

### Електрокардіографи

Сучасні електрокардіографи базуються на новітніх цифрових технологіях, що передбачають кілька варіантів реєстрації ЕКГ сигналу, наприклад на напівпровідниковому носії, на екрані монітора, або на цифрових носіях (дискетах, жорстких дисках і т.ін.

### БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА

У наш час при проведенні електрокардіографічних обстежень, як правило, використовують багатоканальні електрокардіографи, які проводять одночасний запис кількох ЕКГ. Одноканальні портативні електрокардіографи використовуються також дуже широко, наприклад, при постклінічному нагляді за хворими, які перенесли інфаркт міокарда). До складу типового електрокардіографа, входять чотири основні блоки: вхідний блок, підсилювач, реєструючий пристрій та блок живлення. Вхідний пристрій включає до себе пристрої зйомки електрокардіосигналів (ЕКС) — електроди, кабелі відведення та комутатори відведення з перемикачем, якщо електрокардіограф багатоканальний. Електроди, призначені для реєстрації біопотенціалів серця, називають електрокардіографічними або ЕКГ електродами. Вони виконують роль контакту між генератором біопотенціалів — серцем і вимірювальним пристроєм.

Різниця потенціалів серця, які реєструються на поверхні тіла людини, має дуже малу амплітуду, приблизно 1—2 мВ, а рівень супроводжуючих перешкод (наведення в мережі, артефакти та інші) порівняно великий, тому для їх підсилення використовуються електронні підсилювачі електрокардіосигналу (ПсЕКС), які виконуються на транзисторах або операційних підсилювачах (ОП). Після виходу з блоку підсилювача сигнал потрапляє на реєструючий пристрій.

### ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА

#### ПРИСТРОЇ ЗНЯТТЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ

ЕКГ електроди — це пристрої, які знімають електричні сигнали серця, що дійсно існують в організмі людини. Від їх технічних характеристик, точності та акуратності накладання залежить якість роботи ПсЕКС, а отже й достовірність зареєстрованих ЕКГ і встановленого за ними медичного діагнозу.

Електрод представляє собою металеву пластину круглої або овальної форми, площа якої складає до 20 см<sup>2</sup>. Найчастіше електроди виготовляють із нержавіючої сталі. Останнім часом поширюється використання хлорсрібних електродів (Ag — AgCl), які виготовляють шляхом електролітичного покриття хлоридом срібла (AgCl) основи з чистого срібла (Ag) у розчині хлориду натрію (NaCl). Хлорсрібні електроди бувають одноразового та багаторазового використання.

До ЕКГ електродів пред'являються такі вимоги:

- точність відтворення ЕКС: мінімальні втрати корисного сигналу на переході електрод — шкіра, збереження частотної характеристики ЕКС;
- ідентичність електричних і конструктивних параметрів, що забезпечує взаємозаміну ЕКГ електродів;
- сталість у часі функції перетворення, яка досягається стабільністю електричних параметрів ЕКГ електродів/

Таким чином, різниця потенціалів двох точок поля точкового електричного диполя, розташованих на однаковій відстані від диполя, пропорційна проекції дипольного моменту на пряму, на якій лежать эти точки.

Досліджуючи зміни різниці потенціалів на поверхні человеческого тіла, можна судити про проекції дипольного моменту серця, отже, про біопотенціалів серця. Эта ідея покладена в основу моделі Зейтховена, голландського вченого, творця електрокардіографії, нобелівського лауреата 1924 р

#### Основні постулати зтой моделі:

1. електричне поле серця представляється як електричне поле точкового струмового диполя з дипольним моментом  $E$ , званим інтегральним електричеській вектором серця (ІЕВС) (він складається з диполів різних частин серця):  $E = \sum D$

2. ІЕВС знаходиться в однорідній ізотропному провідному середовищі, яким є тканини організму.

3. Інтегральний електричний вектор серця  $E$  змінюється за величиною й напрямком. Його початок нерухомий й знаходиться в атріовентрикулярному вузлі, а кінець описує складну просторову криву, проекція якої на фронтальну площину утворює за цикл серцевої діяльності (в нормі) три петлі: P, Q,R,S й T.

Очевидно, в цьому випадку в різних точках поверхні грудної клітини людини в деякій момент часу будуть виникати різні за величиною й знаком електричні потенціали. В наступний момент часу розподіл цих потенціалів поверхні тіла зміниться.





Вигляд передньої панелі сучасного електрокабінетра

Перед реєстрацією ЕКГ необхідно переконатися у справності електрокардіографа. Для того, щоб можна було порівнювати ЕКГ, вимірювані різними пристроями, необхідно, щоб вони мали однакові параметри чутливості, інерції (визначально для апарату з відривним механізмом реєстрації), постійної часу, симетричності відхилення, швидкості пригальмування стрілки. Чутливість апарату характеризується величиною контрольного мілівольт. Загальноприйнятою величиною  $1 \text{ мВ} = 10 \text{ мм}$ . Коли це необхідно, величину мілівольт збільшують або зменшують у два рази. Реєстрація ЕКГ на апараті, у якого величина контрольного мілівольт становить 9, 11, а тим більше 7 або 13 мм, призведе до зміни величини зубців, що зробить неможливим їх порівняння в абсолютних величинах. Водночас різні величини мілівольт допускаються при комп'ютерній обробці ЕКГ, оскільки в цьому випадку комп'ютер сам виконає поправку. А саме фактичну величину зубців не в міліметрах, а в мілівольтях. Інерція визначається величиною закладки пера на контрольному мілівольті. У нормі вона не повинна перевищувати 1% (0,1 мм при  $1 \text{ мВ} = 10 \text{ мм}$ ). Ще одним показником інерції є швидкість підйому контрольного мілівольт. Підйом на  $1 \text{ мВ}$  повинен відбуватися не більше, ніж за 0,01 с. Інший важас на екранах моніторів і при обробці ЕКГ процесором (використовуваним в електрокардіографі чи розміщеним окремо). Постійна часу визначається таким чином: при включеному м'ягкій реєстрації натягнута клітка мілівольт і не відпускається протягом 2 секунд. При цьому відхилення пера в напрямку до осі стрілки не 33% має відбуватися за 1,5 с. Тім, цей параметр не має значення за наявності амплітованого в електрокардіографі принтера, коли роздруковуються вже оброблені процесором сигнали. Симетричність відхилень характеризується опуклим зменшенням угору і вниз від осі стрілки при введенні сигналів, однакових за амплітудою, але протилежних за знаком. Рівномірність швидкості пригальмування стрілки можна перевірити шляхом штучного логічного контакту електродів із шкірою пацієнта і запису осцилографічного введення струмів. Частота цих сигналів становить 50 Гц.

Треба добитися хорошого контакту електродів з шкільною швидкодіючою інтегрованою схемою, в також використання електродної пасти, або марлевих прокладок, змішаних 5-10 % розчином NaCl. Якщо не дотримуватись названого висногу, то на ЕКТ будуться такі артефакти (мал. 1):



### Схема відображення прегрефактів на ЕКГ.

*A - тремор м'язів;*

*B - вплив змінного струму;*

*C - відхилення базальні змінного струму.*

1. Незначні періодичні коливання, що накладаються на ЕКГ і обумовлені тремором м'язів.

2. Регулярні зубчасті хвилі на ЕКГ, спричинені впливом джерел змінного струму.

3. Відхилення осі, або відхилення запису обумовлене поганим контактом електродів з шкірою, або між дротами та електродими, а також рухами об'єкту дослідження.

