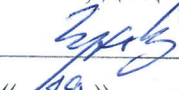


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МЕДИЦИНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

УДК 615.847.8

«Допущено до захисту»

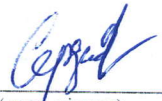
Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
к.т.н., доц. Чухов В.В.


« 19 » 12 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

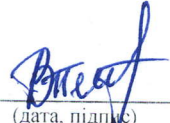
на тему «Дослідження динамічних змін параметрів електричних сигналів серця у
різних функціональних станах людини»
за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія»
освітній ступінь «магістр»

Виконавець роботи
студент 2 курсу, гр.БІм-22-1


(дата, підпис)

Сердюк О.С.

Керівник роботи
д.т.н., проф.


(дата, підпис)

Манойлов В.П.

Житомир
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МЕДИЦИНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему Дослідження динамічних змін параметрів електричних сигналів серця у різних функціональних станах людини

Виконав: студент 2 курсу,
групи БІм-22-1 спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Сердюк О.

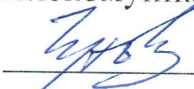
Керівник Манойлов В.П.

Рецензент Нікітчук Т.М.

Житомир
2023

«Затверджено»

Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях

 Владислав ЧУХОВ
« 27 » 10 2023 р.

Завдання на кваліфікаційну магістерську роботу

Сердюк Олег Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження динамічних змін параметрів електричних сигналів серця у різних функціональних станах людини».

Затверджено наказом по університету від « » 2023 р. №

2. Мета дослідження: розробка способу виміру електричної активності серця у різних функціональних станах людини.

3. Вихідні дані (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін.: дослідження виконано проведенням вимірювання електрокардіограми на досліджуваних, вимірюванням електрокардіограми з використанням нових електродів та проведенням подальшого аналізу отриманих сигналів.

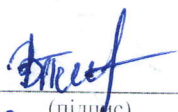
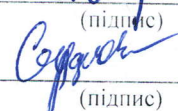
4. Основні задачі дослідження дослідження застосування методів аналізу фізіологічного стану серця, дослідження динамічних змін параметрів електричних сигналів серця

5. Термін подання роботи до захисту грудень 2023 р.

6. Дата видачі завдання « 27 » 10 2022 р.

Науковий керівник

Завдання прийняв
до виконання


(підпис)

(підпис)

Манойлов В.П.
(прізвище, ініціали)

Сердюк О.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота містить 62 сторінки, 12 рисунків, 8 таблиць, 34 джерело посилання.

Ключові слова: електрокардіографічні відведення, динамічні параметри електрокардіограми, способи виміру електричної активності серця.

Об'єктом дослідження виступає електрична активність серця та серцево-судинної системи..

Предметом дослідження є методи та засоби зняття електрокардіограми та аналіз сигналів, отриманих з каналів серця, легенів та перикарду.

Мета дослідження – розробка способу виміру електричної активності серця.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів:

В роботі використані методи моделювання та методи статистичного аналізу, методи апроксимації отриманих значень, з метою встановлення аналітичної різниці при вимірюванні сигналів електрокардіограми зі звичайною системою електродів та електродів вимірювання сигналів з каналів перикарду, легенів та серця.

Поставлені задачі вирішуються методом моделювання та шляхом порівняння з результатами проведених експериментів над групою людей різної вікової категорії та статі, розробки математичної моделі та в подальшому порівнянні різних методів вимірювання електрокардіограми. Всі дані на основі яких проводились відповідні розрахунки з різних методів вимірювання електрокардіограми були проаналізовані, зібрані у табличний формат з побудовою графіків.

