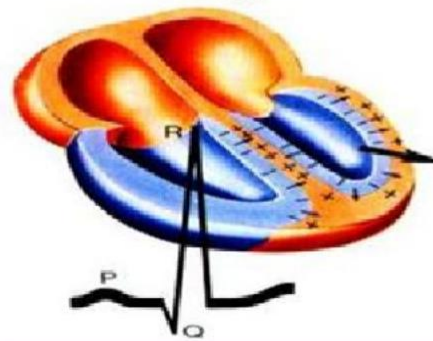
Деполаризація
верхівки серця



Деполаризація
шлуночків



Фаза реполяризації



Формування окремих елементів ЕКГ

Зубець Р

Відображає послідовну деполяризацію правого лівого передсердь

Позитивний у I та II відведеннях, двофазний у V1

Тривалість 0,08-0,11 с, висота – до 0,25 мВ

Інтервал PQ

Від початку зубця Р до початку комплексу QRS

Інтервал PQ відповідає проведенню збудження по передсердям + AV-затримка

Тривалість PQ 0,12-0,20 с

Комплекс QRS - Зубець Q

Відображає деполяризацію міжшлуночкової перегородки

Невеликий (до 2 мм) зубець Q може бути у "лівих" відведеннях

I, aVL, V5, V6

Зубець Q більше 2 мм може бути

у III відведенні

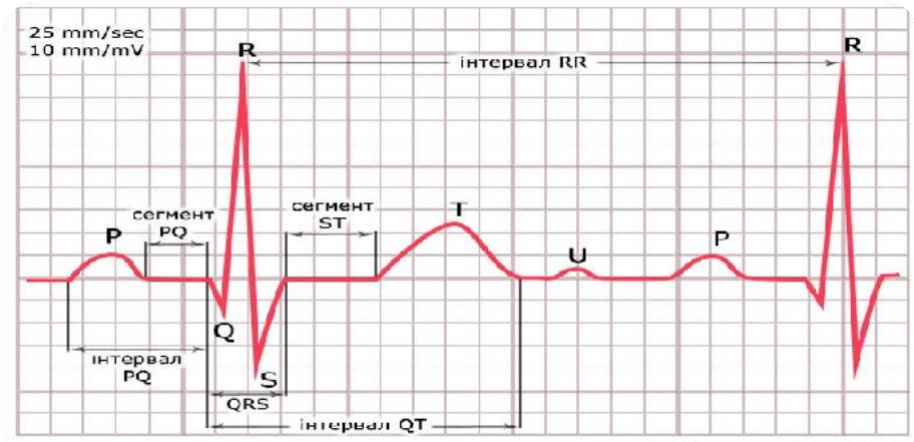
Зубець R – період охоплення

збудженням обох шлуночків,

амплітуда у II відведенні 1,6 мВ

Зубець S – деполяризація базальних

відділів шлуночків, амплітуда – $\frac{1}{4}$ R



Формування окремих елементів ЕКГ

Комплекс QRS

Відображає деполяризацію шлуночків

У нормі тривалість QRS 0,07-0,1 с

Амплітуда QRS у стандартних відведеннях вище 0,5 мВ , у грудних - 1,0 мВ

Сегмент ST

Сегмент ST відображає час повного охоплення збудженням шлуночків
тривалість до 0,06 с