Запис ЕКГ здійснюється при спокійному диханні спочатку в стандартних відведеннях, потім у відсіленні І та вказівця у грудні. У кожному відведенні записують не менше 4 середніх циклів. ЕКГ роздруковують, як правило, при швидкості руху паперу 50 мм/с.

### Методика запису електрокардіограми.

Запис ЕКГ повинен проводитись в теплому приміщенні, щоб уникнути тремтіння хворого при максимальному розслабленні м'язів. Планові дослідження проводяться після 10-15 хвилин відпочинку не раніше, ніж через 2 години після прийому їжі. Значиме помилчення - помилки на ступні. Дихання рівне, неглибоке

1. Накладають електроди. З метою зменшення випадкових струмів та покращення якості запису ЕКГ необхідно забезпечити хороши контакт електродів з шкірою. Зазвичай це досягається застосуванням марлевих прокладок між шкірою і електродими, змочених 1-10% розчином хлористого натрію або спеціальних струмопровідних паст. При необхідності в місцях наклеювання електродів попередньо знежирюють шкіру. У випадку значної вологості підошви змочують мильним розчином.

На внутрішню поверхню передпл'ячч і голенів в зовнішній третині наклеюють відсіленні електроди, закріплюючи їх гумовими стрічками. На груді встановлюють один (або декілька при багатоведенні запису) грудний електрод, який фіксують гумовою грушкою присоскою.

2. Підключення електродів до електрокардіографа. Кожен електрод з'єднується з електрокардіографом власним дротом, що має загальноприйняте кольорове маркування. До електрода, розташованого на правій руці, приєднують провід, маркований червоним кольором; на лівій руці - жовтим; на правій нозі - чорним; лівій нозі - зеленим.

Грудний електрод з'єднують з кабелем, позначеним білим кольором. При багатоведенні запису з одночасною реєстрацією всіх шістьох грудних відведень до електродів в позичці V1 підключають провід з червоним наконечником, V2 - з жовтим, V3 - із зеленим, V4 - з коричневою, V5 - з чорним, V6 - з синім або фіолетовим.

3. Заземлення електрокардіографа.

4. Включення апарату в мережу.

5. Запис контрольного мілівольт. Реєстрація ЕКГ повинна передувати калібруванню підсилення, що дозволяє стандартизувати дослідження, тобто оцінювати і порівнювати при лінійному спостереженні амплітудні характеристики. Для цього в положенні перемикача відведення "0" на гальванометр електрокардіографа підключають спеціальну калібрну ланцюжок, що надається стандартне напруга в 1 мілівольт.

Бажано проводити калібрування запису на початку і наприкінці зйомки ЕКГ.

6. Вибір швидкості руху паперу. Сучасні електрокардіографи можуть реєструвати ЕКГ при різних швидкостях руху стрижка: 12,5, 25, 50, 75 і 100 мм / с. Обрана швидкість встановлюється натисканням відповідної кнопки на панелі управління.

Найбільш зручна для подальшого аналізу ЕКГ швидкість 50 мм/с. Менша швидкість (звичай 25 мм/с) використовується з метою виявлення та аналізу фронтні, коли потрібен більш тривалий запис ЕКГ.

7. Запис ЕКГ. Реєстрація ЕКГ складається з послідовного запису електрокардіографічних відведень, що робить, повертаючи ручку перемикача відведення. У кожному відведенні записують не менше 4-х циклів.

а) Запис стандартних відведень проводиться при положенні перемикача відведення у положенні I, II і III. Прийнято III стандартне



**ФОРМУЛИ Ф.К.Т.**

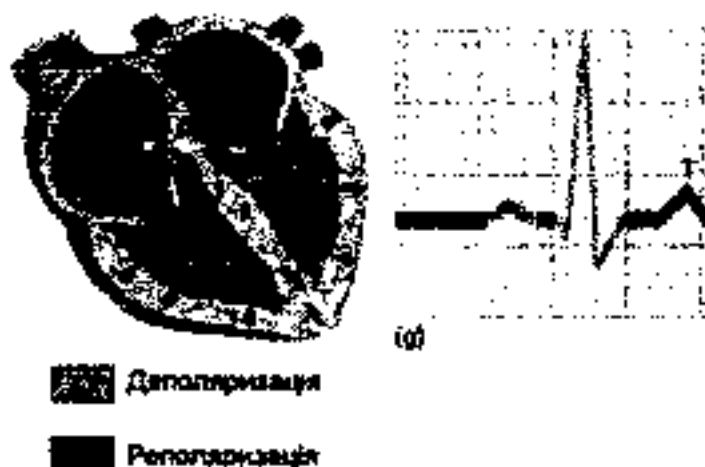


Вектор деполаризації шлуночків має більшу величину. Спочатку збуджуються міжшлуночкові перегородки (перші 0,02 с комплексу QRS) і вектор спрямований вправо, вниз і вперед, потім (0,02–0,04 с) збудження охоплює більшу стінку правого і лівого шлуночків, поширюючись від епікарда до епікарда, причому збудження правого шлуночка відбувається дещо швидше, ніж лівого. Вектори збудження обох шлуночків спрямовані в протилежні сторони, а маса ЛШ є більшою, і це визначає напрям сумарного вектора впливу, вниз і вперед. В останню чергу (0,06–0,08 с) збуджуються чотирьох-базальні відділи міжшлуночкової перегородки і шлуночків, а вектор деполаризації спрямований вгору і назад. Отже, спочатку вектор збудження шлуночків спрямований вниз, вправо і дещо вперед; потім він відхиляється вгору і назад, поступово збільшуючись; нарешті відхиляється вліво, вгору й назад, зменшуючись за величиною. Проєкції цих векторів на одні віднесені форми комплексу QRS.

**Figure 6**



Дані з'являються реполіграфією плутографію, яка відповідає на ЕКГ сегменту ST і зубця Т. У нормі вони збігаються в епікардіальних шарах і розходяться до ендокарда. Проведіть тестову реполіграфію плутографію на одній відведенні форми зубця Т.



Зубець Р відображає деполяризоване передсердя (рис. 9). У нормі в більшості відведень він позитивний, крім відведення aVR, а у відведеннях V1 і V2 зубець Р може бути двофазним, негативним або позитивним. При вертикальному положенні електричної осі серця (ЕОС) або при відхиленні її зліва зубець Р негативний у відведенні aVL, а при горизонтальному або при відхищенні вправо — негативний у III відведенні. У нормі тривалість зубця Р становить до 0,11 с, амплітуда — до 2,5 мм. При нормальному положенні ЕОС амплітуда зубця Р найбільша в II відведенні, тоді ж наявність двох компонентів зубця Р

(позитивного і негативного), які відображають процес деполяризації правого і лівого передсердя, найкраще видно у відведенні V1.

**Зубець Q** — перший негативний зубець шлуночкового комплексу, що передусім позитивному зубцю, відображає деполяризацію міжшлуночкової перегородки. У нормі цього зубця не повинно бути у відведеннях V1–V3. Наявність навіть глибокостаршого q в цих відведеннях є свідченням патологічних змін. Амплітуда зубця Q в нормі не повинна перевищувати 1/4 амплітуди зубця R у цьому ж відведенні, тривалість — не більше 0,03 с, а його сторони не повинні мати жодних шерби. У III відведенні амплітуда зубця Q може досягати 1/2 амплітуди зубця R, але на одну його величину зменшується.