Встановлена закономірність та відмінність стандартизованих методик електрокардіограм з нових та отриманих шляхом вимірювання електричної активності серця стандартним шляхом, за допомогою стандартних електродів та шляхом вимірювання сигналів з каналів серця, перикарду, та легенів.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ЗМІСТ.....	4
АНОТАЦІЯ.....	6
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ І. ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ	
АКТИВНОСТІ СЕРЦЯ.....	11
1.1. Електрокардіографія як метод дослідження серця.....	11
1.2. Природа електричної активності серця.	12
1.3. Електрокардіографічні відведення. Трикутник Ейнтховена. Закон Ейнтховена.....	13
1.4 Сучасні способи зняття кардіограми.....	23
1.5 Метод електропунктури.....	25
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СЕРЦЯ.....	36
2.1 Методи дослідження стану серця.....	36
2.2 Класифікація та структура електрокардіографів.....	39
2.3 Аналіз ЕКГ.....	41
Висновки до 2 розділу.....	43
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН	
ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ У РІЗНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ	
СТАНАХ	
3.1. Постановка задачі дослідження.....	44
3.2. Розробка методики проведення експерименту.....	43
3.3. Результати дослідження динамічних параметрів електрокардіограми.....	45
3.4. Розробка способу виміру електричної активності серця.....	52
Висновки до розділу 3	55
ВИСНОВКИ	57
ЛІТЕРАТУРА.....	59

АНОТАЦІЯ

Було проведено дослідження сучасних методів електрокардіографії (ЕКГ) та методу ЕКГ, що дозволяє отримати сигнали з каналів меридіанів серця та перикарду. Проведено вимірювання електричних сигналів серця стандартним способом та за допомогою удосконаленого методу - з можливістю вимірювання сигналів з каналів меридіанів перикарду та серця та аналіз отриманих результатів. Новизна цього методу полягає у отриманні більшої кількості інформації про роботу серця та отримати покращену картину стану серця та його роботи.

ANNOTATION

The topic of this qualification work is experimental studies of dynamic changes in electrocardiogram parameters in various functional states.

A study of modern electrocardiography (ECG) methods and the ECG method, which allows receiving signals from the meridian channels of the heart and pericardium, was conducted. The electrical signals of the heart were measured in a standard way and with the help of an improved method - with the possibility of measuring signals from the meridian channels of the pericardium and the heart and analyzing the obtained results. The novelty of this method is to obtain more information about the work of the heart and to obtain an improved picture of the state of the heart and its work.

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ТКМ – традиційна китайська медицина

ЕКГ – електрокардіограма

ЕКГс – електрокардіограма, знята з каналу серця

ЕКГп – електрокардіограма, знята з каналу перикарду

ЕКГл – електрокардіограма, знята з каналу легенів

АВ – атріовентрикулярний вузол

ЛП – ліве передсердя

ПП – праве передсердя

ПШ – правий шлуночок

ЛШ – лівий шлуночок

ЛНПГ – ліва ніжна пучка Гіса

ПНПГ – права ніжна пучка Гіса

ЕРС – електрорушійна сила

ЕМГ – електроміограма

aVF – грудне відведення від лівої ноги а

VR – грудне відведення від правої руки

aVL – грудне відведення від лівої руки

BBSH – бічна голівка біцепса брахії

ЕПДФ – електропунктурна діагностика Фолля

ВСТУП

Актуальність. Одним із найпоширеніших діагностичних методів у медичній практиці є реєстрація електричної активності серця –електрокардіографія. Це один із основних методів дослідження активності серця та діагностики захворювань серцево – судинної системи. Це незамінний метод для діагностики порушень ритму серця і провідності, ішемічної хвороби серця, він дає можливість точно говорити про локалізацію вогнищевих змін м'язової тканини серця, глибину ураження та час появи. За допомогою ЕКГ можна діагностувати дистрофічні та склеротичні зміни в міокарді.

У сучасному медичному приладобудуванні велику увагу приділяють вдосконаленню існуючих методик зняття електрокардіограми, базуючись на припущеннях, запропонованих ще Ейнтховеном – що тіло це гомогенний об'ємний провідник в центрі якого розташований єдиний диполь. Стандартна система відведень складається з трьох комбінацій: ліва рука – права рука (I), права рука – ліва нога (II), ліва рука – ліва нога (III).

У свою чергу, все більше уваги медичної спільноти прикуто до принципів східної медицини. Теорія меридіанів та акупунктурних точок останнім часом активно досліджується у наукових школах Китаю, Америки, Європейського Союзу, України, Росії та ін.