Зубець T

Відображає швидку реполяризацію шлуночків, T конкордантний QRS

Може бути негативним у aVL, III, V1; позитивним у I, II, V3-V6

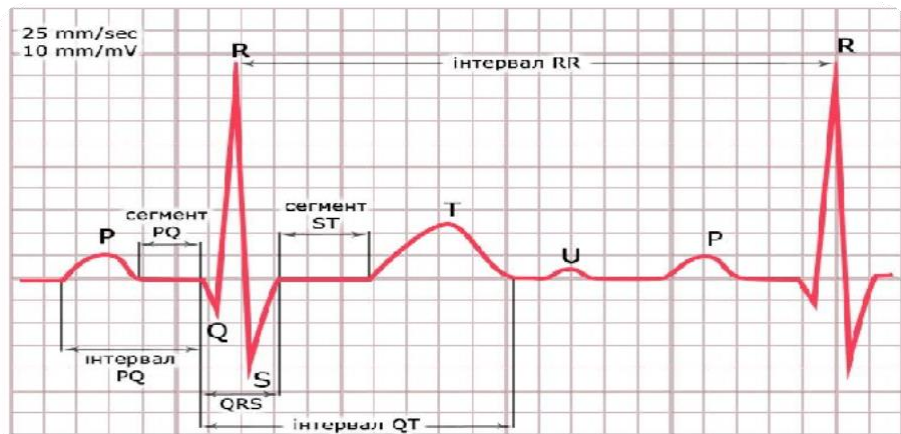
Амплітуда у відведеннях від кінцівок – до 0,5 mV, у грудних – до 1,0 mV

Зубець U

Відображає кінцеву стадію реполяризації шлуночків, може бути відсутнім

Переважно проявляється при
брадикардії.

Негативний зубець U, або зубець U,
що зливається з зубцем T,
вважається патологічним



Аналіз ЕКГ

- I. Оцінка регулярності серцевого ритму, встановлення джерела збудження - оцінка функції **автоматії**
- II. Підрахунок частоти серцевих скорочень - ЧСС
- III. Визначення тривалості окремих елементів ЕКГ - оцінка функції **провідності** серцевого м'яза
- IV. Визначення положення електричної осі серця (визначення поворотів серця щодо передньо-задньої осі у фронтальній площині) і поворотів серця щодо поздовжньої осі в горизонтальній площині
- V. Визначення вольтажу ЕКГ - оцінка функції **збудливості** серцевого м'яза
- VI. Характеристика окремих елементів ЕКГ - зубців, сегментів, інтервалів

Електрична вісь серця

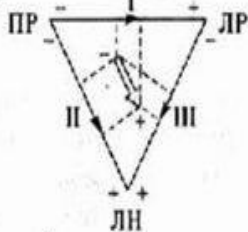
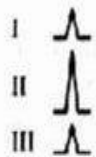
- Визначення положення електричної вісі серця.
- Електрична вісь серця - середній за циклом збудження шлуночків напрямок у просторі результуючого вектору деполяризації (зазвичай він співпадає з анатомічною віссю серця і напрямком максимального за величиною інтегрального вектора ЕРС серця, головного вектора, що відповідає формуванню зубця R). Положення електричної вісі серця характеризує кут альфа – кут між електричною віссю і позитивною половиною вісі першого стандартного відведення.

Варіанти положення електричної вісі:

- нормальне – кут альфа від $+30$ до $+69^\circ$;
- вертикальне – кут альфа від $+70$ до $+90^\circ$;
- горизонтальне – кут альфа від 0 до $+29^\circ$;
- відхилення осі праворуч – кут альфа від 91 до $\pm 180^\circ$;
- відхилення осі ліворуч – кут альфа від 0 до -90° .

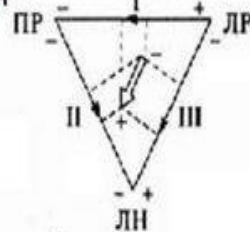
Варіанти положення електричної вісі серця

Нормальна вісь
 $\theta = 60^\circ$



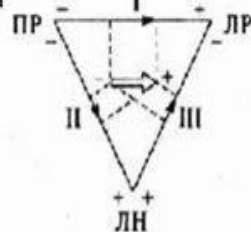
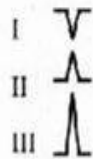
а

Зсув вісі праворуч
 $\theta = 120^\circ$

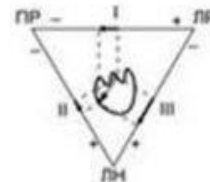


б

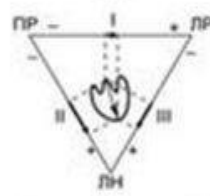
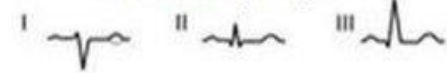
Зсув вісі ліворуч
 $\theta = 0^\circ$



