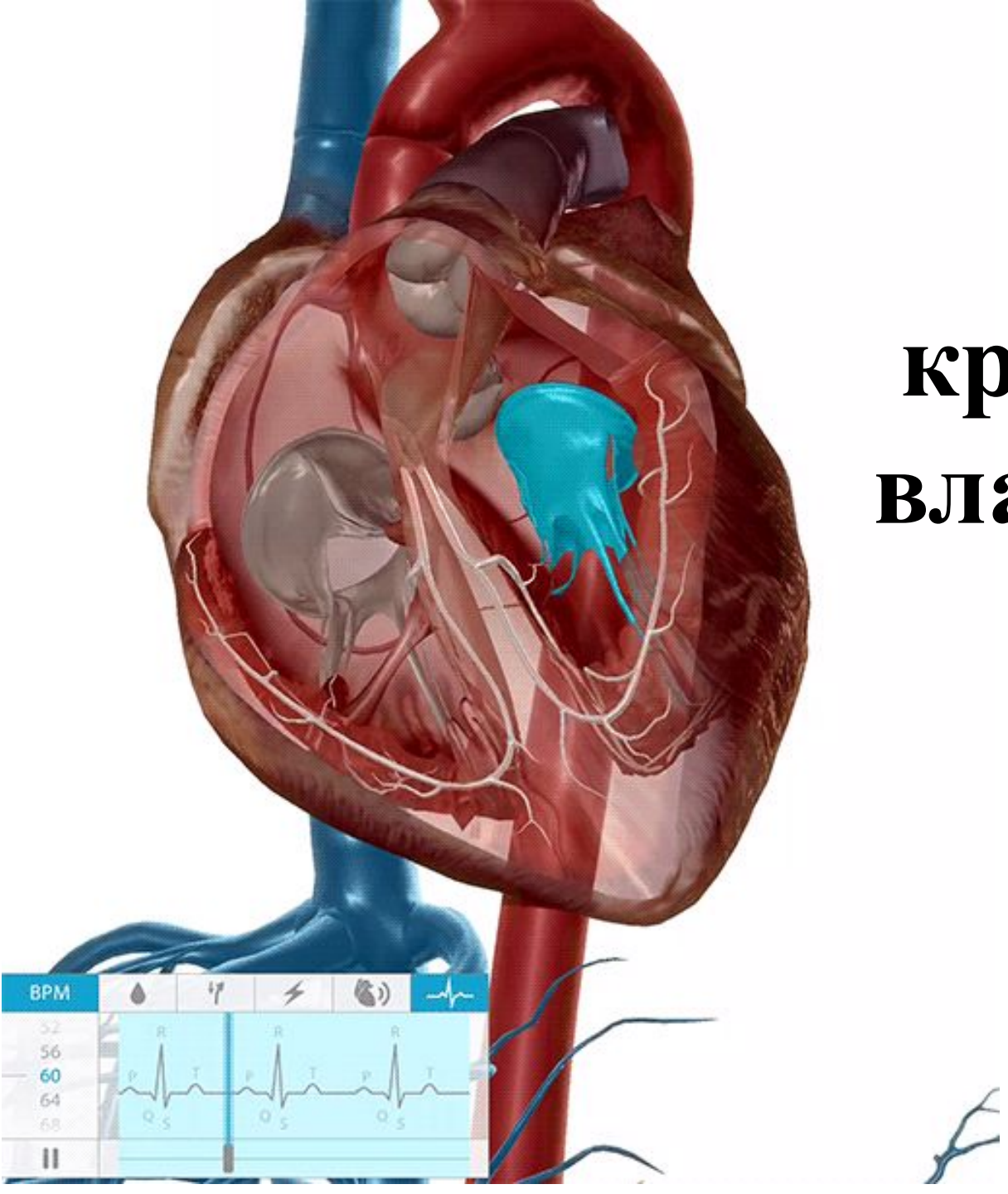


Фізіологія системи кровообігу. Фізіологічні властивості серцевого м’язу

Кандидат біологічних наук
Степанова Галина Миколаївна

План

1. Основні характеристики системи кровообігу
2. Фізіологічні властивості міокарда: автоматія, потенціал дії типових клітин міокарда, провідність міокарда
3. Динаміка збудження серця. ЕКГ
4. Скоротливість міокарда

Література

Основна

- 1. Фізіологія людини. Вільям Ф.Ганонг. Переклад з англ. Львів: БаК, 2002 С. 70-73, 501-507.
- 2. Фізіологія. За редакцією проф. В.Г.Шевчука. Вінниця: Нова книга, 2012. С. 288-300.

Додаткова

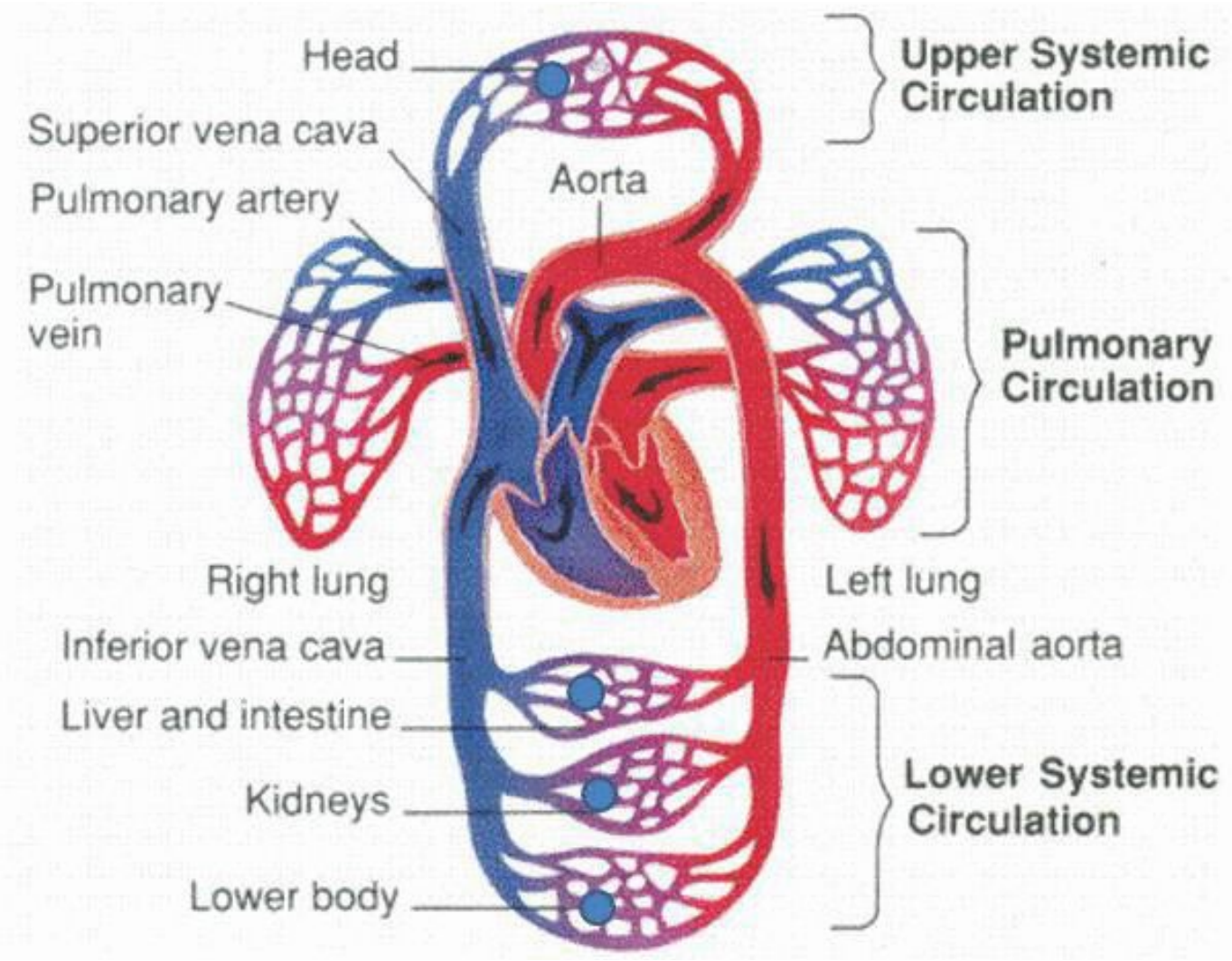
- 1. Фізіологія. За ред. В.Г.Шевчука. Навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2005. С. 263-280.
- 2. Нормальна фізіологія. За ред. В.І.Філімонова. К.: Здоров'я, 1994. С. 287-300, 307-312.
- 3. Физиология человека: в 3-х томах. Перевод с английского. Под ред. Р.Шмидта и Г. Тевса. М.: Мир, 1996, 2005. - 876 с.
- 4. Медицинская физиология. А.К.Гайтон, Дж.Э.Холл. Перевод с английского. М.: Логосфера, 2008. - 1296 с.
- 5. Ganong's Review of Medical Physiology 25th ed. McGraw-Hill Education. 2016. - 750 p.
- 6. Guyton and Hall Textbook of medical physiology. John E. Hall, 13th ed. Elsevier Inc. 2016.-1168 p.

Система кровообігу

Хвилинний об’єм крові (ХОК)– об’єм крові, який проходить через поперечний переріз судин чи камер серця за 1 хвилину.

Величину ХОК визначає потреба організму у кисні, який транспортується кров’ю.

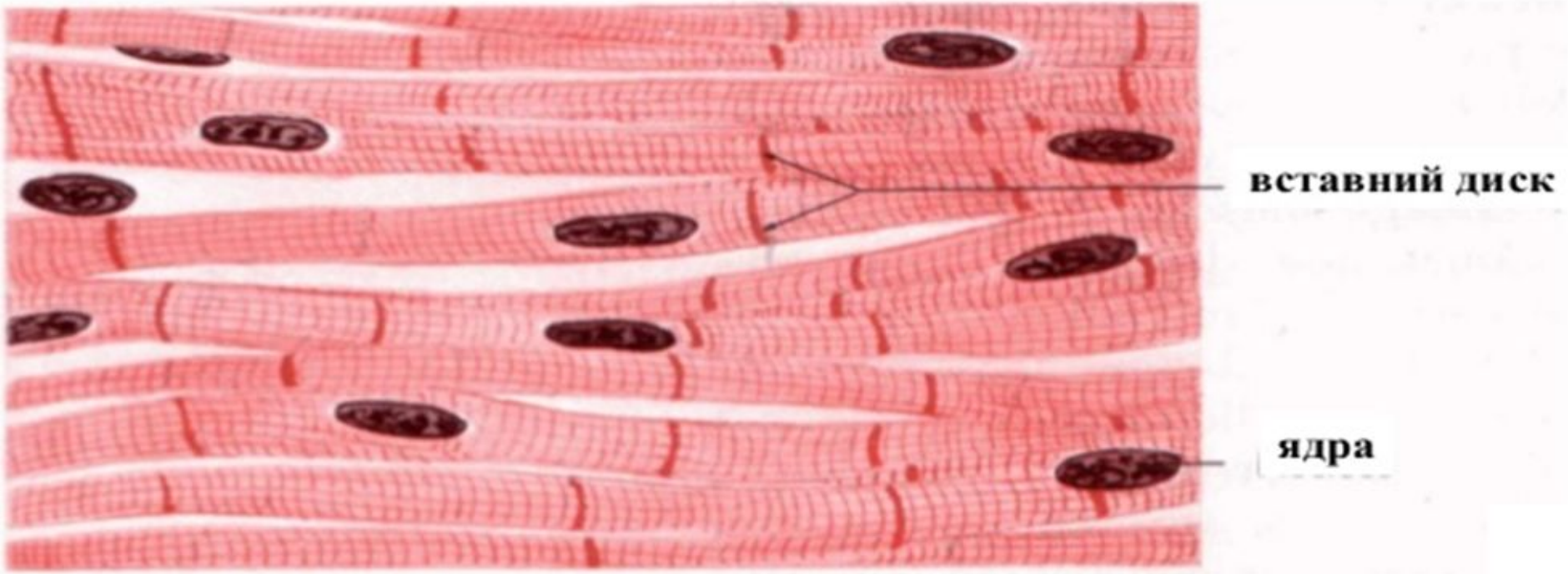
У дорослого чоловіка з масою тіла 70 кг ХОК у стані спокою дорівнює 5 л/хв., при максимальному фізичному навантаженні може сягати 25-30 л/хв



Фізіологічні властивості клітин міокарда
Атипові м'язові клітини
Типові м'язові клітини передсердь і шлуночків
Провідна система, водій ритму серця
Автоматія
Збудливість
Провідність
Скоротливість
Частота і ритм скорочення серця
Послідовність, синхронність скорочення передсердь, шлуночків
Сила і швидкість скорочення та розслаблення передсердь, шлуночків
Насосна функція серця

Структурно-функціональною одиницею серцевої м’язової тканини є кардіоміоцит

- **Кардіоміоцити** розташовані ланцюжком і формують серцеві волокна, які анастомозують між собою, й утворюють сітку. Між волокнами розміщена пухка сполучна тканина з кровоносними судинами та нервами



Кардіоміоцити формують серцеві волокна

Автоматія

Здатність збуджуватися (генерувати ПД) без дії зовнішнього подразника (інакше – здатність до самозбудження). Ця здатність є у структурах серця, побудованих з атипових кардіоміоцитів, а саме, в стимулюючому комплексі (провідній системі) серця:

1) синусовий вузол (nodus sinoatrialis);

міжпередсердний пучок Бахмана, пучки Венкенбаха і Тореля

2) передсердно-шлуночковий вузол (nodus atrioventricularis);

3) передсердно-шлуночковий пучок або пучок Гіса;

4) ніжки пучка Гіса (права та ліва);

5) волокна Пуркіньє

Ці елементи провідної системи серця носять назву центрів автоматії й мають певний порядок. Наприклад, пазухово-передсердний вузол – центр першого порядку, передсердно-шлуночковий – другого і т.д.

Градієнт автоматії

Зменшення ступеня автоматії елементів провідної системи серця в напрямку від пазухово-передсердного вузла до волокон Пуркіньє

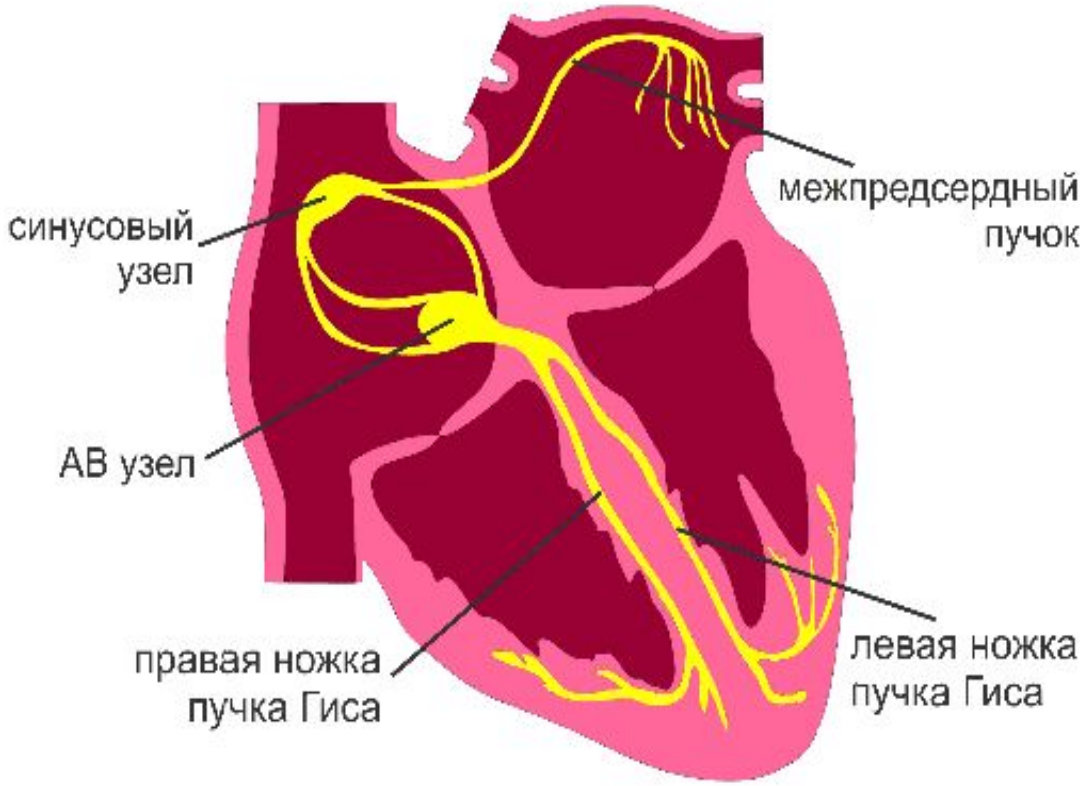
- Імпульси генерує пазухово-передсердний вузол – від 50-60 імп/хв і більше
- Передсердно-шлуночковий (АВ) вузол генерує ПД з частотою 30-40 імп/хв
- Пучок Гіса генерує ПД з частотою 20-30 імп/хв і т.д.