**Зубець R** — перший позитивний зубець шлуночкового комплексу, відображає той момент ісполаризації шлуночків, коли основна маса міокарда обох шлуночків охоплена збудженням. Амплітуда зубця R у стандартних відведеннях, як правило, перевищує 5 мм (якщо вона менша, то таку ЕКГ вважають низьковольтною). У дорослі він не має шерби і не розширений. При нормальному положенні ЕОС співвідношення амплітуд зубців R у стандартних відведеннях таке:  $R_{II} > R_I \geq R_{III}$ . У грудних відведеннях амплітуда R у нормі збільшується від V1 до V4 і зменшується потім до відведення V6.

**Зубець S** — другий негативний зубець шлуночкового комплексу, який реєструється не завжди. Він відображає збудження базальних відділів міокардіоів і міжшлуночкової перегородки, а в тих відведеннях, де є основним (V1–V2), відображає охоплення збудженням основної маси міокарда шлуночка. У грудних відведеннях зубець S найбільшій у відведеннях V1–V2 і менший за амплітудою у відведеннях V3 і V4. У відведеннях V5 і V6 амплітуда зубця S не перевищує 2–3 мм, і в нормі його може не бути.

Другий зубець R іноді видно у відведенні V1 (рідше — в III). Він позначається як r' або R' (маленькою літерою позначають зубці амплітудою до 3 мм, великою — амплітудою більше 3 мм), і його амплітуда в нормі менша від R у цьому ж відведенні. Іноді зубець R менше, і весь шлуночковий комплекс представляють одним негативним зубцем QS.

У нормі третій зубець може реєструватися у відведенні aVR, а в дітей — у відведенні V1, рідше — V2.

Зубці Q, R і S об'єднують у поняття "комплекс QRS". Його тривалість відображає процес деполяризації обох шлуночків. Залежно від виду зубців, які входять у цей комплекс, говорять про морфологію комплексу QRS типу RS, QR, qR, qRs, R, QS тощо. У грудних відведеннях від V1 до V4 спостерігається поступове збільшення амплітуди зубця R і зменшення зубця S. Перехідна зона (коли R дорівнює S) при нормальному положенні ЕОС припадає на відведення V3. Тривалість комплексу QRS у дорослих становить 0,06–0,08 с, але може в нормі досягати 0,10 с. У дітей тривалість QRS може бути 0,05 с, і вона залежить також від частоти серцевих скорочень (ЧСС). Крім тривалості QRS, важливе значення має також "час внутрішнього відхилення" шлуночків — період від початку комплексу QRS до вершини зубця R. У нормі час внутрішнього відхилення у відведеннях V1–V2 не перевищує 0,03 с, у V5–V6 — 0,05 с. Цей показник збільшується при гіпертрофії шлуночків і внутрішньошлуночкових блокадах.

**Зубець T** відображає процес реполяризації шлуночків. За формою він асиметричний, з більш пологим підйомом і закрученою вершиною. Зубець T — найбільш лабільний серед зубців ЕКГ. У більшості відведень зубець T в нормі позитивний або ізоелектричний, а у відведенні aVR — негативний. У відведеннях V1 і V2 (рідко V3) зубець T може бути негативним, але в цьому випадку амплітуда його у відведенні V2 менша, ніж у V1. У здорових дітей негативний зубець T може іноді спостерігатися в нормі у відведенні V3 (рідко — V4). Найчастіше амплітуда зубця T у стандартних відведеннях становить 3–6 мм, а в грудних може досягати 10–12 мм. У нормі позитивний зубець T може реєструватися також у відведенні II, але на висоті одику він стає ізоелектричним або негативним.

**Зубець U** — наступний після T зубець, схожий на нього за формою, але меншої амплітуди. Найчастіше його видно в грудних відведеннях, і його походження пов'язують зі спільною реполяризацією. Збільшення амплітуди цього зубця характерне для гіпокаліємії.

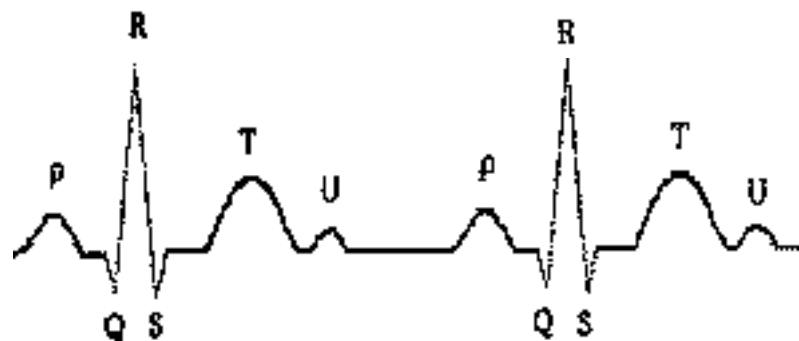


Рис. 4. Зубірі нормальній ЕКТ

В електрокардіографі розрізняють поняття "сегмент" та "інтервал". Сегментом вважають відстань від закінчення одного зубця до початку іншого, а інтервалом — розуміють відстань від початку одного зубця до початку іншого (див. 10).

Під інтервалом PQ (або PR) розуміють відстань від початку зубця Р до початку комплексу QRS. Інтервал PQ (PR) відображає час АВ проведення імпульсу, у нормі він становить 0,12–0,20 с. Інтервал PQ (PR) збільшується при брадикардії і зменшується при tachycardії. Тривалість інтервалу PQ (PR) може легко відрізнятися в різних відведень. Співвідношення тривалості зубця Р до тривалості сегмента PQ (від закінчення зубця Р до початку зубця Q) називають індексом Макгуза. У нормі він знаходиться у межах 1,1–1,6.

**Інтервал QT**, який відповідає тривалості електричної систоли шлуночків, вимірюють від початку зубця Q (початку шлуночкового комплексу) до закінчення зубця T. Зазвичай у нормі його тривалість знаходиться у межах 0,36–0,42 с. Утім, вона залежить від ЧСС і повинна зменшуватися при tachikardii. У клінічній практиці найбільше значення має тривалість корисного інтервалу QT (QTc), який визначають за формулою Баєтта:  $QTc = QT / \sqrt{RR}$ . Існують певні відмінності нормативів QTc для об'єктованих різної статі та віку, але в будь-якому випадку він не повинен перевищувати 0,46 с.

Сегмент PQ вимірюється від закінчення зубця Р до початку комплексу QRS. Число нормативів тривалості сегмента PQ немає. Діагностично важливим є його зміщення порівняно з болівським, яке може свідчити про поразки шлуночка або розвиток інфаркту перикарда.

**Сегмент ST** виражається від закінчення комплексу QRS до початку зубця Т. Він відповідає періоду серцевого звіль, коли в обох шлуночках закінчується процес деполяризації і різниця потенціалів майже відсутня. У нормі сегмент ST повинен знаходитися на базілі. Електрокардіографічні відхилення. Допускається зниження його до 0,5 мм у стандартних відведених або підвищення до 2–3 мм у відведених V1–V2, рідше у V3, але при цьому сегмент ST має характерну форму опуклості вгору.