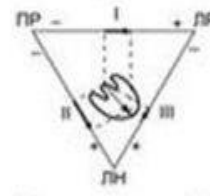
в



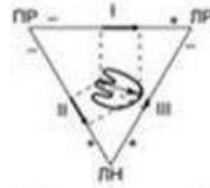
Відхилення праворуч



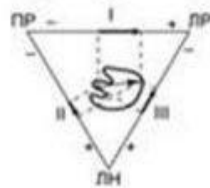
Вертикальне положення



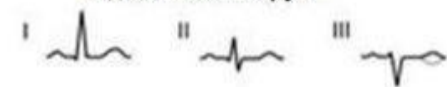
Нормальне положення



Горизонтальне положення



Відхилення ліворуч

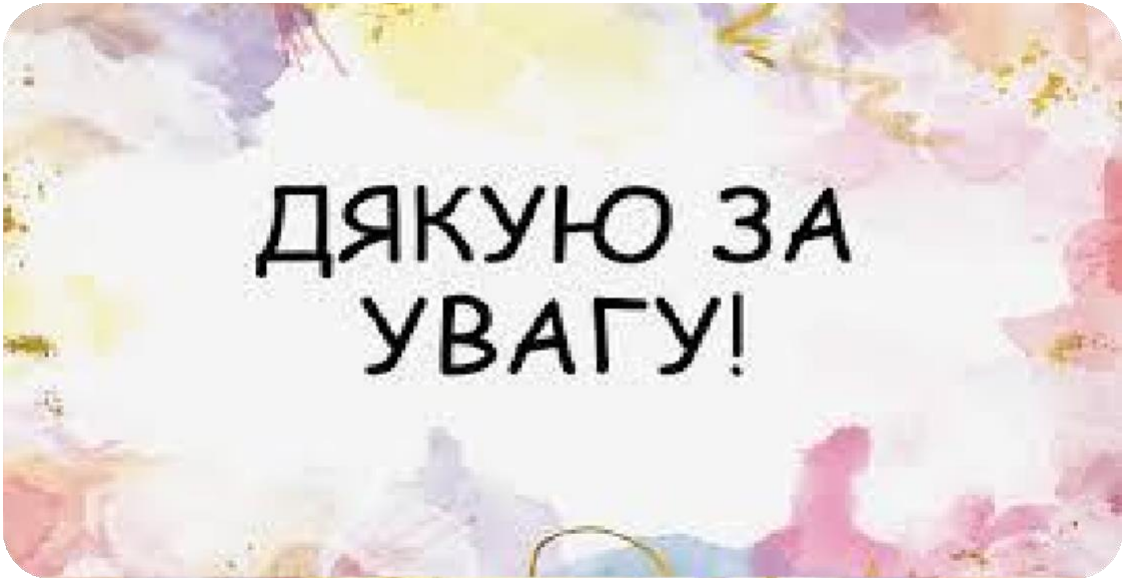


Повороти серця навколо поздовжньої осі

На підставі відношення амплітуди зубців R і S в грудних відведеннях визначається положення серця відносно поздовжньої анатомічної осі

В порівнянні з зубцями S, амплітуда зубців R є зазвичай меншою у відведеннях V1–V2, та більшою в відведеннях V5–V6, в відведеннях **V3–V4** амплітуда обох зубців вирівнюється - ***перехідна зона***

- перехідна зона у відведеннях **V1–V2** вказує на повороти серця навколо поздовжньої осі вліво (напрямок проти годинникової стрілки)
- перехідна зона у відведеннях **V5–V6** вказує на повороти серця вправо (напрямок за годинниковою стрілкою)



**ДЯКУЮ ЗА
УВАГУ!**