У здорової людини серце збуджується і скорочується у ритмі, що відповідає частоті генерування ПД пазухово-передсердним вузлом (синусовим)

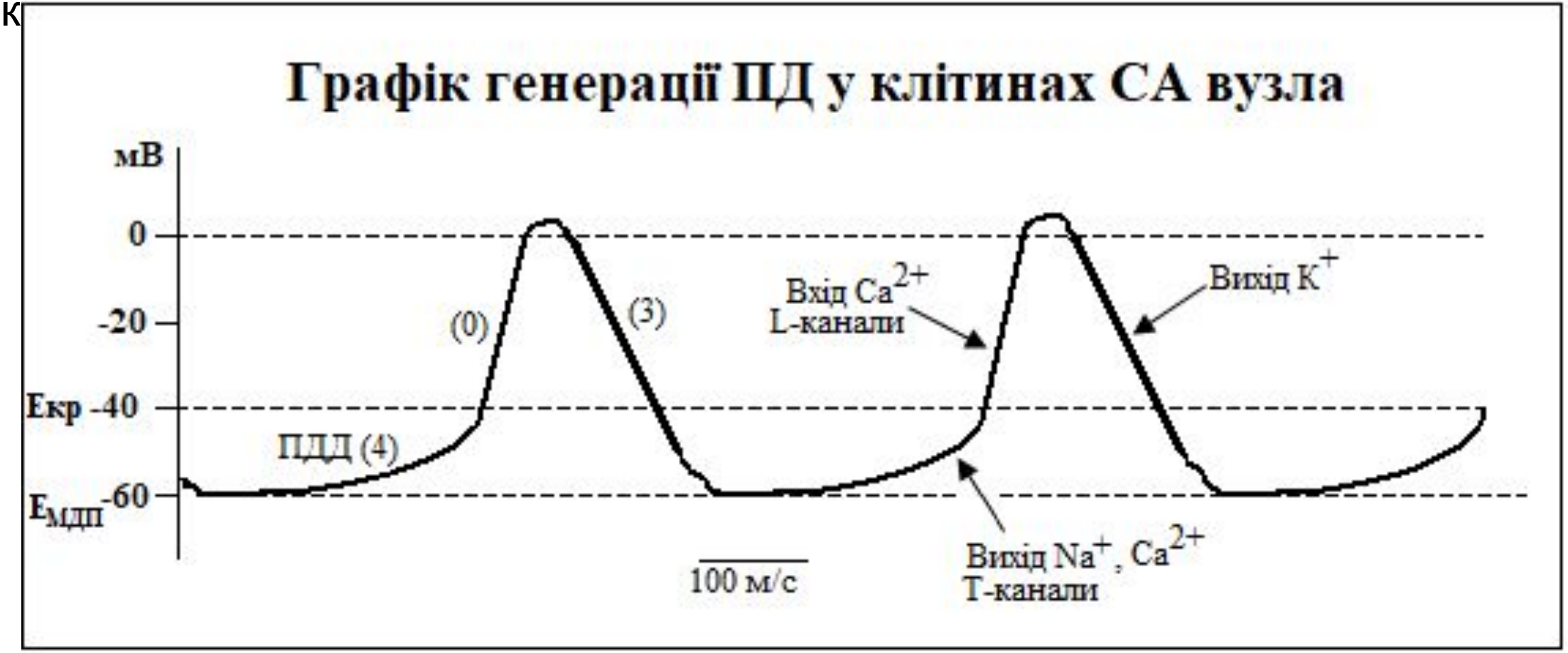
Водій ритму серця(**пейсмекер**) – той центр автоматії, робота якого визначає, частоту, з якою скорочуються **шлуночки серця**.

У здорової людини це **сино-атріальний вузол** (частота генерації ПД – 50-60/хв. і більше).

За умов патології водієм ритму серця може стати **атріо-вентрикулярний вузол** (частота генерації ПД – 30-40/хв.). Передсердя при цьому можуть скорочуватися як з частотою 30-40/хв., так і з нормальною частотою – 50-60/хв. і більше

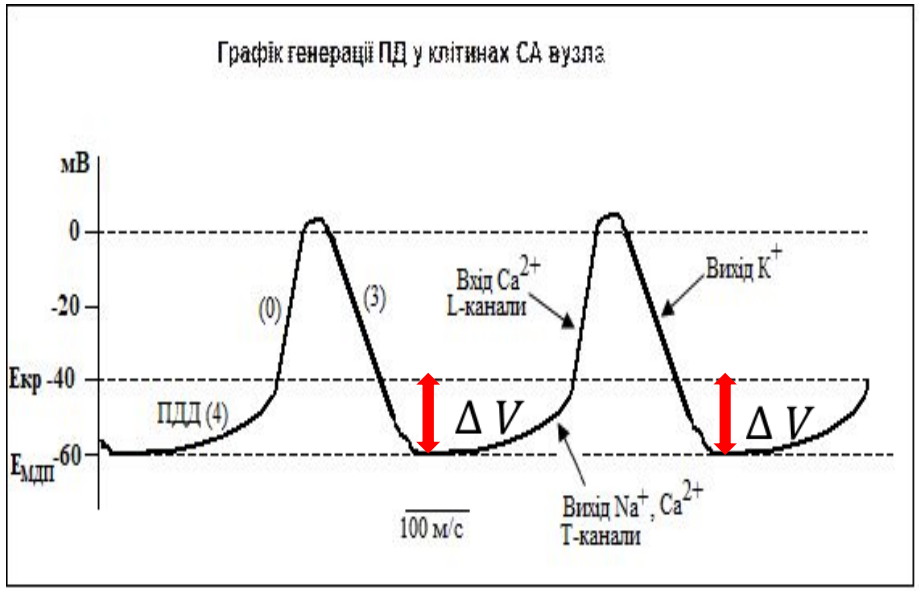


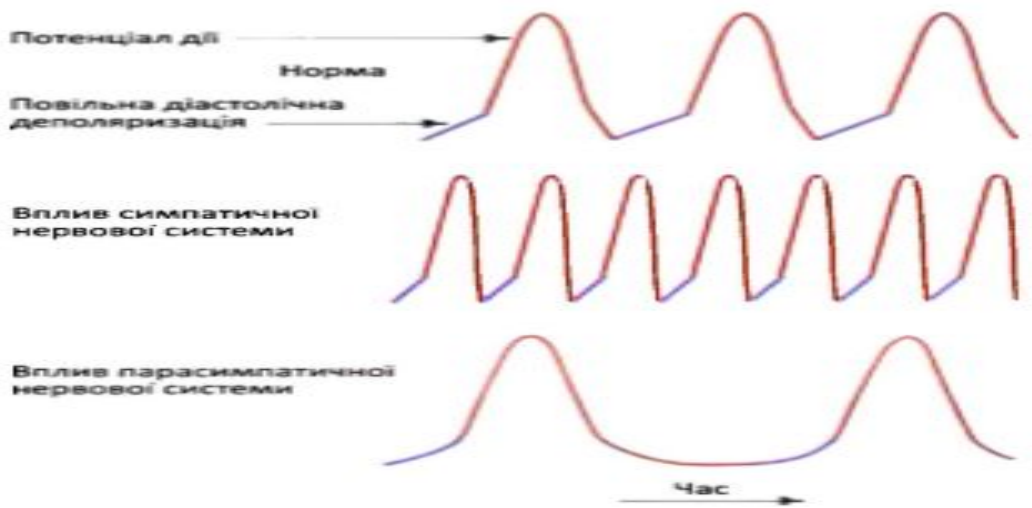
Природа автоматії пов’язана з наявність специфічної фази ПД у клітинах водія ритму (фаза повільної діастолічної деполяризації – ПДД). У зовнішній мембрані цих клітин є **потенціалзалежні натрієві та кальцієві канали**, які відкриваються, коли в ході фази реполяризації попереднього ПД МПС доходить до рівня -60 мВ
(максимальний діастолічний потенціал). Вхід йонів натрію та **кальцію** до к



Чинники, від яких залежить частота генерації імпульсів збудження пейсмекером (ЧСС)

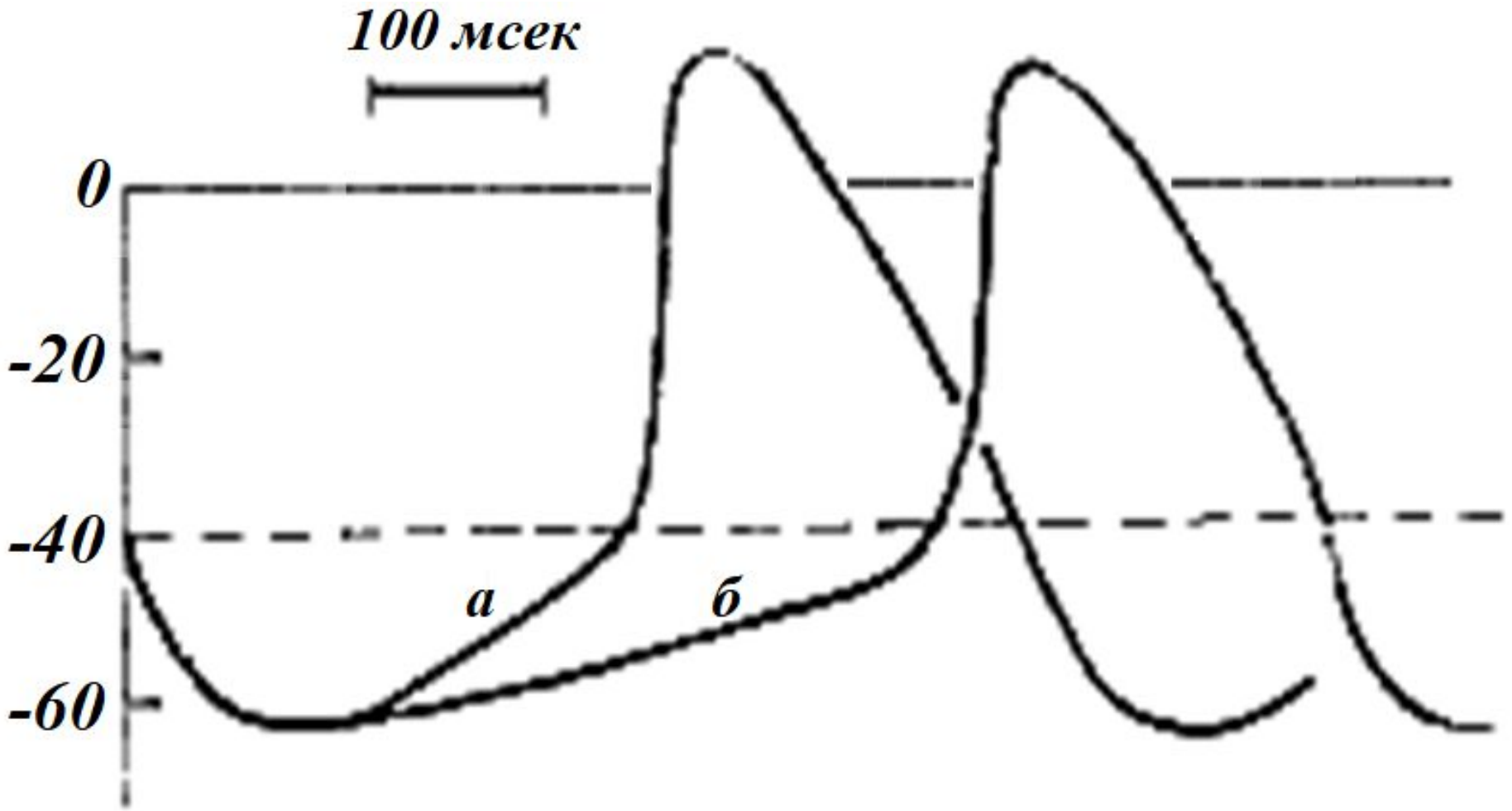
- Величина порогу деполяризації, Δ V; ↑ Δ *V* → ↓ ЧСС
- Швидкість розвитку ПДД ($V_{ПДД}$), швидкої деполяризації ($V_{ШД}$). ↑ $V_{ПДД}$ та ↑ $V_{ШД}$ → ↑ ЧСС
- Будь-яка зміна потенціалу спокою, критичного рівня деполяризації (а, отже, Δ V), $V_{ПДД}$, $V_{ШД}$ призводять до зміни частоти генераціїї ПД водієм ритму, а, отже, ЧСС



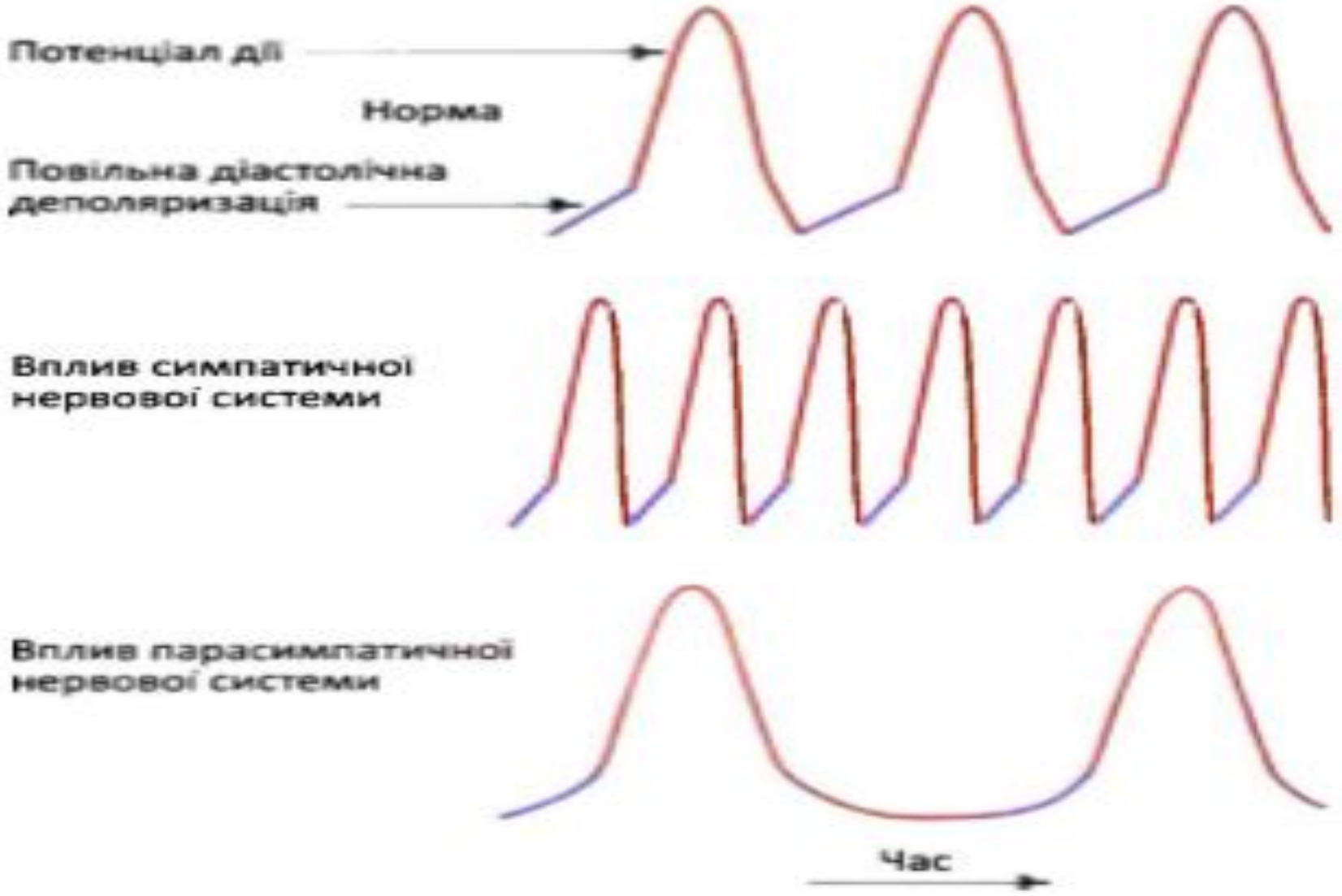


Ці зміни є наслідком змін під впливом механізмів регуляції (автономна нервова система, гуморальні чинники) проникності мембран клітин водія ритму серця для іонів Na^+, Ca^{++}, K^+

ПД у клітинах сино-атріального та атріо-вентрикулярного вузлів



Зміна частоти генерації ПД водієм ритму серця під впливом симпатичних та парасимпатичних нервів