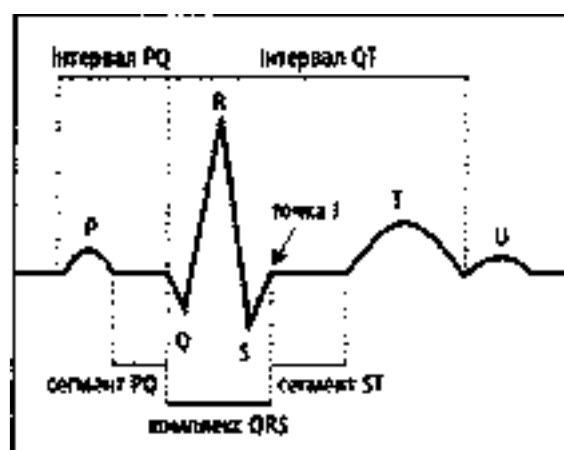
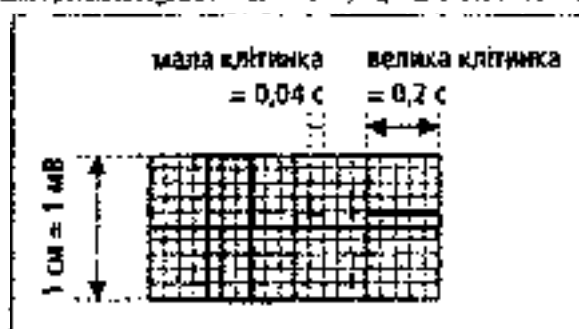


Рис. 10. Интервалы та сегменти нормальної ЕКГ

При швидкості руху палерової стрічки 50 мм за секунду і мм відпоівня 0,02 с, а тривалість інтервалу RR і с відпоівня 400 60 за хвилину. Отже, ЧСС визначається за формулою  $60/RR$ , де тривалість RR вимірюється в секундах.



Для швидкого розрахунку ЧСС потрібно 600 поділити на кількість великих клітин між сусідніми комплексами QRS (узявши кожну з яких становить 1,1 с).

При швидкості реєстрації ЕКГ 25 мм/с чисельник у цій формулі становить не 600, а 300. У сучасних електрокардіографах наявна функція автоматичного аналізу ЕКГ, і роздруковані ЕКГ мають автоматично розраховану ЧСС.

### Визначення електричної осі серця.

Графіки (амплітуда та полярність) комплексів QRS у стандартних відведеннях дозволяють визначити напрямки результуючого вектора деполаризації шлуночків, тобто електричну вісь шлуночків у фронтальній площині. Сумою всіх моментів векторів деполаризації шлуночків виходить у підсумку отримати вектор, який відзначають символом ЕОС.

Напрямок ЕОС залежить від кількох факторів: зовнішнього положення серця в грудній клітці, зумовлених анатомічними особливостями або наслідком певних захворювань, величисті гіпертрофії відділів серця, а також перебігу атеросклерозу шлуночків. Відхилення ЕОС ліній або прямо може відбуватися при блокадах пучка лівої гілки пучка Гіса.

Положення електричної осі серця визначають у градусах кута  $\alpha$  (альфа), який утворює горизонтальною лінією з напрямком ЕОС. Кут  $\alpha$  орієнтовно визначають за шестивисовою системою координат Бейлі (рис. 11), чи таблицями або автоматично електрокардіографом.

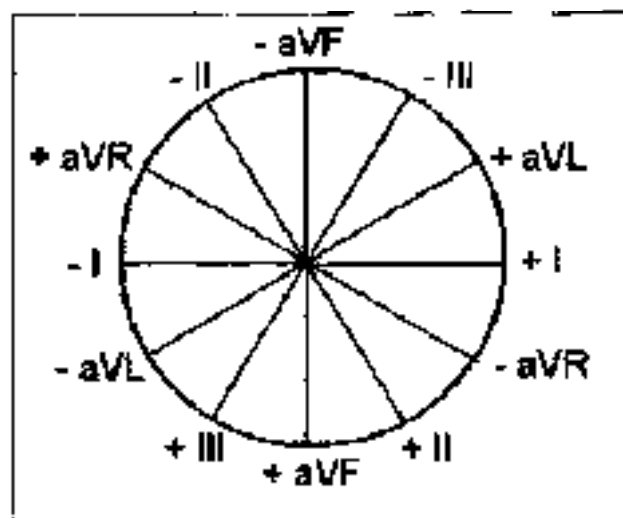


Рис. 11. Система координат Бейлі

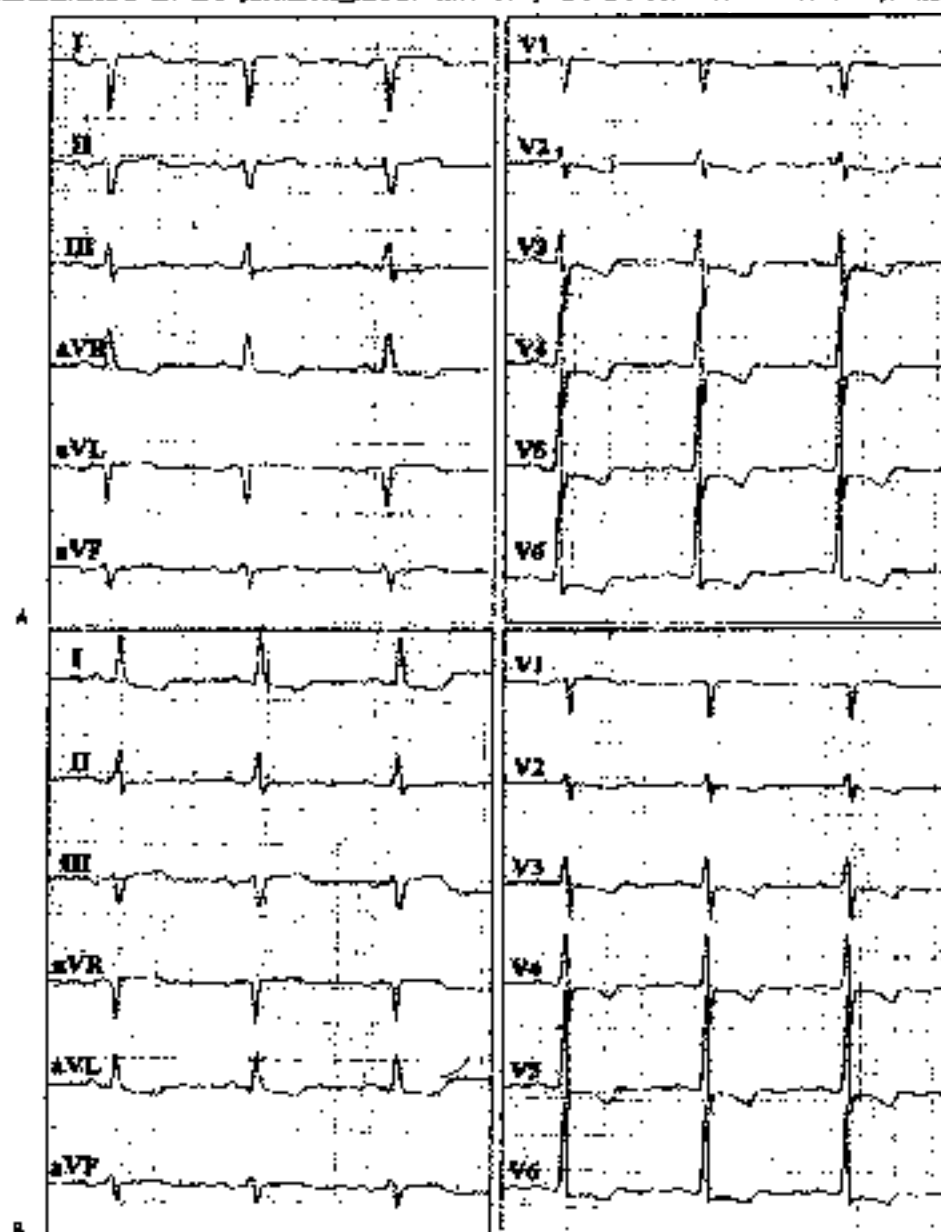
У здорових осіб кут  $\alpha$  може коливатися в досить широкій межі. Утім, під терміном "нормальне положення ЕОС" розуміють кут  $\alpha$  у межах від  $+30^\circ$  до  $-69^\circ$ . Якщо кут  $\alpha$  становить у межах від  $+70^\circ$  до  $+90^\circ$ , тоді положення ЕОС вважається вертикальним, від  $+29^\circ$  до  $0^\circ$  — горизонтальним.