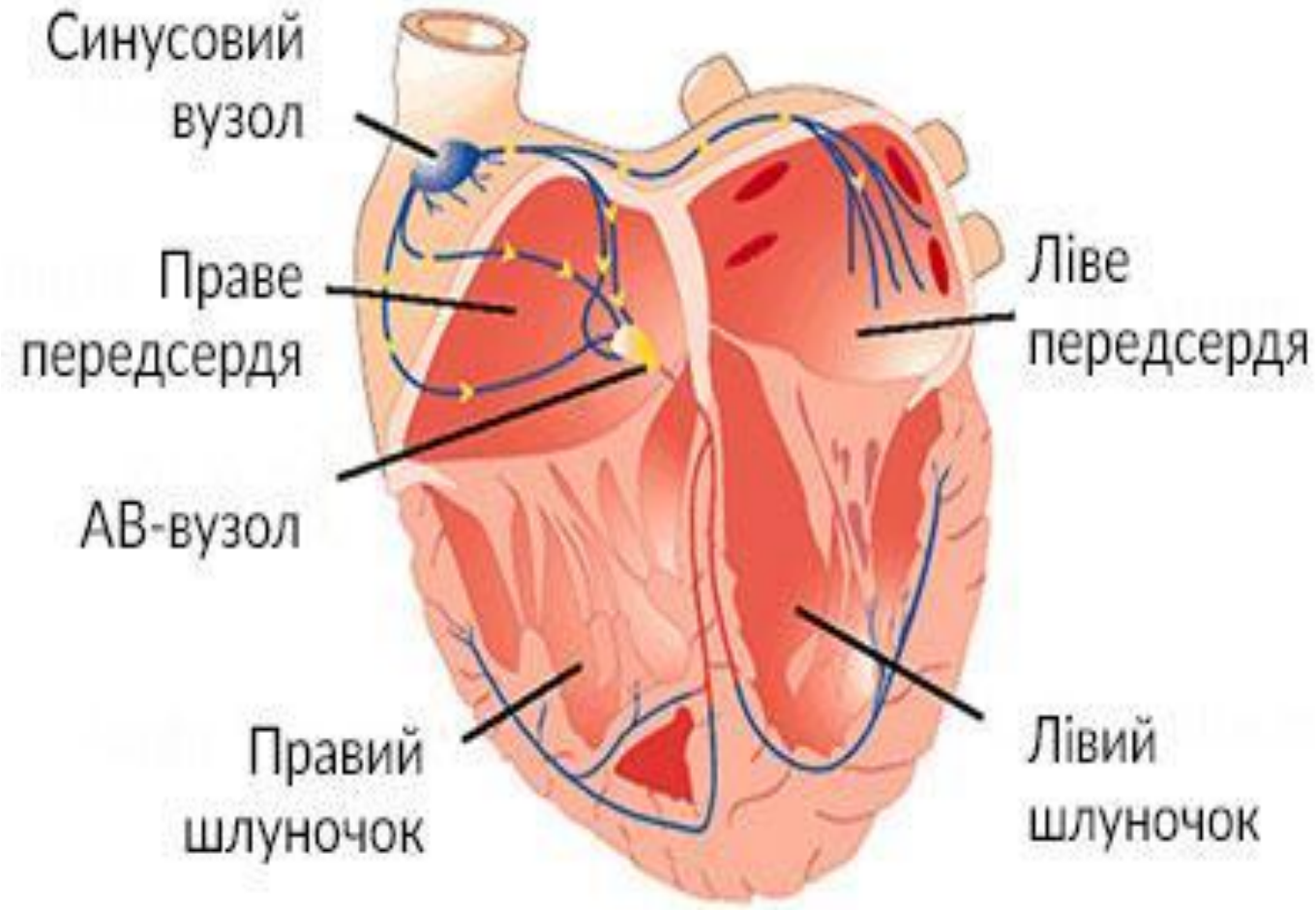
Провідність міокарда – здатність до проведення збудження (ПД)

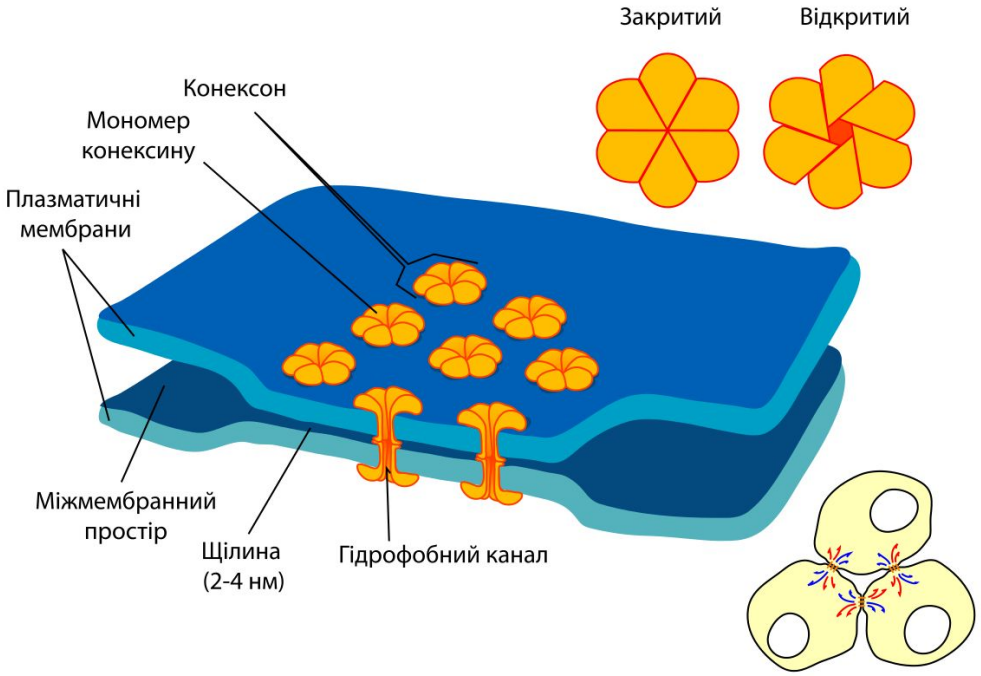
- Провідна система серця складається із видозмінених м’язових волокон з тонкими міофібрилами, багатими на цитоплазму. Розповсюдження збудження по міокарду здійснюється за допомогою м’язових волокон – Пуркін’є, що проводять імпульси з більшою швидкістю, ніж посмуговані м’язові волокна серця.

- Швидкість поширення імпульсів у різних відділах провідної системи серця – неоднакова. **Особливістю провідної системи** є те, що її клітини тісно контактують між волокнами і серцевими міоцитами, завдяки чому міокард функціонує, як єдине ціле. Наявність великої кількості контактів підвищує надійність проведення збудження в міокарді.

- Швидкість проведення збудження різними структурами серця:
  - типові кардіоміоцити шлуночків та передсердь – 1 м/сек.;
  - атипові кардіоміоцити сино-атріального вузла, пучка Гіса, ніжок пучка Гіса, волокон Пуркін’є – 2 – 5 м/сек.;
  - атипові кардіоміоцити атріо-вентрикулярного вузла – 2-5 см/сек. – атріо-вентрикулярна затримка

Провідна система серця





Швидкість проведення збудження

Чинниками, що впливають на швидкість проведення збудження структурами серця, є:

- діаметр м’язових волокон **(більший в атипових КМЦ);**
- амплітуда ПД (100-120 мВ);
- величина порогу деполяризації **(менша в атипових КМЦ);**
- швидкість розвитку піку ПД;
- наявність нексусів (щільних контактів) між кардіоміоцитами, які мають низький електричний опір і дозволяють ПД поширюватися з одного волокна на інше **(краще розвинені в атипових КМЦ).**

Наявність провідної системи шлуночків серця, достатньо велика швидкість проведення збудження типовими кардіоміоцитами передсердь та шлуночків забезпечують **синхронність скорочення передсердь; синхронність скорочення шлуночків, що є необхідним для виконання серцем насосної функції**

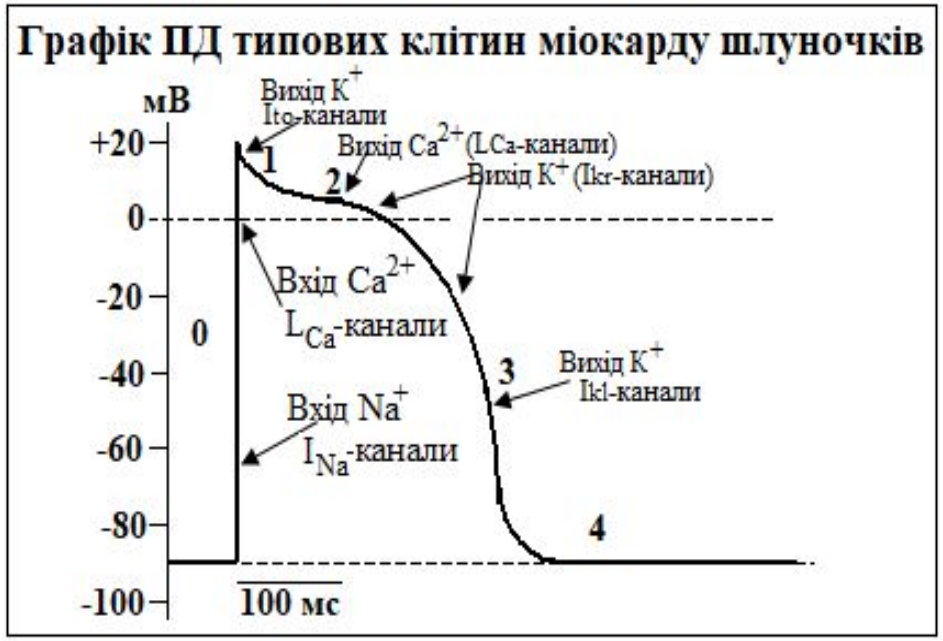
Причини атріо-вентрикулярної затримки та її значення

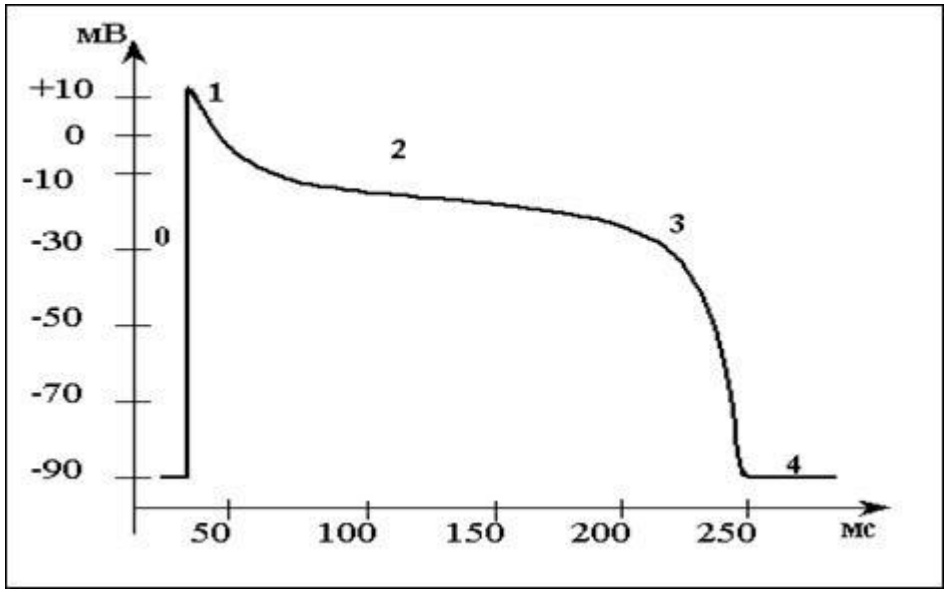
- Відсутність нексусів
- Маленький діаметр волокон вузла
- Невелика амплітуда ПД (60 – 70 мВ);
- Маленька швидкість розвитку піку ПД, його розвиток пов’язаний з рухом іонів кальцію, а не натрію через мембрану.

ЗНАЧЕННЯ АТРІО-ВЕНТРИКУЛЯРНОЇ ЗАТРИМКИ – вона забезпечує **послідовність** скорочення передсердь і шлуночків, що необхідно для ефективного наповнення шлуночків кров’ю в діастолі

Збудження (ПД) в типових кардіоміоцитах

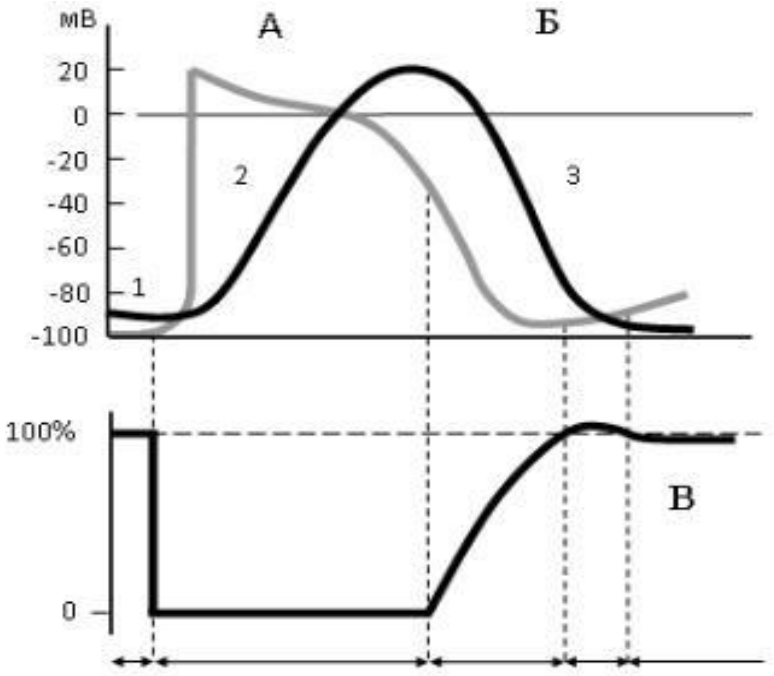
1. Фаза швидкої деполяризації. Початкова її фаза пов’язана із швидким входом йонів натрію, потім додається вхід йонів кальцію
2. Фаза швидкої початкової реполяризації – дуже короткочасна. Пов’язана з виходом із Т-КМЦ іонів калію та вхід хлору
3. Фаза повільної реполяризації (плато) під час цієї фази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





Особливості збудження та збудливості серця

- Якщо серце подразнювати частими електричними імпульсами, то воно, на відміну від скелетних м’язів, не приходить у стан тетанусу, а продовжує давати окремі більш-менш ритмічні скорочення. Це пояснюється тривалою **рефрактерною фазою**
- Рефрактерна фаза – це період незбудливості, тобто стан живої тканини, коли вона тільки відповіла на подразнення і на деякий час втрачає здатність вдруге збуджуватись. Триває весь період систоли шлуночка і початок діастоли. Її називають **абсолютною рефрактерною фазою**
- В початковому періоді розслаблення збудливість серцевого м’язу відновлюється, але не досягає вихідної величини – це **фаза відносної рефрактерності**. Через деякий час вона стає вище початкової фази – **фаза супернормальної збудливості**. У фазі відносної рефрактерності, серцевий м’яз скорочується на дуже сильні подразнення, а в супернормальній фазі навіть на підпорогові