Горизонтальне або вертикальне положення ЕОС розглядається як нормальне, якщо це зумовлено, відповідно, гіперстенічною або астеничною конституцією тіла людини.

При вертикальному положенні ЕОС (кут  $\alpha$   $+90^\circ$ ) амплітуда зубця R найбільша у відведенні aVF, а у відведенні I комплекс QRS сквіфічний (R = S), а якщо кут  $\alpha$  перебуває у межах від  $+70^\circ$  до  $+90^\circ$ ,  $R_{II} > R_{III} > R_I$ , тоді як при нормальному положенні ЕОС  $R_{II} > R_I > R_{III}$ . Коли кут  $\alpha$  дорівнює  $+30^\circ$ , то  $R_I = R_{II}$ , а якщо кут  $\alpha$  у межах від  $0^\circ$  до  $+30^\circ$ ,  $R_I > R_{II}$ . При горизонтальному







**Варианты практической ЕКТ:**

вертикаль во положении БС, кут  $\alpha + 75^\circ$  (А).

НОРМАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ БОС, ВУТ и +65° (В).

горизонтальные положения ВОС, кут  $\alpha + 10^\circ$  (С) и кут  $\alpha + 0^\circ$  (D).

ENCLOSURE NO. CDDM 34 TIRDOM SI-SII-SIII (E)

### Електрокардіографічні виведення

Вимірювання різниці потенціалів на поверхні тіла, виключаючи під час роботи серця, здійснюється за допомогою різних відведень ЕКГ. Кожне відведення реєструє різницю потенціалів, існуючу між двома певними точками електричного поля серця, де встановлені електроди.

Електроди, встановлені в кожній із вибраних точок на поверхні тіла, підключються до гальванометра електрокардіографу. Один з електродів приєднується до позитивного полюса гальванометра (це позитивний або активний електрод), другий електрод - до його негативного полюса (негативний електрод).

В даній частині дослідження найбільш широко використовують 12 відведень ЕКГ: 3 стандартних, 3 підключених і 6 групних.

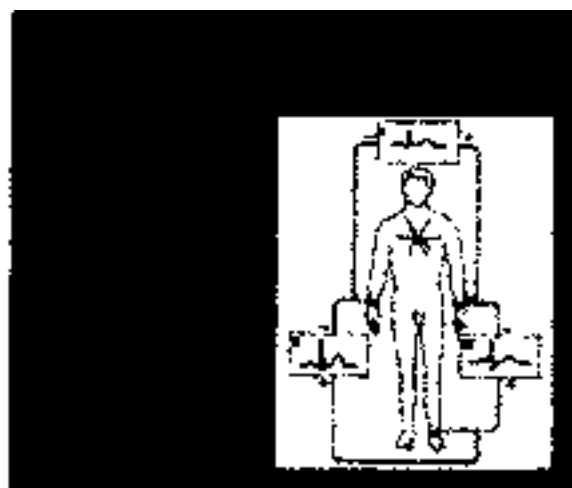
### Стандартні відведення.

Іх запропонував у 1913 році Ейнтховен. Стандартні відведення фіксують різницю потенціалів між двома точками електричного поля у фронтальній площині.

Для зняття цих відведень електроди накладають на праву руку (червоні маркування) на ліву руку (жовті маркування) і на ліву ногу (зелені маркування). Ці електроди попарно підключаються до електрокардіографа. Четвертий електрод встановлюється на праву ногу для підключення заземлення (чорні маркування). Так от: I відведення - ліва рука - права рука; II відведення - ліва рука - права рука; III відведення - ліва рука - права рука.

Недоліком при реєстрації стандартних відведень є те, що різниця потенціалів між двома кінцівками залежить від величини потенціалу кожної кінцівки, що впливає на величину зубців ЕКГ.

Підключені однополюсні відведення, так як і стандартні відведення (додатт), можливість зареєструвати зміни електрофізичної сили серця у фронтальній площині.



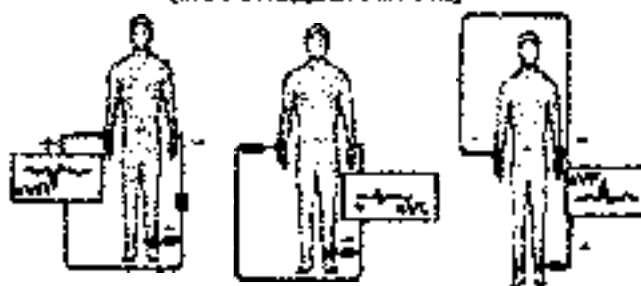
### Підключені відведення

Іх запропонував Гольдбергер у 1942 році. Підключені відведення реєструють різницю потенціалів між однією з кінцівок, де встановлений активний позитивний електрод і середнім потенціалом двох інших кінцівок. Таким чином, в якості негативного електроду в цих відведеннях використовують так званий об'єднаний електрод Гольдбергера з опірною валівною потенціалу - середнім потенціалом двох кінцівок. Позначення підключених відведень від кінцівок походять від перших букв англійських слів: "a" - (відкритий), "V" - (потенціал), "R" - (правий), "L" - (лівий), "F" - (нога).

Є такі підключені однополюсні відведення:

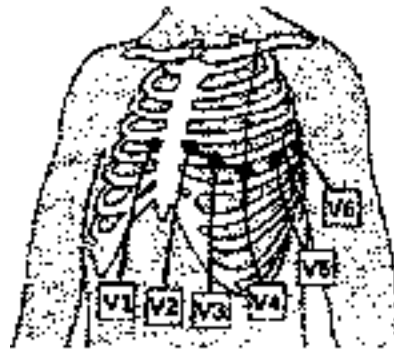
- 1) підключені відведення від правої руки;
- 2) підключені відведення від лівої руки;
- 3) підключені відведення від лівої ноги.

### ПІДКЛУЧЕНІ ЕКГ-ВІДВЕДЕННЯ (ЗА ГОЛЬДБЕРГЕРОМ)



### Грудні однополюсні відведення

Запропоновані в 1934 році Вілсоном, реєструють різницю потенціалів між активним позитивним електродом, встановленим у певних точках на поверхні грудної клітки і негативним об'єднаним електродом Вілсона. Величина його потенціалу практично дорівнює нулю. Грудні відведення позначаються буквою V (від англ. потенціал, напруження) з додаванням номера позивії



На відміну від стандартних і підключених відведень грудні відведення реєструють зміни електричної осі серця в горизонтальній площині.