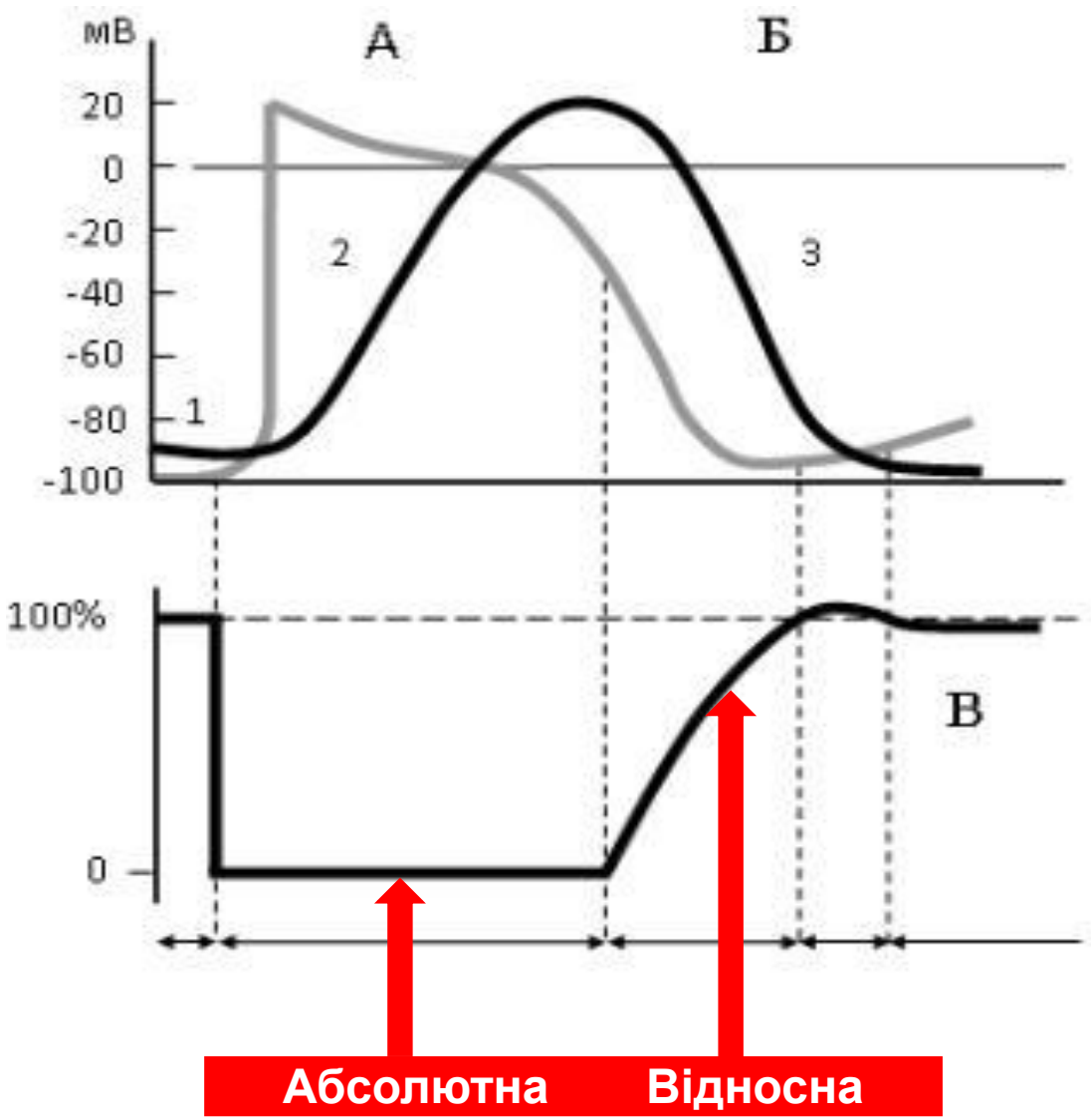


Завдяки такому співвідношенню у часі фаз збудливості і періодів одиночного м’язового скорочення досягається:

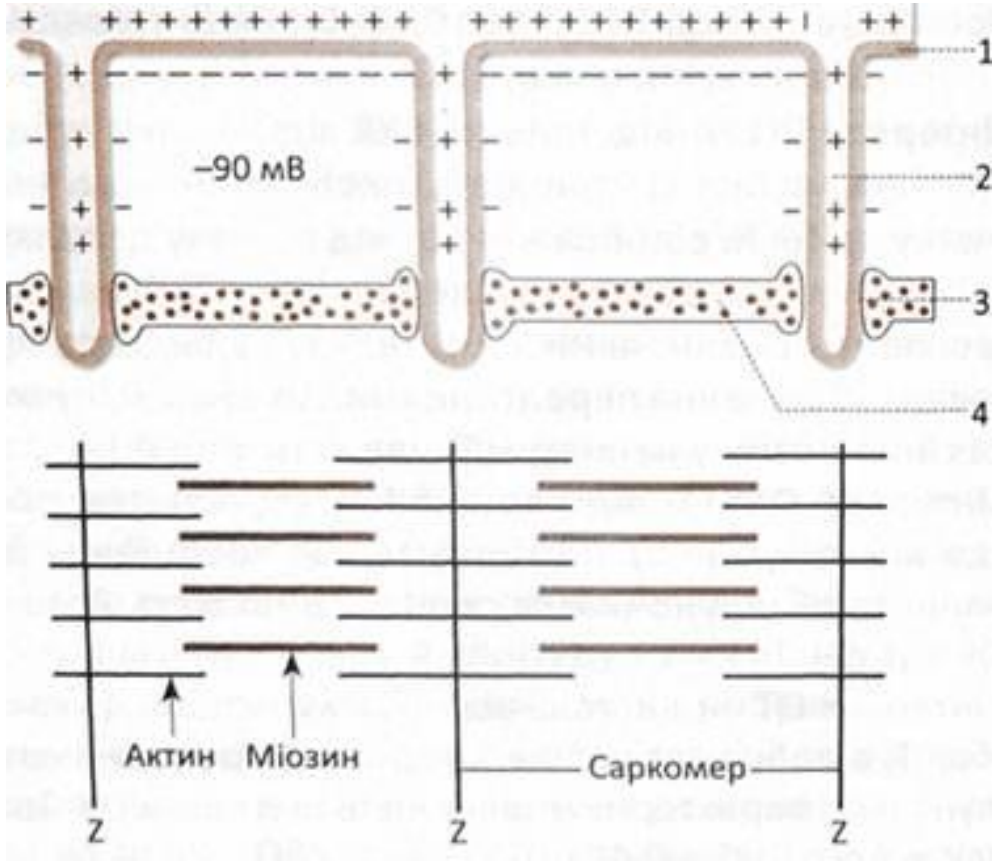
- нездатність міокарда до тетанічного скорочення ; наступний цикл збудження (і скорочення) стає можливим тільки у фазі відносної рефрактерності, коли міокард вже суттєво розслабився.

- неможливість патологічної рециркуляції збудження структурами серця, оскільки тривала рефрактерна фаза не дає збудженню повернутися туди, де воно нещодавно відбувалося.

Це надзвичайно важливо для виконання серцем насосної функції.



Спряження збудження і скорочення в міокарді



- В міокарді для спряження збудження і скорочення необхідним є вхід йонів кальцію до КМЦ ззовні, що і відбувається під час фази плато ПД. Саме цей Ca^{++}, що зайшов ззовні, викликає вихід Ca^{++} з СПР і подальшу актоміозинову взаємодію. Більш того, існує кількісний взаємозв'язок між входом Ca^{++} ззовні і його виходом з СПР, а, отже, **СИЛОЮ СКОРОЧЕНЬ МІОКАРДА.**

Цю особливість спряження використовують:

✔ механізми регуляції діяльності серця, змінюючи надходження Ca^{++} до Т-КМЦ при необхідності змінити силу серцевих скорочень;

✔ лікарі у своїй практиці, використовуючи блокатори кальцієвих каналів (наприклад, верапаміл) при необхідності зменшити силу скорочень серця.

Особливості скоротливості міокарда

1. Міокард підпорядковується закону «**все або нічого**»: підпороговий подразник не викликає реакції у відповідь; на порогові та надпорогові подразники **АМПЛІТУДА СКОРОЧЕННЯ ОДНАКОВА**. **Причина** – наявність нексусів, завдяки чому міокард є функціональним синцитієм.

2. Міокард не може скорочуватися тетанічно, так як йому не властиве явище сумації, що пов'язано з довгим періодом рефрактерності

3. У серцевого м'яза тривалий період одиночного скорочення (приблизно відповідає тривалості потенціалу дії)

4. У міокарда істотно відрізняється роль позаклітинного кальцію в електромеханічному спряженні. Кальцій, що входить в клітину під час потенціалу дії, забезпечує викид кальцію з саркоплазматичного ретикулуму **(існує кількісна залежність!!!),** бере участь в деполяризації клітини і збільшує тривалість потенціалу дії кардіоміоцитів, бере участь в спряжені збудження і скорочення кардіоміоцитів

Механізм розслаблення міокарду

Для розслаблення міокарду необхідно зменшити концентрацію іонів кальцію в міоплазмі, що досягається за допомогою таких механізмів:

1. Активація кальцієвих насосів поздовжніх трубочок СПР (з витратами енергії АТФ) – повернення Ca^{++} до СПР.
2. Активація кальцієвих насосів зовнішньої мембрани КМЦ (з витратами енергії АТФ) – викидання Ca^{++} назовні.
3. Робота – Na^{+}-Ca^{++}-іонообмінного механізму, який забезпечує транспортування у протилежних напрямках через зовнішню мембрану **натрію (до клітини)** і **кальцію (з клітини)**. Іони натрію заходятиь до клітини за грацієнтом концентрації, який створюється натрій-калієвим насосом (витрачає енергію АТФ). Спряжений з входом іонів натрію вихід з клітини Ca^{++} зменшує його концентрацію у клітині і сприяє розслабленню міокарда

Що таке електрокардіографія (ЕКГ):

- **ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ** – метод графічної реєстрації зміни у часі різниці потенціалів, що виникає між різними точками тіла людини внаслідок електричної активності серця.

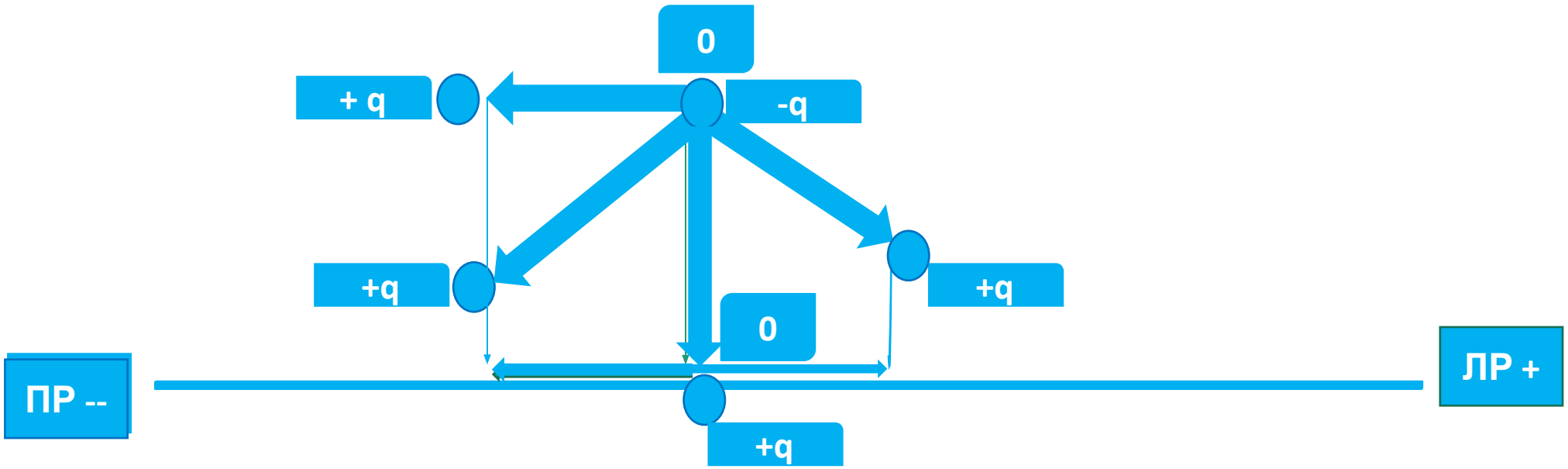
- **ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ СЕРЦЯ** – процес виникнення і розповсюдження збудження (ПД) структурами серця. Тому на підставі аналізу ЕКГ можна оцінити **тільки електричні процеси, які відбуваються в серці**, **але НЕ МОЖНА – особливості його скоротливої функції**

Векторна теорія формування ЕКГ

- При виникненні і розповсюдженні збудження структурами серця навколо нього формується електричне поле, яке поширюється в тілі людини як в об’ємному провіднику. Зміну в часі характеристик цього поля і реєструють як електрокардіограму (ЕКГ).
- Елементарним генератором електричного поля в серці є кожний окремий кардіоміоцит, який ДВІЧІ ВПРОДОВЖ ОДИНОЧНОГО ЦИКЛУ ЗБУДЖЕННЯ стає диполем, при русі по ньому хвилі **деполяризації** та хвилі **реполяризації.**
- **ДИПОЛЬ** - система двох різних за знаком, рівних по величині зарядів (+ q , - q),які розташовані на малій відстані (L). Основною характеристикою диполю є **дипольний момент (L × q)**, величина векторна, яка окрім величини має напрямок (" – "до" + "). Навкруги диполя формується електричне поле.
- Електричні поля окремих КМЦ складаються і формують сумарне (інтегральне) електричне поле серця, вектор електрорушійної сили (ЕРС) якого змінює в часі величину та напрямок.
- **Реєстрація в часі зміни проекції вектору ЕРС серця на вісь відведення і є електрокардіограмою(!!!).**

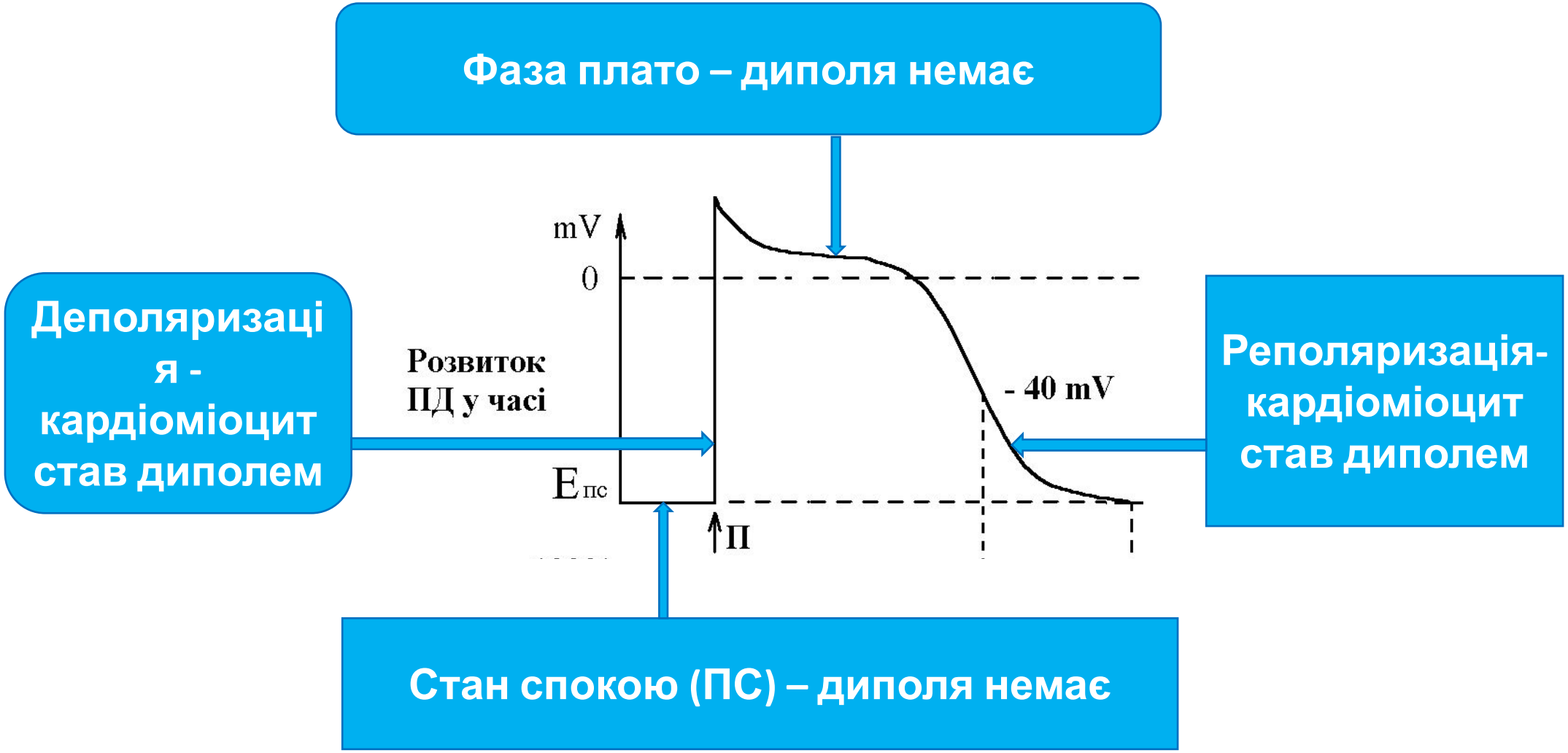
Вісь відведення – умовна лінія, що з’єднує між собою два реєструючих електрода

Проєкція вектора ЕРС на вісь відведення

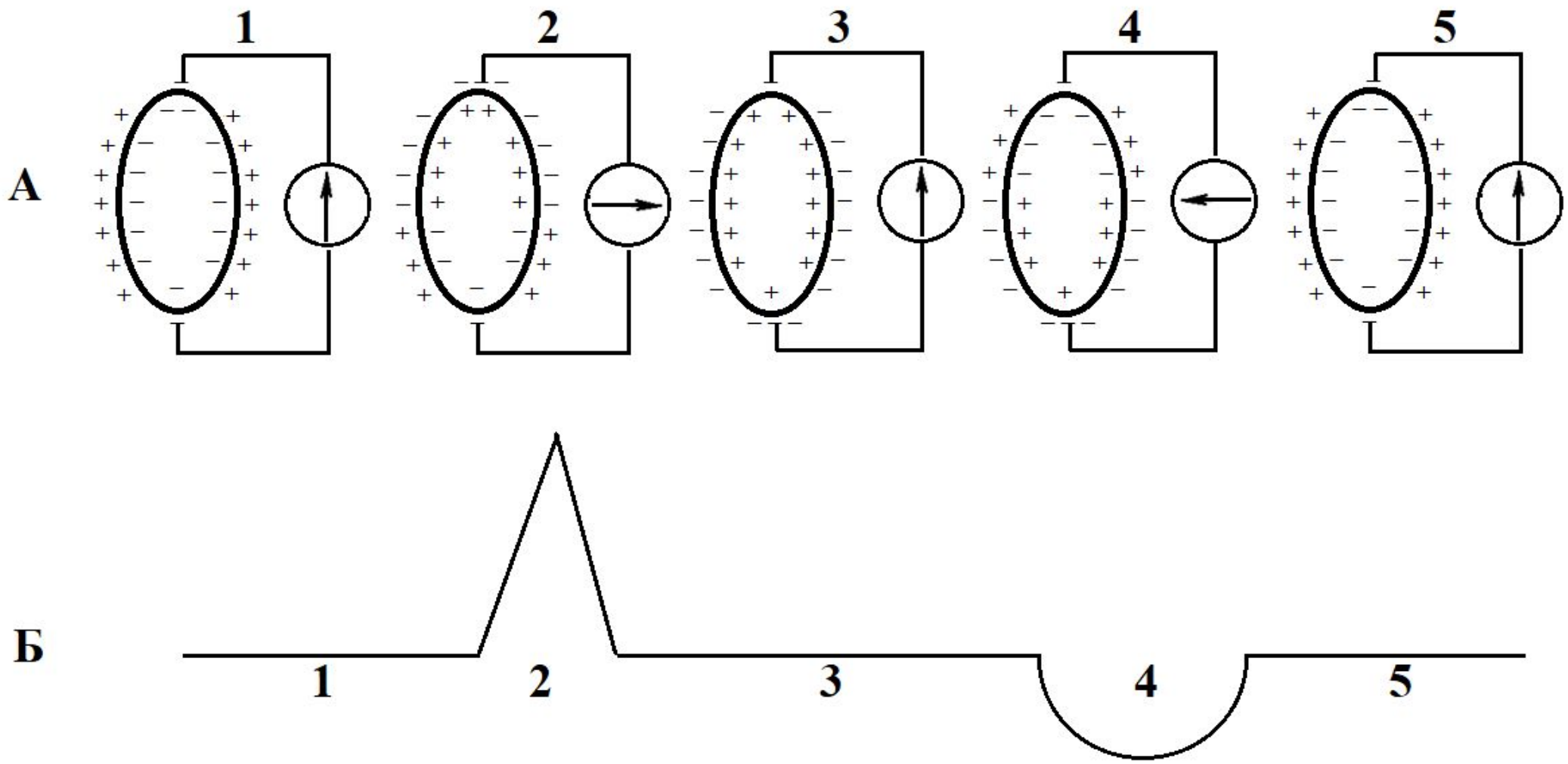


Проєкція нульової точки вектора на вісь відведення розділяє її на 2 половини, **позитивну** (там знаходиться позитивний відвідний електрод) і **негативну** (там знаходиться негативний відвідний електрод). Якщо проєкція вектора припадає на позитивну половину осі відведення, на ЕКГ виникає позитивний зубець; якщо на негативну – негативний зубець. **Амплітуда зубця буде тим більшою, чим більшою буде величина проєкції вектору**

Кожен КМЦ стає диполем (і генерує електричне поле) двічі впродовж одного циклу збудження – при розвитку фази деполяризації і реполяризації ПД



Кардіоміоцити як диполь



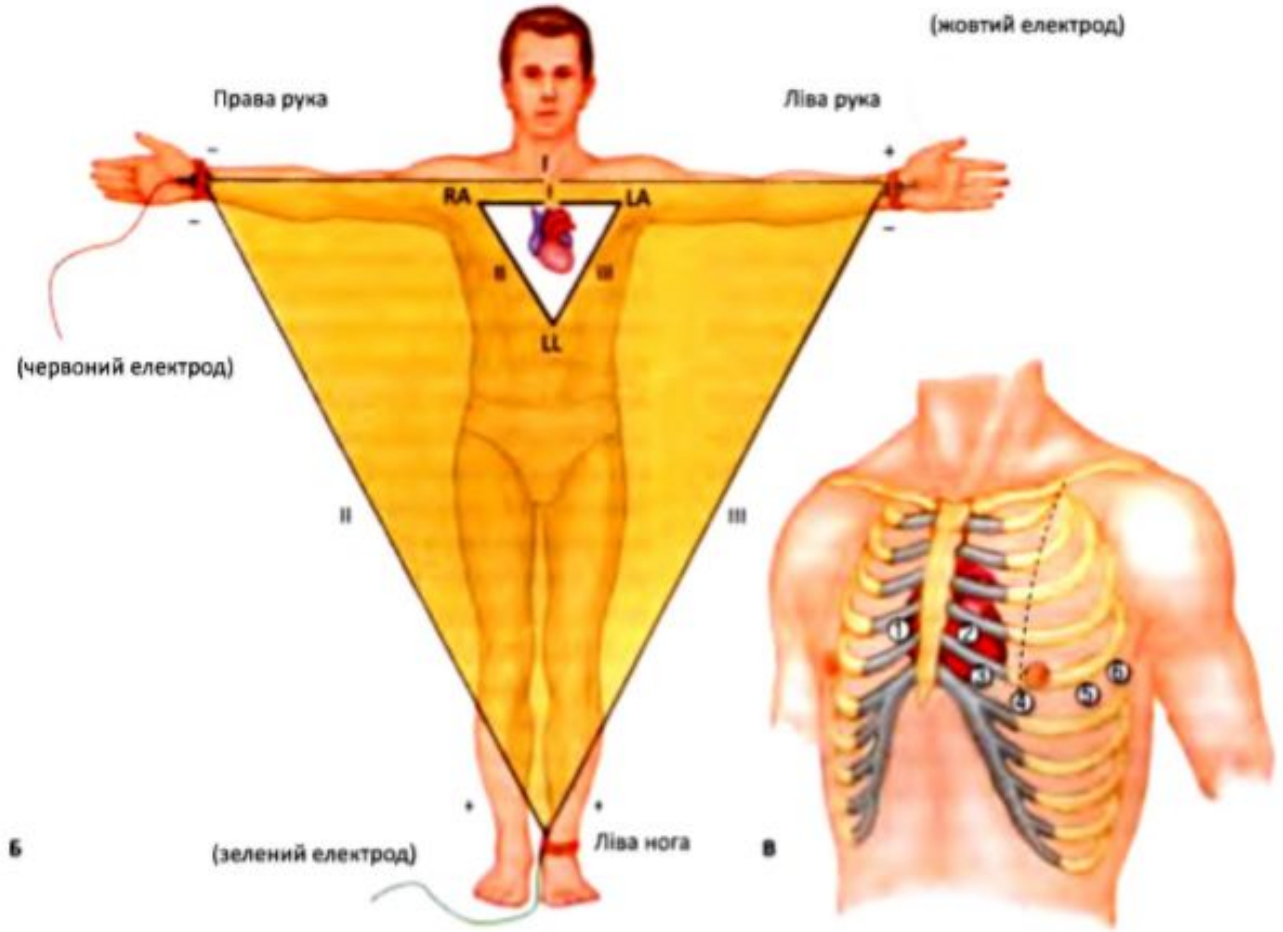
Точки накладання електродів на кінцівки у біполярних та уніполярних відведеннях

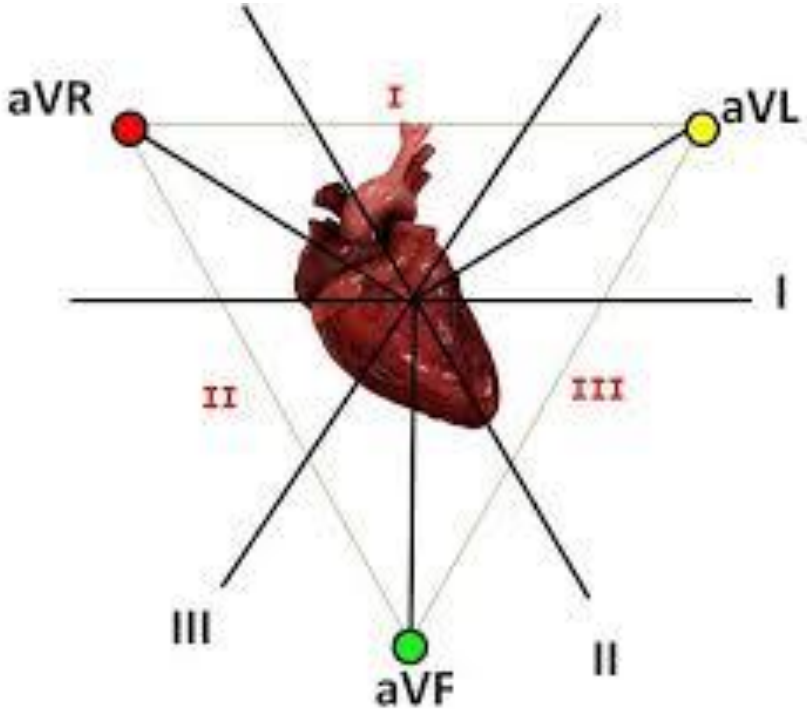
Біполярні відведення	(+) електрод	(-) електрод
I	Ліва рука	Права рука
II	Ліва нога	Права рука
III	Ліва нога	Ліва рука
Уніполярні відведення		
aVR	Права рука	❑
aVL	Ліва рука	❑
aVF	Ліва нога	❑
Примітка: ❑ - індиферентний електрод в уніполярних відведеннях (-)		

Точки накладання грудних позитивних електродів за Вільсоном, V_1 -V_6

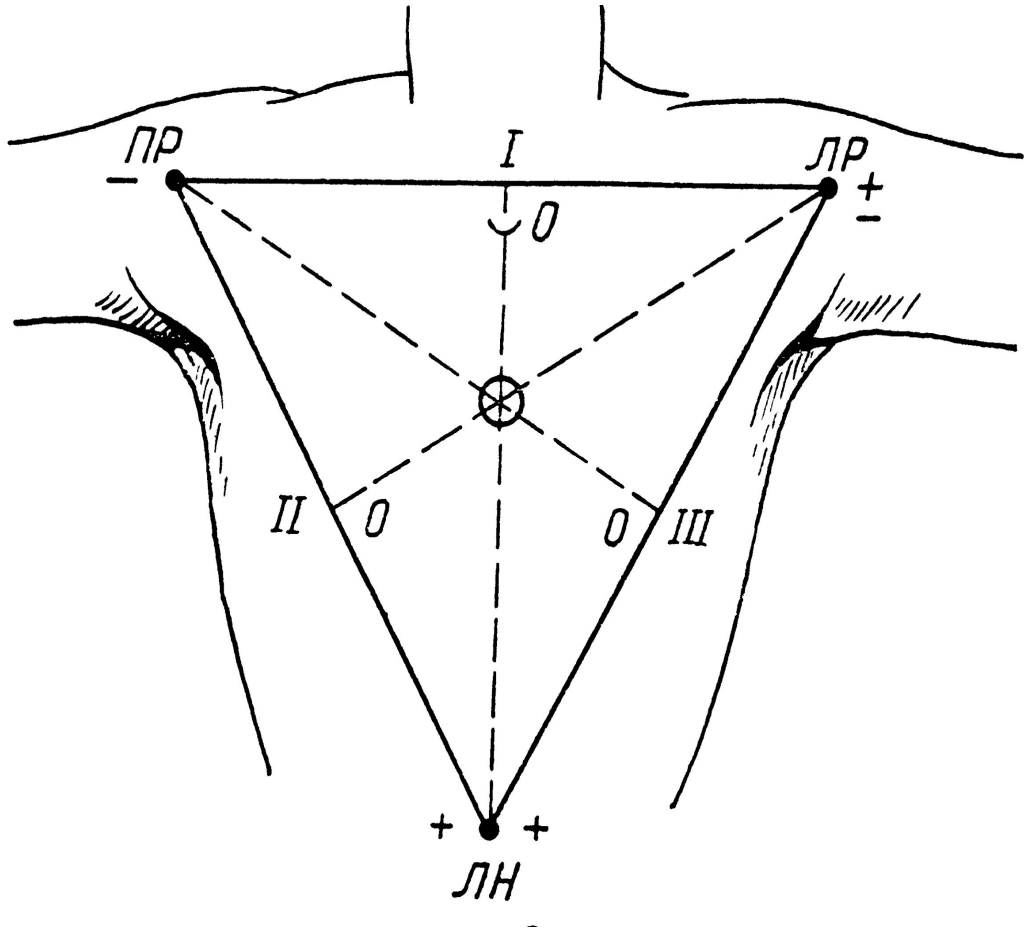
V_1 – активний електрод у четвертому міжребер'ї з правого краю грудини;
V_2 – активний електрод у четвертому міжребер'ї з лівого краю грудини;
V_3 – активний електрод на рівні четвертого ребра лівої парастернальної лінії;
V_4 – активний електрод у п'ятому міжребер'ї лівої серединно- ключичної лі
V_5 – активний електрод у п'ятому міжребер'ї зліва по передній пахвовій лін
V_6 – активний електрод у п'ятому міжребер'ї по лівій середній пахвовій ліні

Відведення ЕКГ – від кінцівок (3 стандартні двополюсні за Ейнтховеном: I,II,III; 3 посилені однополюсні за Гольдбергером; aVR, aVL, aVF) і **6 грудних** однополюсних за Вільсоном: $V_1 – V_6$





Вісь відведення – лінія, що з’єднує дві точки відведення (при біполярному відведенні) або точку відведення з індиферентним електродом (однополярні посилені відведення від кінцівок, однополярні грудні відведення)



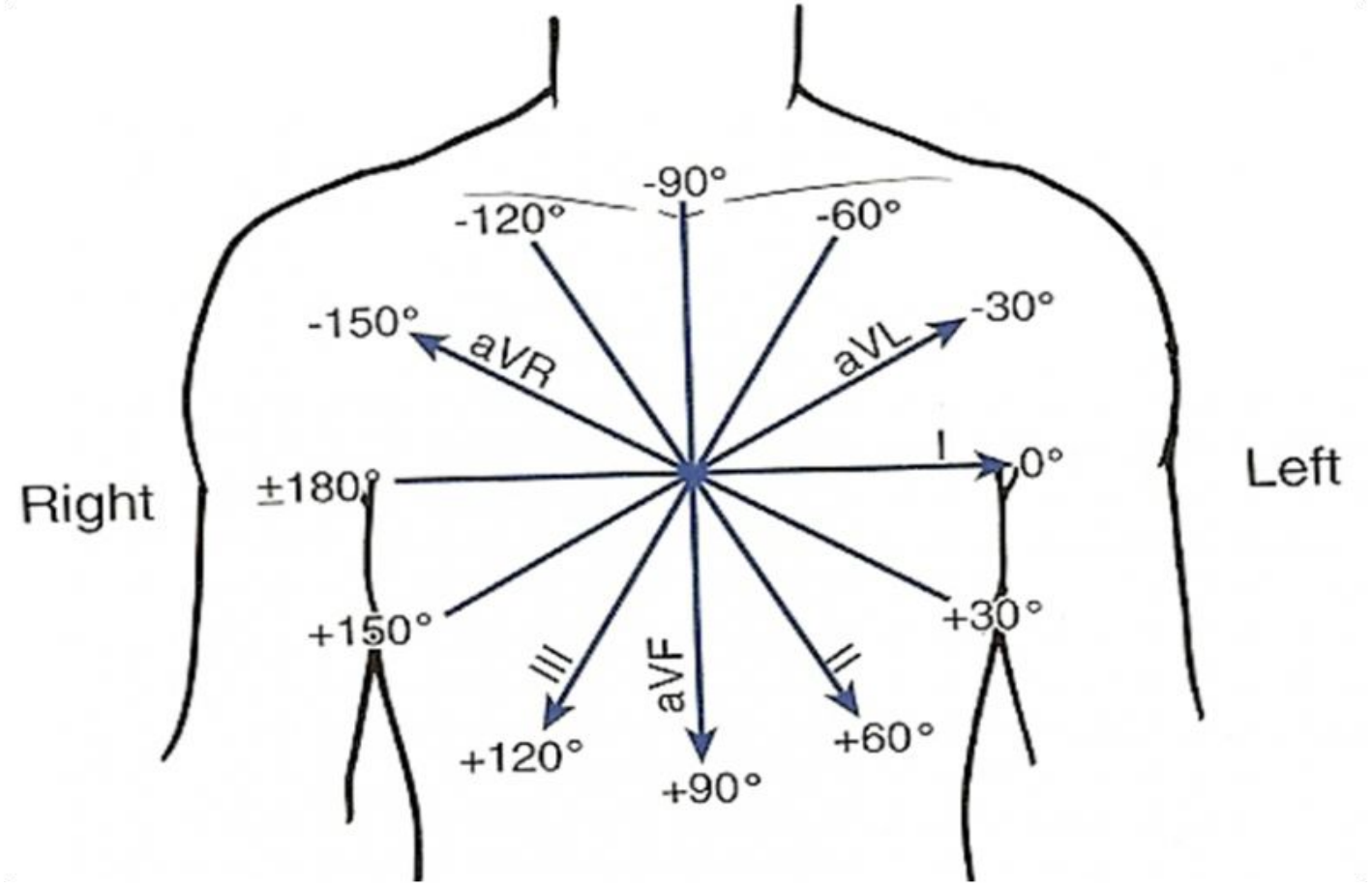
Трикутник Ейнтховена, який утворений осями I, II і III стандартних відведень.