Для реєстрації грудних відведень активний електрод розташовують у відповідних місцях на поверхні грудної клітки:

перше грудне відведення – у IV мікроребер'ї по правому краю грудника

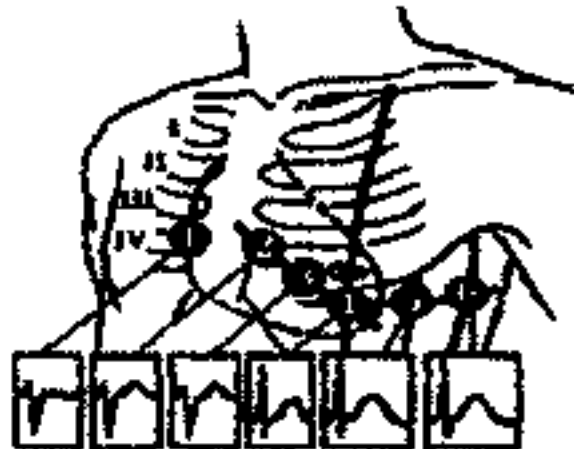
друге грудне відведення – у IV мікроребер'ї по лівому краю грудника

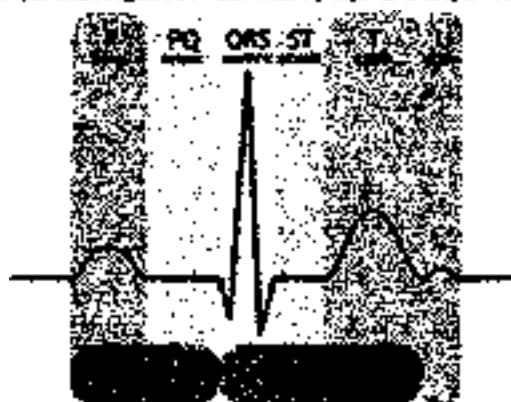
третьє грудне відведення – на рівні IV ребра на лівій бігрудковій лінії

четверте грудне відведення – у V мікроребер'ї на лівій середньо-ключичній лінії

п'яте грудне відведення – у V мікроребер'ї на лівій передній паховій лінії

шосте грудне відведення – у V мікроребер'ї на лівій середній паховій лінії.





## 2. Визначити правильність серцевого ритму.

Для визначення ритмічності генералізу імпульсів збудження водієм ритму слід визначити довжину кількох послідовних інтервалів R-R і порівняти їх між собою. У нормі відмічається незначне збільшення їхньої тривалості в межах 0,1 с, що говорить про правильний ритм.

## 3. Визначити амплітуду електричної активності.

Для цього необхідно визначити амплітуду зубця R у стандартних відведеннях. Якщо амплітуда зубця R перевищує 5 мм, або сума трьох зубців більша 15 мм, то наявність ЕКГ збереженої.

## 4. Встановити частоту серцевого ритму.

Для цього необхідно 60 секунд розділити на тривалість інтервалу R-R у секундах.

5. Встановити напрямки електричної осі у фронтальній площині. Вирахувати алгебраїчну суму амплітуд зубців комплексу QRS у I і II стандартних відведеннях. Відкласти її у довільно взятому напрямку, на всіх відповідних відведеннях цієї системи координат Бейлі. З кінця цих проєкцій провести перпендикуляри. Точку їх пересічення з'єднати з центром системи. Ця лінія є електричною осі серця.

## ШЕСТИОСНА СИСТЕМА БЕЙЛІ

Графічний метод.

Вирахувати алгебраїчну суму амплітуд зубців комплексу QRS у I і II стандартних відведеннях.

Відкласти її у довільно вибраних напрямках, на всіх відповідних відведеннях шестиосної системи координат Бейлі.

З кінця цих проєкцій провести перпендикуляри. Їх точку пересічення з'єднати з центром системи. Ця лінія є електричною осі серця. Кут вимірюють між цією лінією і позитивною частиною осі I стандартного відведення.



## 6. Виміряти амплітуду зубця і тривалість окремих елементів ЕКГ.

Визначити тривалість та амплітуду зубця P

На ЕКГ виміряти тривалість зубця P від початку його висхідної частини до кінця нисхідної (норма до 0,1 с). Амплітуду зубця P виміряти від осі до піку (норма - до 2,5 мм).

Визначити тривалість інтервалу на сегменту P-Q

На ЕКГ виміряти тривалість сегменту P-Q від кінця зубця P до початку зубця Q(R) (норма до 0,12 с). Тривалість інтервалу P-Q вимірюють від початку зубця P до початку зубця Q(R) (норма 0,12 - 0,2 с).

Визначити тривалість та амплітуду зубця Q

На ЕКГ виміряти тривалість зубця Q від початку його нисхідної частини до кінця висхідної (норма до 0,03 с). Амплітуду зубця Q виміряти від осі до піку (норма - до 25 % зубця R в даному відведенні).

Визначити тривалість та амплітуду зубця R

На ЕКГ виміряти тривалість зубця R від початку його висхідної частини до кінця нисхідної (норма до 0,03-0,04 с). Амплітуду зубця R виміряти від осі до піку (норма - до 20 мм в стандартних і підсиленних та до 25 мм - у триразних відведеннях).

Визначити тривалість та амплітуду зубця S

На ЕКГ виміряти тривалість зубця S від початку його висхідної частини до кінця висхідної (норма до 0,03 с). Амплітуду зубця S виміряти від ізолінії до піку (норма - до 5 мм в стандартних і підсилюючих та до 20 мм - у грудних відведеннях).

**Визначити тривалість між амплітуду зубця T**

На ЕКГ виміряти тривалість зубця T від початку його висхідної частини до кінця висхідної (норма - 0,16-0,24 с). Амплітуду зубця T виміряти від ізолінії до піку (норма - 5-6 мм в стандартних і підсилюючих та 15-17 мм - у грудних відведеннях)

**Оцінити сегмент S-T ЕКГ**

На ЕКГ виміряти відхилення сегменту S-T від ізолінії (в нормі в стандартних і підсилюючих відведеннях знаходиться на ізолінії і його зміщення не перевищує  $\pm 0,5$  мм. У грудних V1 - V3 може спостерігатися невелике зміщення від ізолінії вгору до 2 мм, а у V4,5,6 - вниз не більш 0,5 мм).

**Визначити тривалість інтервалу Q-T ЕКГ.**

Тривалість інтервалу Q-T виміряти на ЕКГ від початку зубця Q до кінця зубця T (норма 0,35 - 0,45 с).

**Визначити належну тривалість інтервалу Q-T за формулою Базетта.**

Користуючись даною ЕКГ, визначити належну тривалість інтервалу Q-T, за формулою Базетта:

де K - коефіцієнт рівний 0,37 для чоловіків і 0,40 для жінок;

R-R - тривалість одного серцевого циклу або міжсерцевого інтервалу.

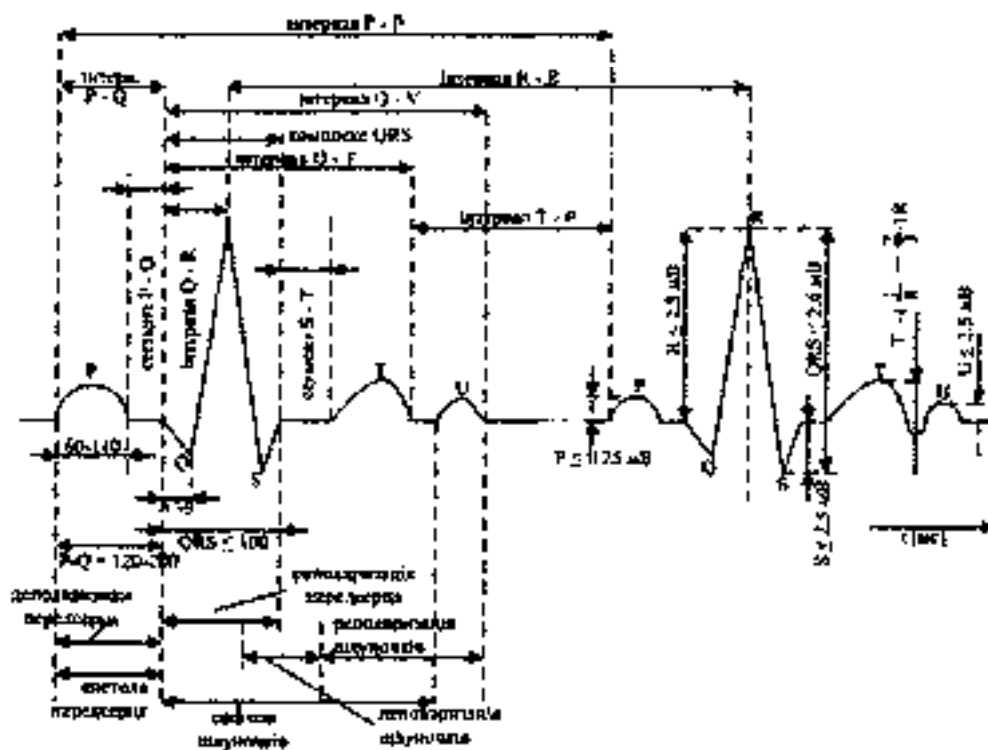


Рисунок 6 – Стандартна ЕКГ

ЕКГ, без сумніву, – досить потужний і доступний діагностичний інструмент, але й у цього методу є недоліки. Одним з них є короткочасність запису – близько 20 секунд. Навіть, якщо у людини є порушення ритму чи провідності, момент запису вони можуть бути відсутні. Крім того, запис, звичайно, проводиться в спокої, а не під час фізичної активності.

Для того, щоб розширити діагностичні можливості ЕКГ, а саме збільшити час її запису, використовують **моніторинг ЕКГ за Холтером** протягом 24-48 годин.



Холтерівське (амбулаторне, добове) моніторування електрокардіограми (ХМ ЕКГ) - тривала реєстрація ЕКГ

умовах повсякденної активності пацієнта з подальшою електронною обробкою інформації. Незаважаючи, висока інформативність, можливість використання в стаціонарних і амбулаторних умовах це диктує ХМ ЕКГ. Тому метод широко використовується для діагностики патологій серцево-судинної системи, зокрема висхідної хвороби серця, порушень ритму та провідності серця, а також для оцінки ефективності лікування серцево-судинних захворювань.

Вперше методику проведення добового моніторування ЕКГ (ДМ ЕКГ) застосував дослідник Норман І. Нолтер (Норман Дж. Хантер) у 1961 році, на честь якого вона й була названа (N.J. Holter, 1961).

За сучасних умов техніка доровання ХМ ЕКГ достатньо проста у виконанні. Для проведення добового моніторингу використовується невеликий регістратор. Пристрій для ХМ ЕКГ повинен забезпечити тривалий запис ЕКГ в умовах звичайної добової активності хворого, відтворення зареєстрованих сигналів, обробку та інтерпретацію отриманих даних.



Загальний вигляд регістратора для цілодобового моніторування ЕКГ

Обстежуваній пацієнт носить регістратор к собію (на реміні через плече або на поясі). Інформація з регістратора передається у комп'ютер для аналізу. Програма обробки даних забезпечує виокремлення та аналіз усіх видів аритмій і нападів стенокардії. Крім того, лікар сам переглядає запис і вкоректує помилки програми.

При проведенні ХМ ЕКГ усі пацієнти обов'язково ведуть щоденник, в якому обстежуваний робить записи про самопочуття, скарги, інші діяльності, фізичні навантаження, прийом лікарських препаратів, час мислення та сну.

У записках необхідно зазначити:

- іскри запису (проникнення, фізичне навантаження, стрес, підйоми по сходах на лісові ділянки, сон, лікувальні процедури тощо);
- суб'єктивні відчуття (біль, задишка, серцебиття, запаморочення, слабкість, висхідні відчуття в грудній клітці); при виникненні болів потрібний вказати його характер (стискаючий, колючий, лущучий, шкочучий, тупий), локалізацію, тривалість, а також обставини, за яких біль виник і припинився;
- точний час початку й закінчення суб'єктивних відчуттів (загального характеру або з боку серця) та видів діяльності;
- прийом ліків (назва, доза препарату і час прийому).

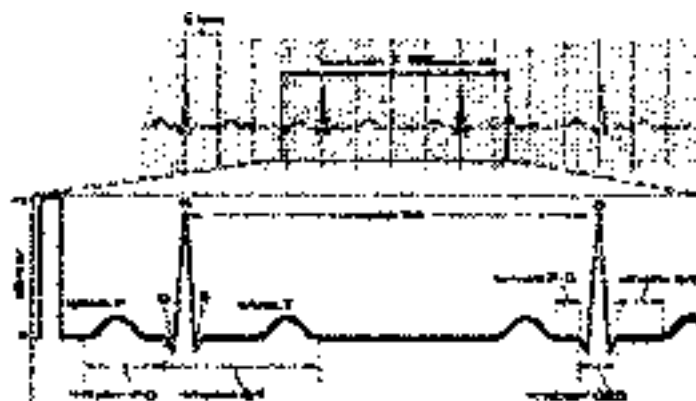
Співставлення отриманих результатів добового моніторування з даними їх щоденника дає можливість виявити зв'язок між змінами на ЕКГ та видом діяльності, самопочуттям хворого, оцінити ефективність лікарських засобів тощо.

Для запису добової ЕКГ використовуються різні конфігурації біполярних відведень (СМ1, СМ2, СМ3, СМ5). Запис зареєстрований у відведенні СМ5 (негативний електрод у правій підключичній області, позитивний у позичці V5), приблизно відповідає звичайній ЕКГ у відведенні V5, जोді також – у II стандартному відведенні. У цьому відведенні найкраще видно зубець R, який у нормі завжди вищий, ніж зубець T. Тому в цьому відведенні найкраще аналізувати порушення ритму серця. У відведенні СМ5 також добре видно зміни сегмента ST, які відображають порушення процесів реполяризації у передньобочковій ділянці лівого шлуночка. Відведення СМ1 (негативний електрод у лівій підключичній ділянці, позитивний – у позичці VI) відповідає відведенню VI. У цьому відведенні добре візуалізується зубець R, що дає змогу виявити надшлуночкові аритмії; це відведення важливе також для аналізу порушень внутрішньопшлуночкової провідності.

Сучасні комп'ютерні програми обробки ЕКГ передбачають автоматичний підрахунок кількості зареєстрованих за добу комплексів QRS, співвідношення найбільшої та найменшої частоти серцевих скорочень (ЧСС), точний час їх реєстрації, кількість епізодів тахікардії і брадикардії, загальну кількість надшлуночкових і шлуночкових екстрасистол, кількість та якість епізодів шлуночкових аритмій. Програми дають можливість охарактеризувати процес реполяризації, виявити епізоди найбільшої естазації або депресії сегмента ST. Розширений протокол може додатково містити погоджені дані про порушення ритму та процеси реполяризації, аналіз варіабельності ритму серця, варіабельності інтервалу QT, інших параметрів шлуночків, оцінку роботи імплантованого електрокардіостимулятора чи кардіовертера-дефібрилятора, зокрема інші параметри. Він може включати графіки часової динаміки ЧСС (ритмограми), динаміки відхилень сегмента ST, змін тривалості сегмента QT за добу.