На праву руку подається від’ємний потенціал, на ліву ногу – додатній, на ліву руку у I відведенні позитивний, а у III – від’ємний потенціал.
Активний електрод у однополюсних відведеннях є додатнім.
Проєкція нульової точки вектора (або сама «0» точка у однополюсних відведеннях) розділяє кожну вісь на дві половини – від’ємну і додатню (відповідно до накладених електродів)

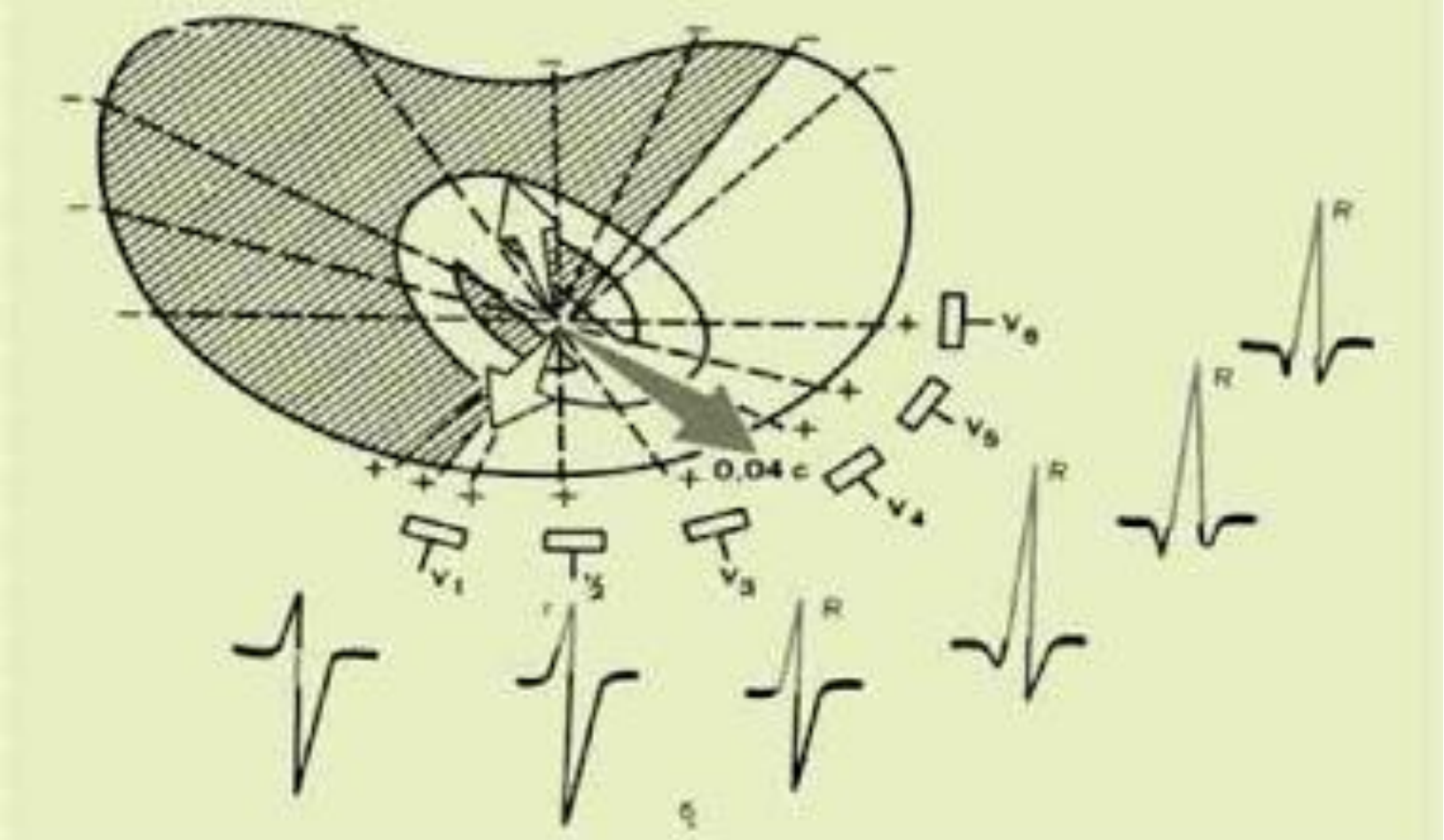
Відведення від кінцівок і грудні – для чого???

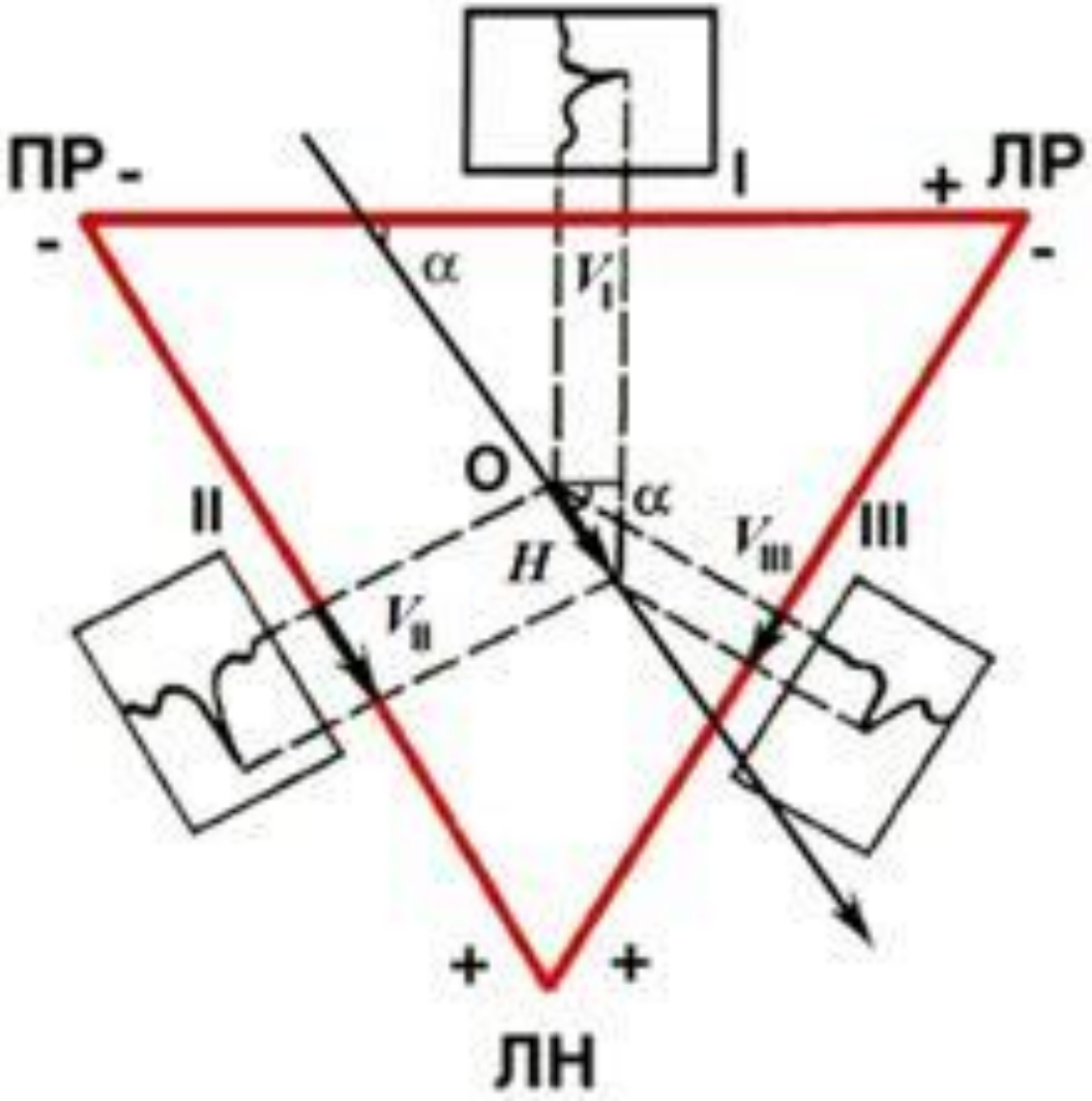
- Основна мета реєстрації ЕКГ у стандартних і посилених відведеннях від кінцівок - аналіз динаміки збудження міокарду **у фронтальній площині.**
- Основна мета реєстрації ЕКГ в грудних відведеннях - аналіз динаміки збудження серця **у горизонтальній площині.**
- Це дає можливість топічної діагностики електричного стану різних відділів міокарду передсердь та шлуночків

Розташування у фронтальній площині осей трьох стандартних і трьох однополюсних посилених відведень від кінцівок. На реєструючий електрод у однополюсних відведеннях завжди подається додатній потенціал



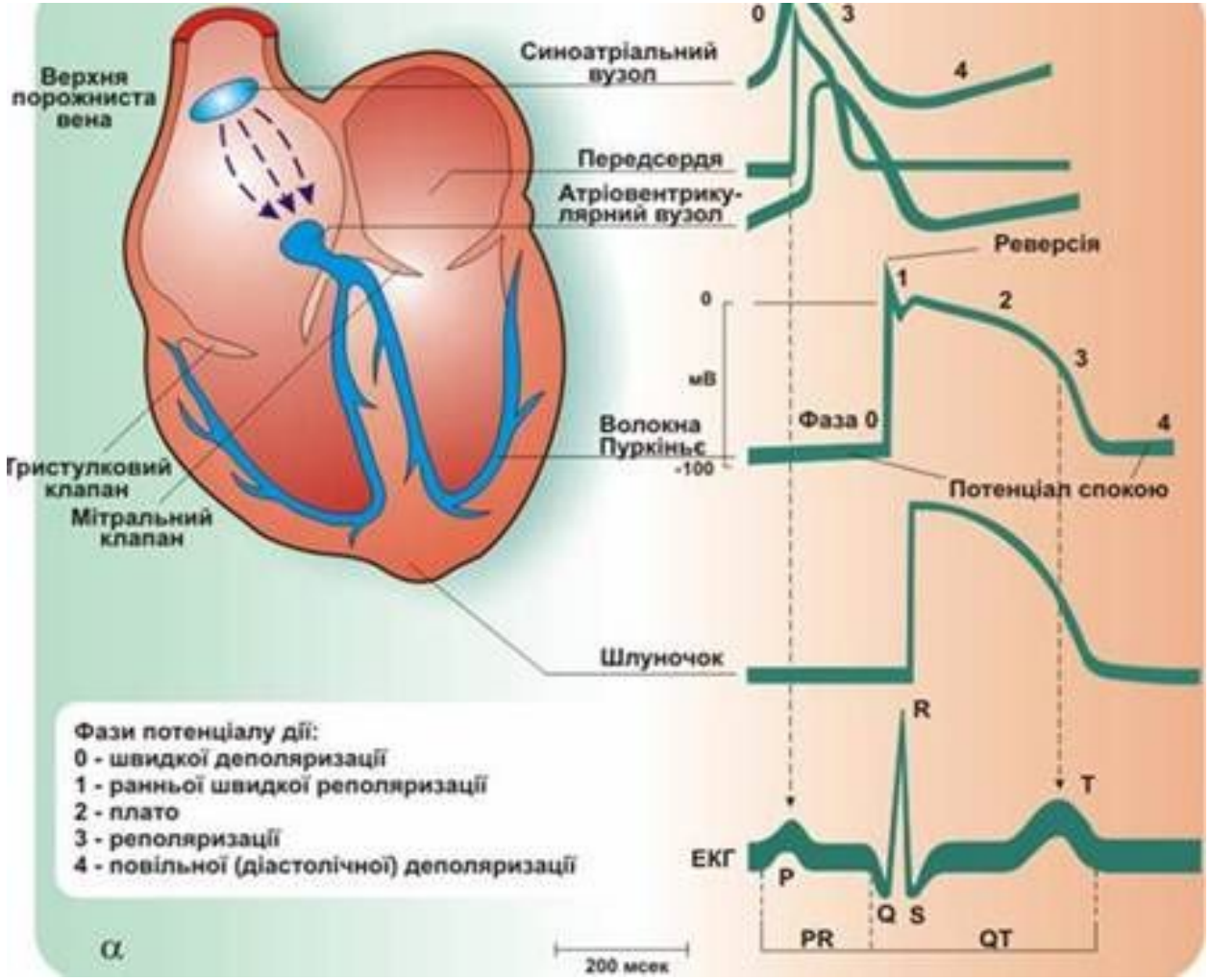
Розташування у горизонтальній площині осей шести однополюсних грудних відведень. На реєструючий електрод у однополюсних відведеннях завжди подається додатній потенціал





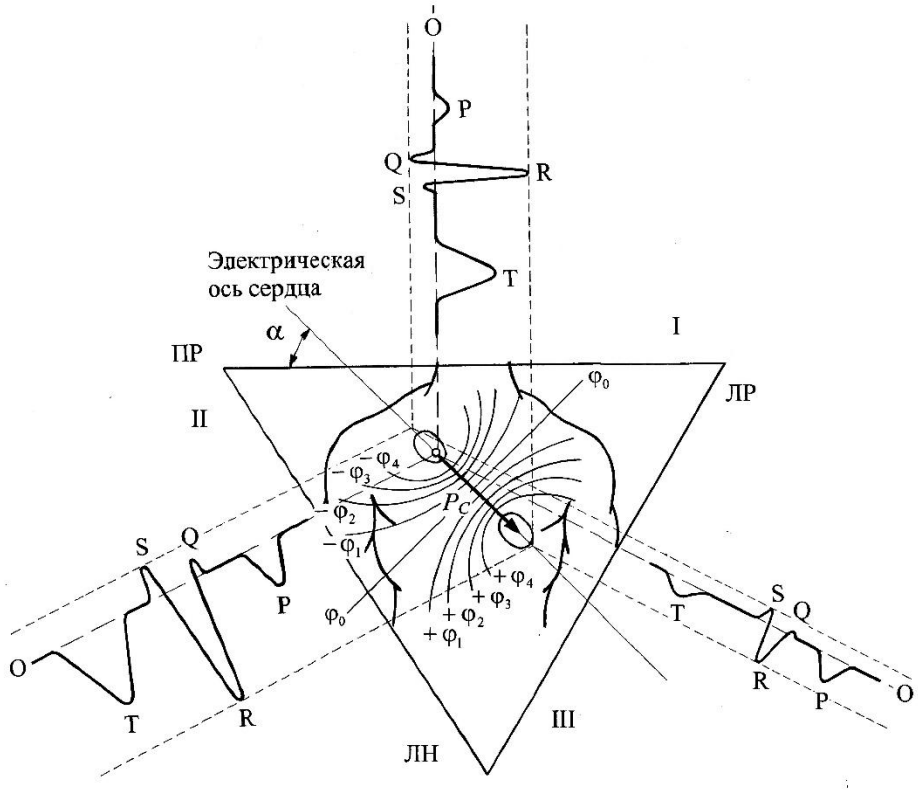
- Вектор ЕРС електричного поля серця впродовж одного серцевого циклу постійно змінює свою величину і напрямок у тримірному просторі. Використовуючи різні відведення ЕКГ, фактично фіксують різні проекції **одного і того самого вектора**, оскільки ЕКГ-відведення можна вважати геометричною проекцією вектору ЕРС на вісь відведення (подібно до фотографування одного об’єкта, зафіксованого з різних позицій)

Виникнення та проведення збудження в серці



Сино-атріальний вузол (пейсмекер) → міокард правого та лівого передсердь → атріо-вентрикулярний вузол → пучок Гіса → ніжки пучка Гіса → волокна Пуркін’є → міокард лівого та правого шлуночків

Основні моментні вектори (ОМВ) ЕРС серця



- Електрична активність серця в будь-який період його діяльності може бути представлена одиничним диполем, який має певну величину і напрямок і може бути представлений вектором. Тобто, електрична активність серця впродовж серцевого циклу може бути представлена величезною кількістю таких короткочасних або миттєвих серцевих векторів. Для практичних цілей ці чисельні миттєві серцеві вектори можна **замінити середнім серцевим вектором, який отримують шляхом приведення до середнього числа напрямку і величини миттєвих серцевих векторів за певний проміжок часу.**
- **Основні моментні вектори (ОМВ) серця – це середні серцеві вектори, що відповідають формуванню зубців ЕКГ**

Основні моментні вектори ЕРС серця

Основні моментні вектори (ОМВ) серця – це середні серцеві вектори, що відповідають формуванню зубців ЕКГ.