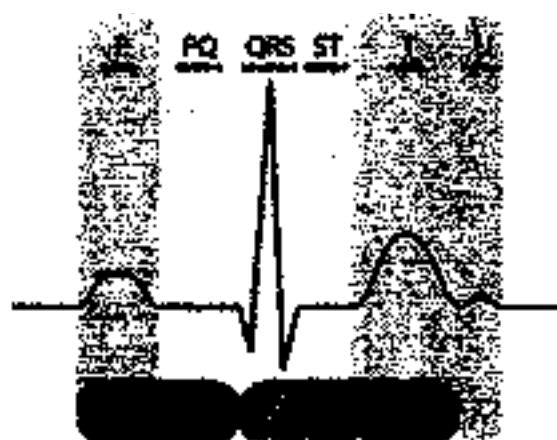
Електрокардіограма не дає нам уявлення про просторову орієнтацію електричного вектора серця, а для діагностики така інформація може бути потрібна. Для цього використовують метод просторового дослідження електричного поля серця

## Схема ЕКГ



## **2. Визначення характеру збройного конфлікту.**

Для визначення джерела збудження (волі ритму) серця треба простежити в стандартних відведеннях за послідовністю позитивних передсердних зубців Р, шлуночкових комплексів QRSТ та тривалістю інтервалів Р-Q(R). У формі електричних імпульсів виникає в синоатриальному вузлі і на ЕКГ у II стандартному відведенні розструються позитивні зубці Р перед кожним комплексом QRSТ. При цьому говорять про синусовий ритм.



## 2. ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ: СЕРИАЛЬНО-ОПЕРАТИВНО

Для визначення ритмічності генерації імпульсів збудження водієм ритму слід визначити довжину кількох послідовних інтервалів R-R і порівняти їх між собою. У нормі відзначається незначне коливання їхньої тривалості в межах 0,1 с, що говорить про правильний ритм.

3. සමස්තයක් ලෙස මෙම ප්‍රකාශනයන්ගේ අර්ථය

Для цього необхідно визначити амплітуду зубів R у стандартних відведеннях. Якщо амплітуда зубця R перевищує 5 мм, або сума трьох зубів більша 15 мм, то вольтаж ЕКГ зберігається.

#### 4. БЕЗНАМЕНИТА И НЕОПРЕДЕЛЕНА СЪБИТИЯ

Для цього необхідно бі секунди розділити на тривалість інтервалу R-R у секундах.

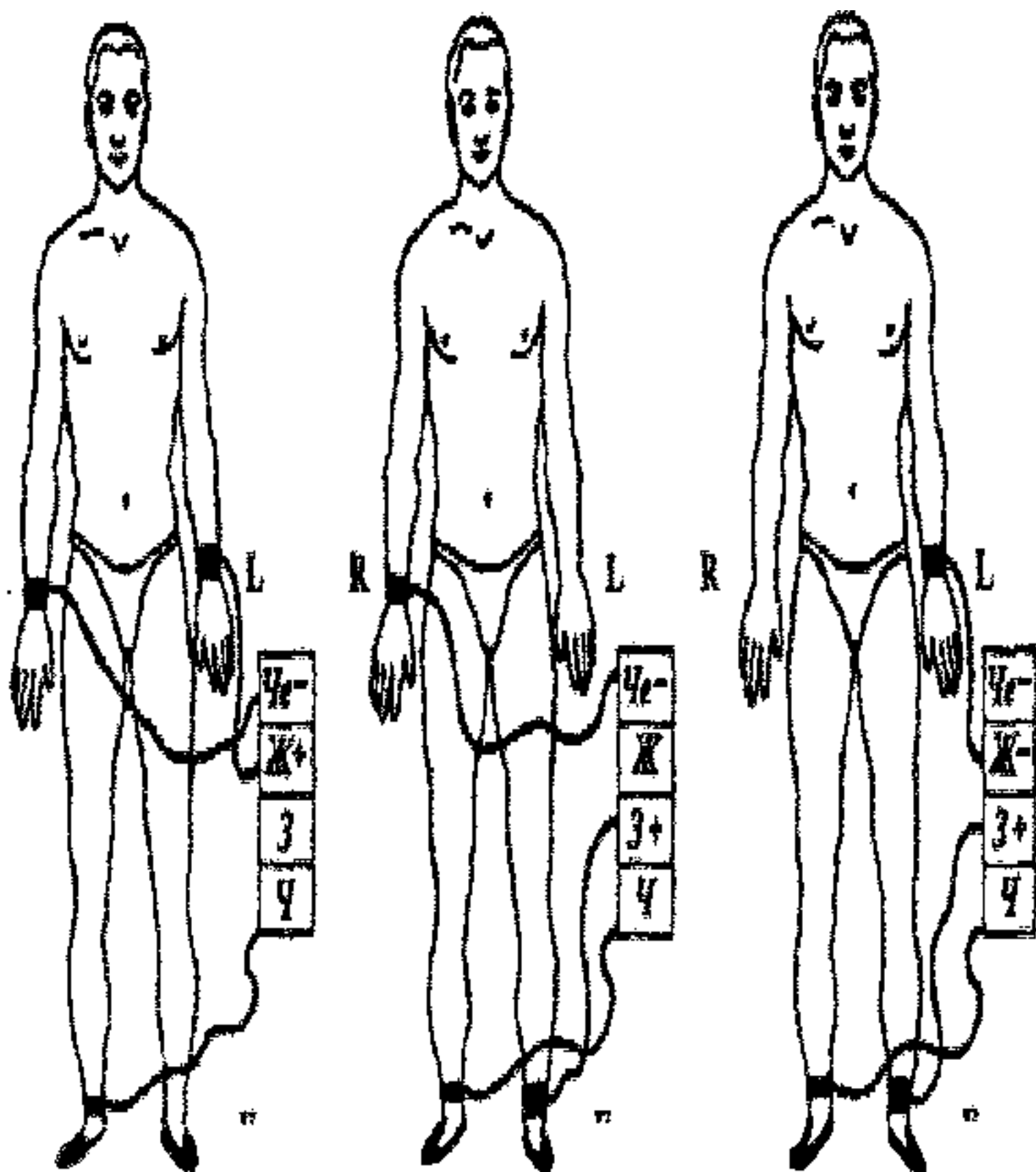
5. **Встановити напрямки електричної осі у фронтальній площині.** Виразувати алгебраїчну суму амплітуд зубців комплексу QRS у I і III стандартних відведеннях. Відкласти її у довільно вибраному напрямку, на осях відповідних відведень шестисистеми координат Бейлі. З кінця цих проєкцій провести перпендикуляри. Точки їх пересікання з'єднати з центром системи. Ця лінія є електричною віссю серця.





# Схема стандартних ЕКГ відведень

(Че — червоний провід, Ж — жовтий, З — зелений, Ч — чорний;  
 К — права рука, Л — ліва рука, Р — ноги)



R. — права рука, L — ліва рука, F — ноги)

Грудні однополюсні відведення, які були введені Вільсоном,

знімають локальні потенціали серця з позицій грудної клітки. Такі відведення позначаються літерою V, а умовна позиція розташування електродів позначається арабською цифрою (рис. 2.)

aVR

aVL

aVF