Характеристика ОМВ серця:

1. ОМВ, що відповідає формуванню зубця Р, виникає при русі хвилі деполяризації передсердями; орієнтований донизу, ліворуч, трохи вперед або назад. Формує у більшості відведень позитивні зубці.

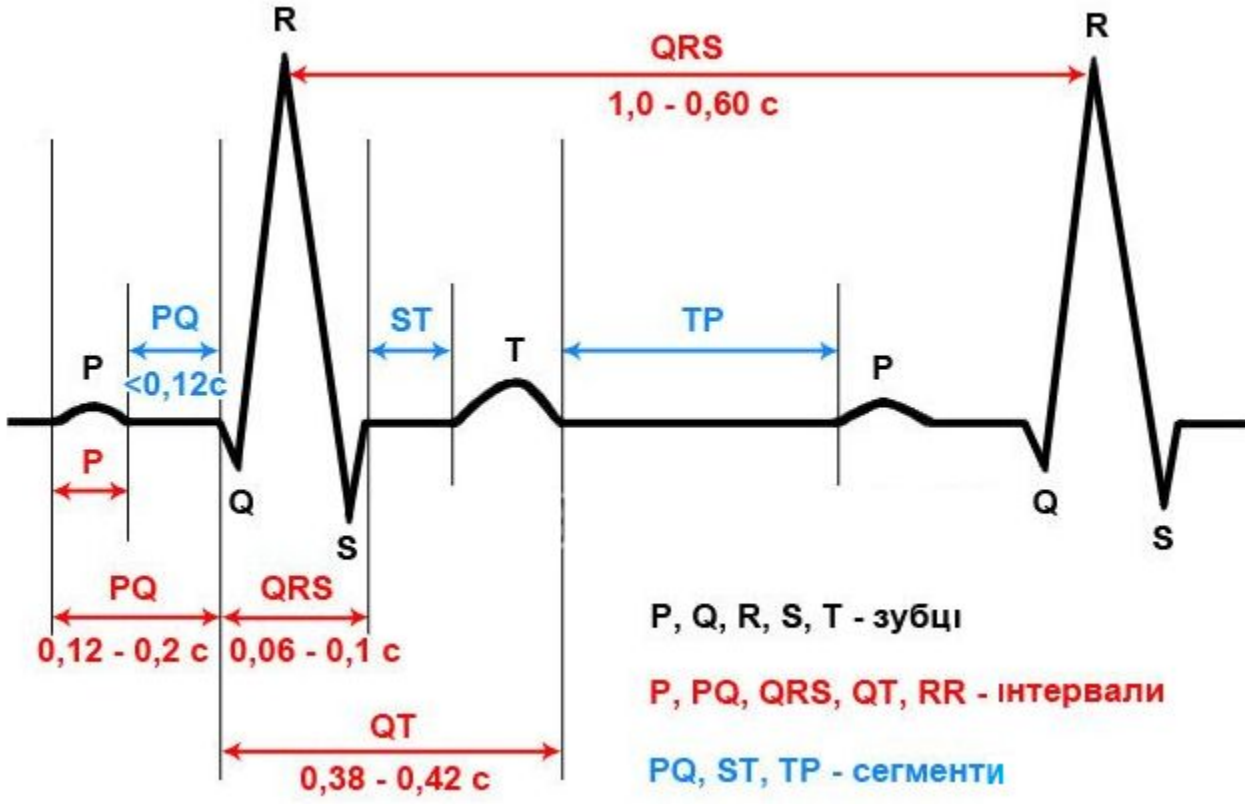
2. ОМВ, що відповідає формуванню зубця Q, виникає при русі хвилі деполяризації міжшлуночковою перегородкою і верхівкою серця; орієнтований вперед, праворуч, частіше догори. Формує у більшості відведень негативні зубці.

3. ОМВ, що відповідає формуванню зубця R. Головний вектор серця. Виникає при русі хвилі деполяризації передньо-боковими стінками шлуночків; орієнтований ліворуч, назад, частіше донизу. Дає велике позитивне відхилення в більшості відведень, за винятком aVR, V_1, V_2.

4. ОМВ, що відповідає формуванню зубця S, виникає при русі хвилі деполяризації задньо-боковими стінками шлуночків, орієнтований назад, вгору, трохи праворуч; фіксується як негативне відхилення у більшості відведень.

5. ОМВ, що відповідає формуванню зубця Т, виникає при русі хвилі реполяризації передсердями; орієнтований ліворуч, назад, частіше донизу

Елементи електрокардіограми



- **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

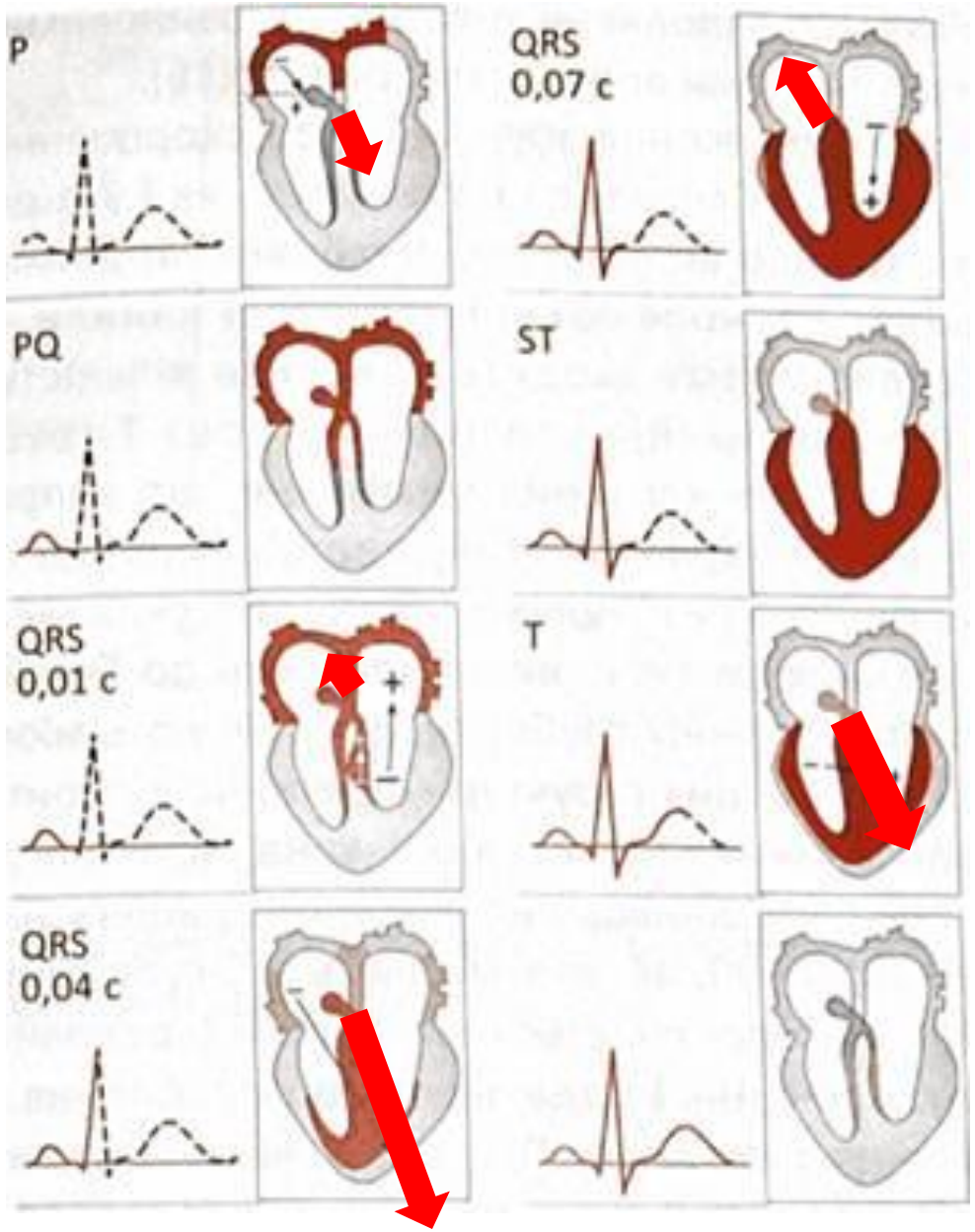
Принципи формування нормальної ЕКГ

- **Ізоелектричні сегменти реєструються за умови відсутності генерації ЕРС серцем (або при її дуже малій величині).** Це можливо при повній реполяризації міокарда (**сегмент ТР**), при повній деполяризації передсердь (**сегмент PQ**), при повній деполяризації шлуночків (**сегмент ST**). **Сегменту PQ відповідає рух деполяризації по АВ-вузлу, провідній системі шлуночків серця**; ЕРС, що генерується в цих умовах надто мала, тому на ЕКГ реєструється ізолінія.

- **Генерація серцем значної ЕРС зумовлює на ЕКГ виникнення зубців різного напрямку та амплітуди.**

- Напрямок зубців залежить від того, на яку частину вісі відведення, від’ємну чи додатню, припадає проекція вектора ЕРС. Проекція нульової точки вектора ділить вісь на дві половини; позитивній її частині відповідає положення електрода, на який подається позитивний потенціал. Якщо проекція вектору припадає на від’ємну половину вісі відведення, сформується від’ємний зубець, якщо на додатню – додатній

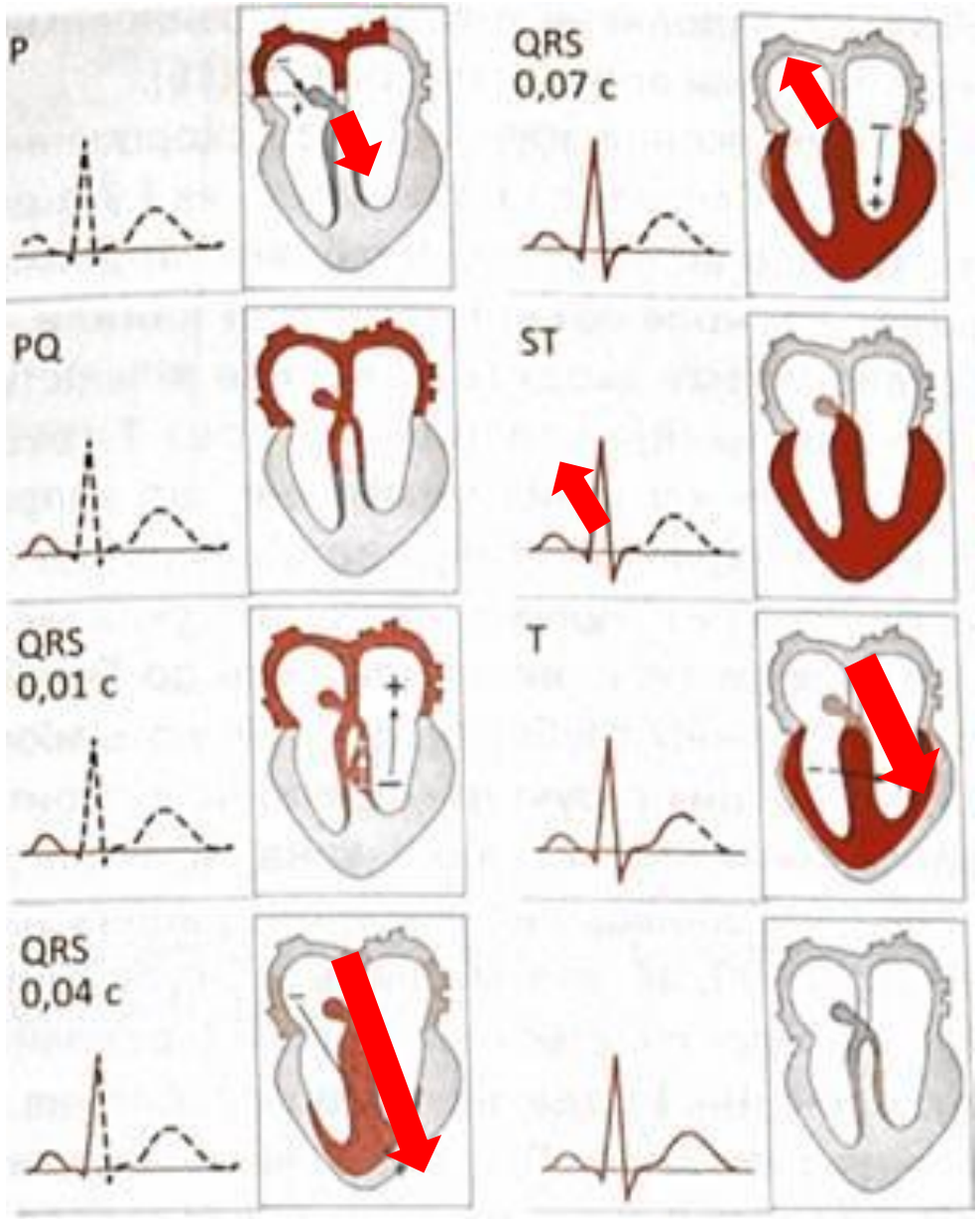
Механізм генерації елементів ЕКГ



- 1) **Зубець P**: відображає деполяризацію міокарду передсердь, в нормі він позитивний у стандартних відведеннях (I, II, III) бо проекція основного моментного вектора у трикутнику Ейнтховена припадає на позитивні сторони осей; є **негативним у відведенні aVR**.

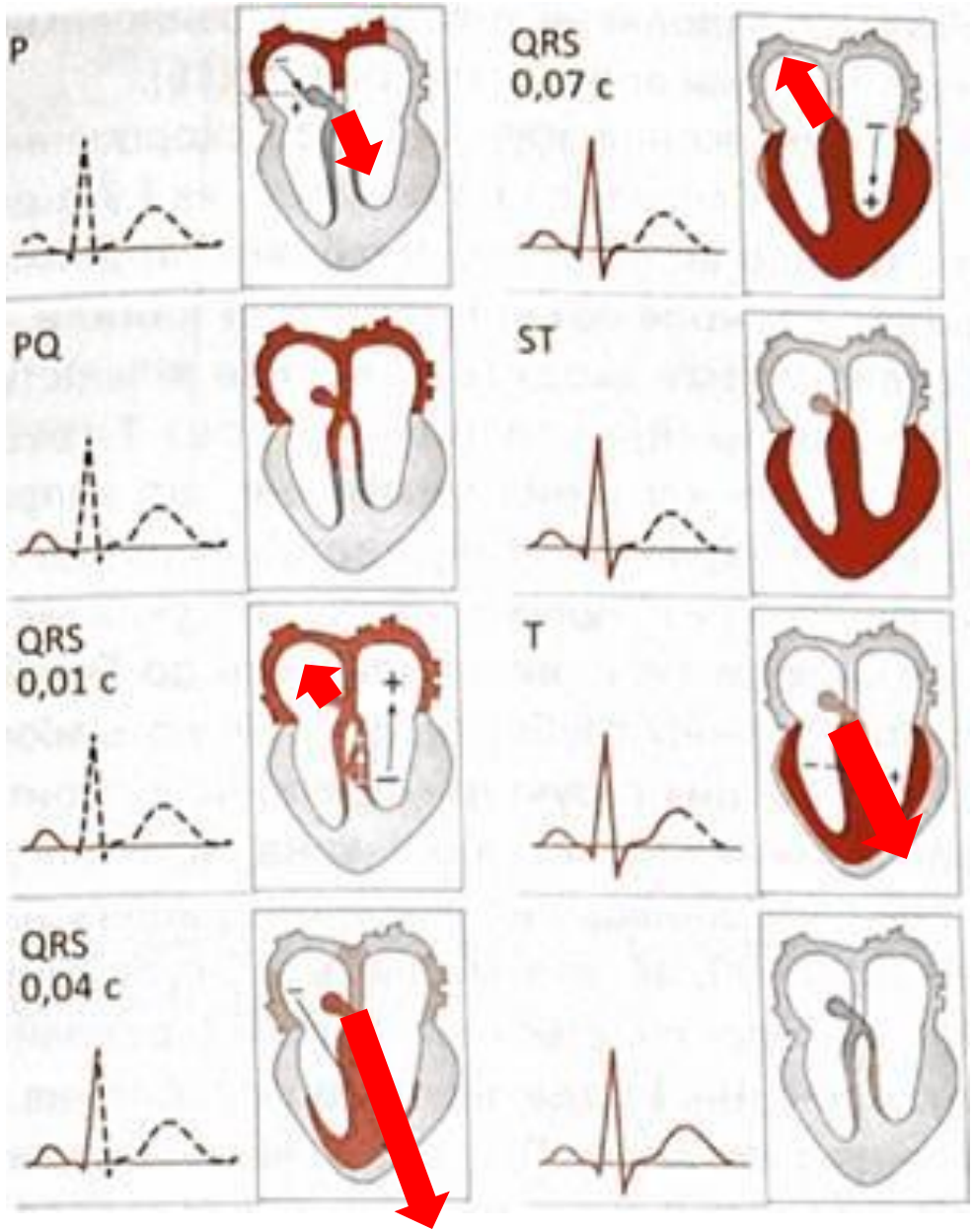
- 2) **Інтервал PQ** або **PR** - відстань на ЕКГ від початку зубця P до початку зубця Q, при відсутності останнього - до початку зубця R, відображає час від початку деполяризації передсердь до початку деполяризації міжшлуночкової перегородки, який характеризує швидкість проведення збудження передсердями, АВ вузлом, пучком Гіса і його розгалуженнями (**показує АВ затримку**)

Механізм генерації елементів ЕКГ



- 3) **Інтервал QRS** - відстань на ЕКГ від початку зубця Q до кінця зубця S, відображає час поширення деполяризації шлуночками серця:
- **Зубець Q** - початковий зубець цього комплексу, є завжди негативним (проекція ОМВ припадає на негативні частини вісі відведення, бо орієнтований знизу догори праворуч); у II відведенні може бути відсутнім (якщо ОМВ орієнтований перпендикулярно до вісі). Відповідає збудженню міжшлуночкової перегородки, де розташовані структури провідної системи шлуночків.
- **Зубець R** - головний вектор комплексу і він же є головним вектором серця; відображає подальшу деполяризацію, яка поширюється від міжшлуночкової перегородки до міокарду правого і лівого шлуночків; в нормі він завжди у стандартних відведеннях позитивний (ОМВ орієнтований згори донизу і зліва направо.
- **Зубець S** - кінцевий вектор деполяризації обох шлуночків, є негативним (у II відведенні може бути відсутнім), в цей час основний моментний вектор направлений в бік основи лівого шлуночка, де ще залишилась деполяризована ділянка міокарду; знизу догори і праворуч)

Механізм генерації елементів ЕКГ



- 4) **Зубець Т** - відображає реполяризацію шлуночків, він є позитивним у стандартних відведеннях, **негативний** у **відведенні aVR** і деяких інших.

- 5) **Інтервал QT** - відстань від початку зубця **Q** до кінця зубця **T**, відображає час деполяризації і реполяризації шлуночків і характеризує швидкість цих процесів - електрична систола шлуночків). Тривалість інтервалу QT залежить від частоти скорочень серця (від тривалості серцевого циклу) і в нормі триває не більше 50% від «попереднього інтервалу RR.

Принципи аналізу ЕКГ- оцінка електричних властивостей міокарда

1) Оцінка автоматії серця. ЕКГ дає можливість визначити:

- що є водієм ритму серця. Зробити висновок про те, що водієм ритму є сино-атріальний вузол можна, якщо:
  - шлуночкові комплекси QRST скрізь ідуть слідом за позитивними передсердними зубцями P;
  - непрямою ознакою може бути частота генерації імпульсів збудження, яку розраховують, виходячи з тривалості інтервалу R-R. При частоті, більшій за 50, водієм ритму є САВ.
- чи ритмічно водій ритму генерує імпульси збудження. Оцінюється на підставі порівняння тривалості кількох послідовних інтервалів R-R

Принципи аналізу ЕКГ

2) Оцінка швидкості проведення збудження структурами серця.

- Проводиться на підставі розрахунку тривалості зубців та інтервалів ЕКГ.

3) Напрямок, амплітуда і конфігурація зубців ЕКГ, співвідношення цих показників у різних відведеннях дозволяють оцінити напрямок і величину основних моментних векторів серця, які відповідають формуванню цих зубців

Амплітуда зубців ЕКГ визначається кількома чинниками:

- Величина інтегрального вектора ЕРС, яка відбиває кількість структур серця (кардіоміоцити), що генерують ЕРС, їх стан.
- Величина кута між напрямком вектора ЕРС та віссю відведення, від чого залежить величина проекції вектора на вісь; якщо напрямок осі відведення співпадає з напрямком інтегрального вектора ЕРС, величина зареєстрованої різниці потенціалів максимальна; якщо ж ці напрямки перпендикулярні, дорівнює нулю.
- Відстань між віссю відведення та серцем; максимальна амплітуда зубців реєструється найчастіше у грудних відведеннях за Вільсоном, найбільш наближених до серця.
- Електропровідність тканин

Принципи аналізу ЕКГ

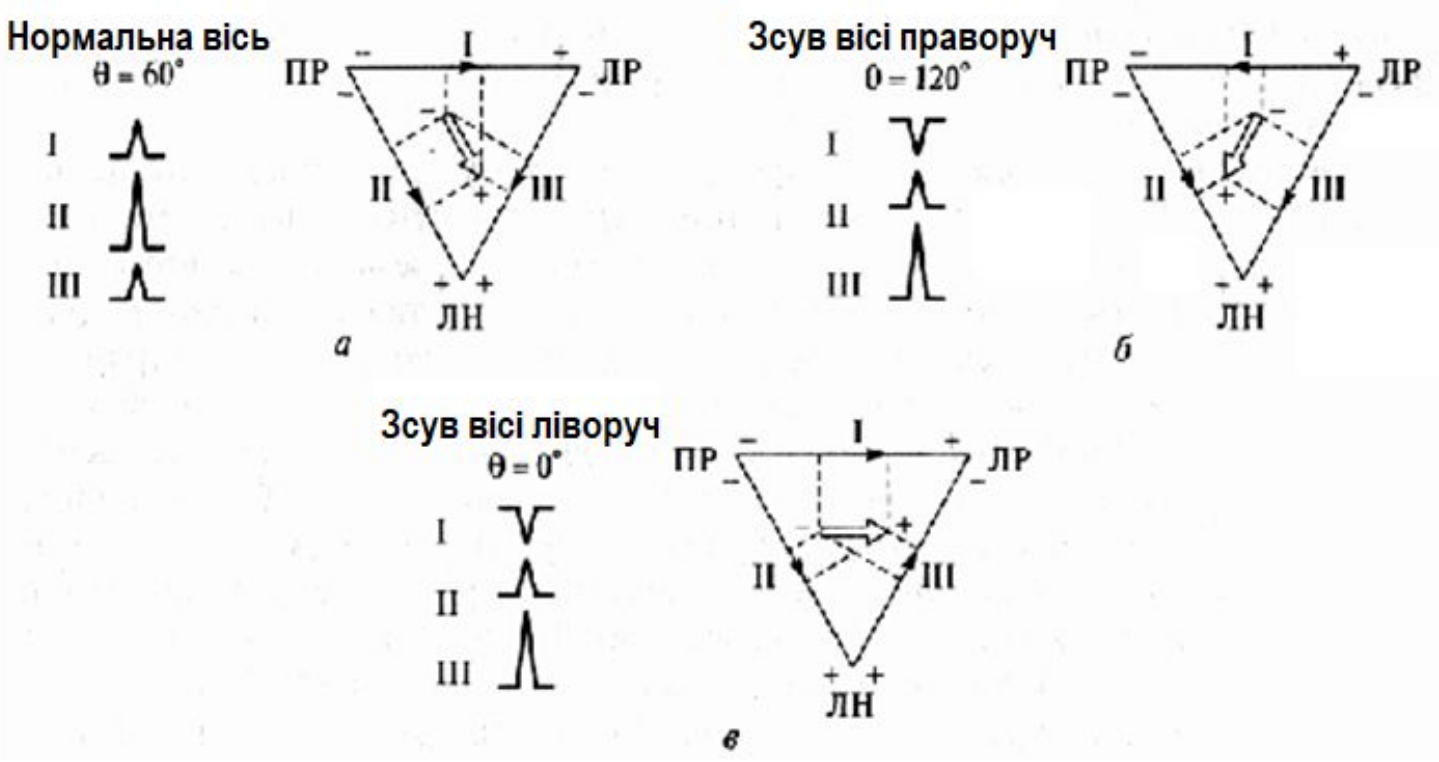
- Визначення положення електричної вісі серця.
- Електрична вісь серця - середній за циклом збудження шлуночків напрямок у просторі результуючого вектору деполяризації (зазвичай він співпадає з анатомічною віссю серця і напрямком максимального за величиною інтегрального вектора ЕРС серця, головного вектора, що відповідає формуванню зубця R).

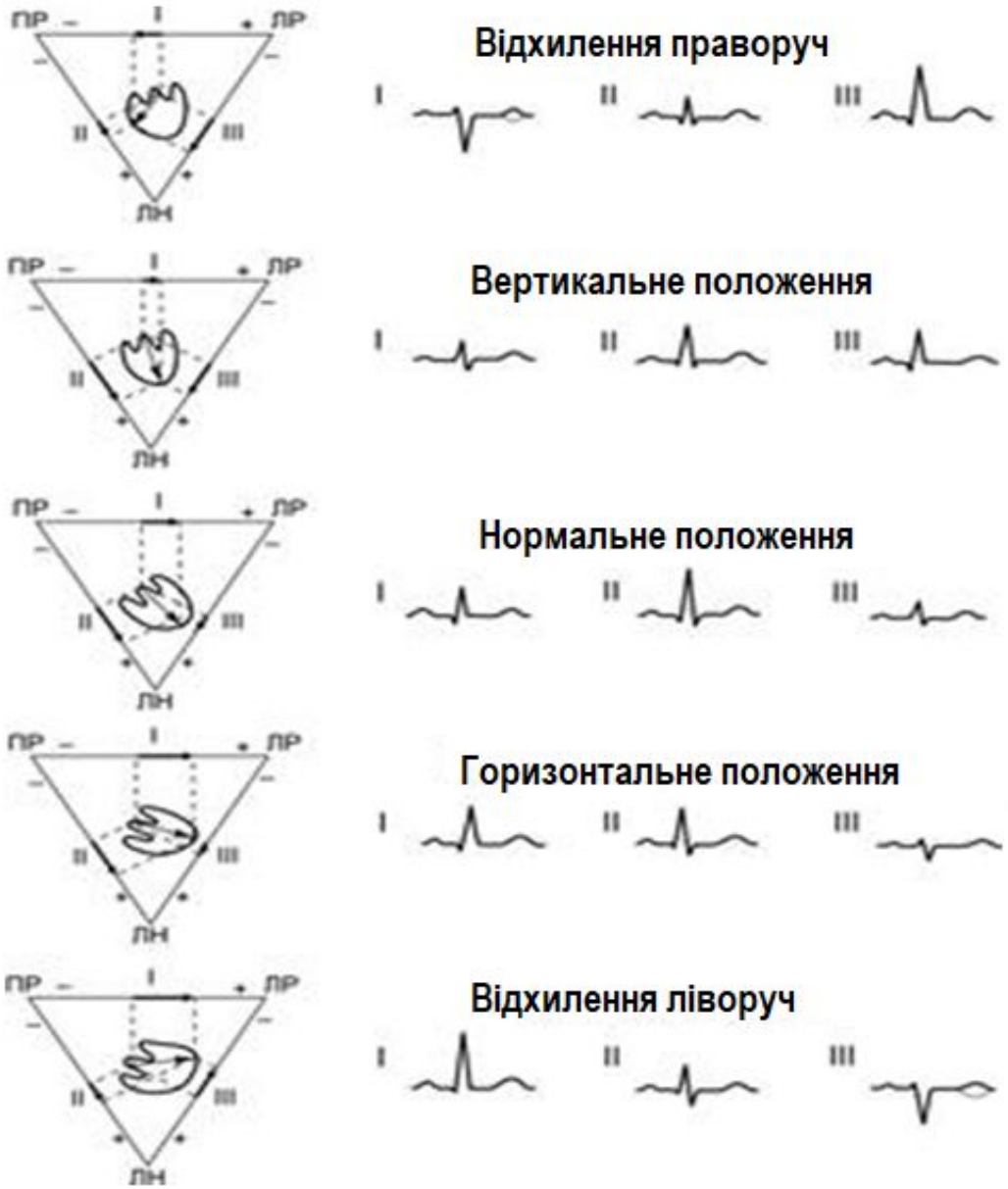
  Положення електричної вісі серця характеризує кут альфа – кут між електричною віссю і позитивною половиною вісі першого стандартного відведення.

  Варіанти положення електричної вісі:

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

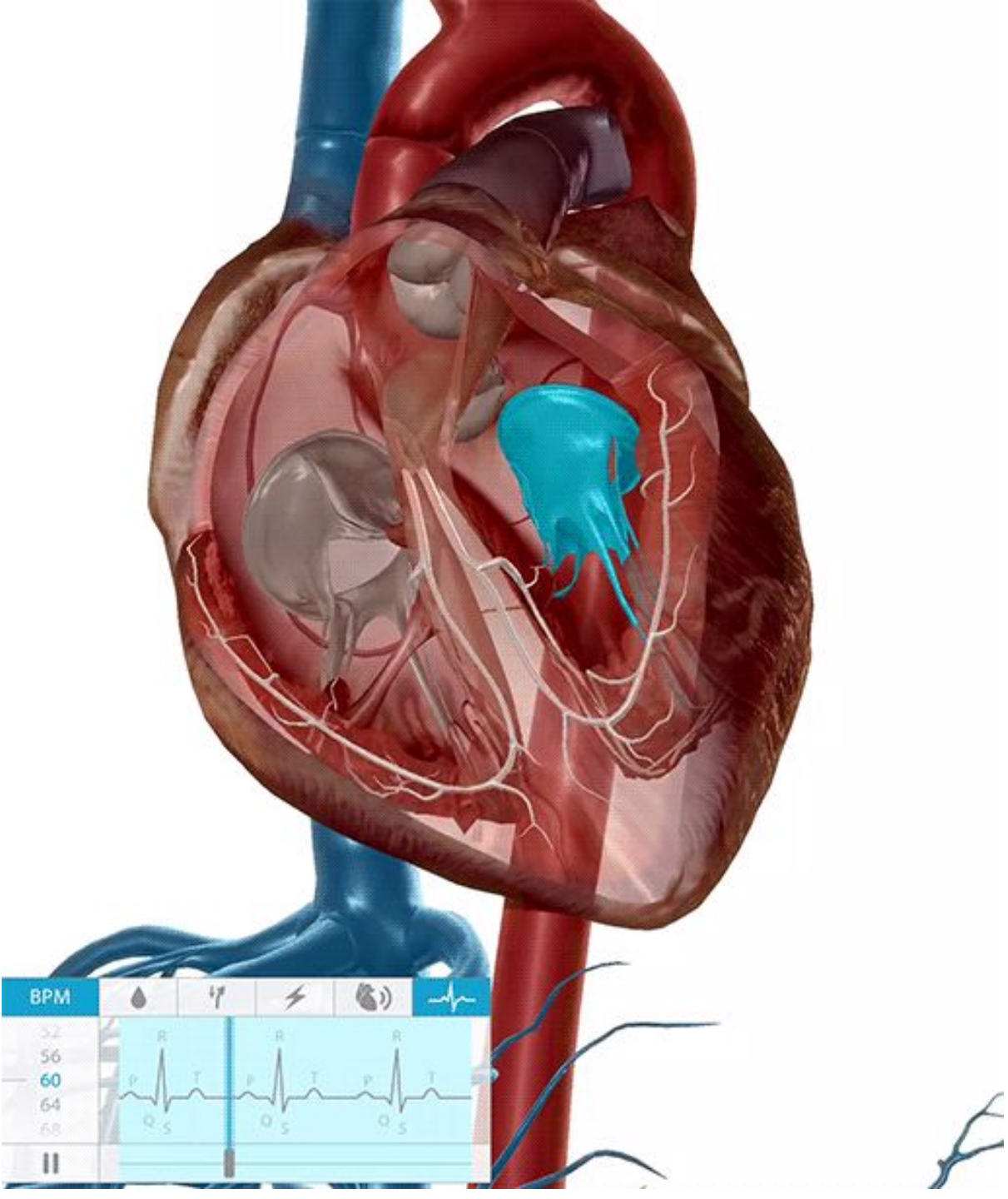
Варіанти положення електричної вісі серця





Варіанти положення електричної вісі серця

Значення кута альфа	Положення електричної вісі серця
більше 90°	блокада задньої гілки лівої ніжки
90—70°	правограма
70—50°	нормограма
50—0°	лівограма
О—(-30)°	різка лівограма
менше (-30)°	блокада передньої гілки лівої ніжки



Дякую за увагу!