Згідно з теорією традиційної китайської медицини (ТКМ) на тілі людини знаходяться меридіани, які є прямими каналами до певних органів.. Ця теорія зараз активно досліджується, результати показують, що над поверхнею тіла дійсно існують певні лінії або сліди, що збігаються з ходом класичних меридіанів.

Ефективність підходів ТКМ активно досліджується у сфері серцево-судинних захворювань. Було доведено ефективність акупунктури, як одного з методів профілактики та лікування у ТКМ, при лікуванні первинної гіпотензії та есенціальної гіпертензії. Механізми голкорефлексотерапії при лікуванні гіпотензії та гіпертонії полягають у тому, що голка в потрібний меридіан в потрібний час може змінити опір нервово-судинних пучків, щоб регулювати кровообіг. Як

результат, або більше крові буде надходити в області ішемії або ділянок ураження через колатеральну циркуляцію тіла; або до аневризми буде подано менше крові, щоб це не призвело до крововиливу.

Важливою перевагою головоколуювання є висока ефективність та часто відсутність побічних ефектів. При стенокардії також показана ефективність голкорексфлексотерапії: голкорексфлексотерапія не тільки покращує працездатність серця у пацієнтів із стенокардією, але й активізує авторегуляторні серцево-судинні механізми у здорових людей.

Захворювання серця – один із прикладів патології, перебіг та результат якої залежить від вчасності звернення до лікаря, постановки правильного діагнозу і початку лікування. Невтішна статистика поширеності серцево-судинних захворювань у світі показує, що вдосконалення методів електрокардіографії та власне електрокардіографічних апаратів є одним з найголовніших завдань сучасної медицини. Для правильного трактування ЕКГ необхідно мати чіткі уявлення про просторових процесах формування сигналів електричного поля в клітинах міокарда та серця в цілому. ЕКГ - простий та інформативний метод обстеження, що полягає у записі на носію чи реєстрації на моніторі електричної активності серця. Це дозволяє діагностувати різні види патології серця.

За допомогою електрокардіографії можливо: визначити водій ритму серця (синусовий, вузловий та ін.), визначити частоту серцевих скорочень (ЧСС), виявити порушення провідності – синоатріальну (СА) блокаду, атріовентрикулярну (АВ) блокаду, блокади ніжок пучка Гіса, виявити порушення ритму – позачергові серцеві скорочення (екстрасистоли), фібриляції передсердь (або миготливої аритмії), тріпотіння передсердь, вузловий тахікардії (АВУРТ), синдрому WPW, та отримати інформацію про наявність чи відсутність у людини серцево-судинних захворювань. Завдання сьогодення – це створення комплексного способу діагностики та візуалізації тканин серця людини шляхом розміщення першого відведення при реєстрації електрокардіограми по черзі в зонах зап'ястя на сигнальних точках каналу перикарда, легень і серця, задля отримання сигналів безпосередньо з цих каналів.

Мета дослідження – розробити новий спосіб розширення комплексної діагностики і візуалізації тканин серця людини, який включає контроль стану міокарда за допомогою електрокардіографії, реєстрацію в процесі кардіоциклу характеристики електрокардіограми та її аналіз, а також реєстрацію циклічної частоти обертання інтегрального електричного вектора в трьох площинах: фронтальній, сагітальній та горизонтальній.

Предмет дослідження – методи та засоби зняття електрокардіограми та аналіз сигналів, отриманих з каналів серця, легенів та перикарду.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- теоретичний аналіз електрокардіографії як методу дослідження електричних потенціалів серця;
- аналіз сучасних способів реєстрації кардіограми;
- огляд нових електродів для отримання сигналів з каналів серця та перикарду;
- проведення дослідження для отримання сигналів з каналів перикарду та серця.

Детальне дослідження каналів тіла людини дасть можливість отримати більш точну та повну інформацію про роботу серця людини, а в перспективі розширити знання про роботу органів та організму людини в цілому. Також, це створить можливість для подальшого застосування цих знань у терапевтичній практиці.

Запропонована методика полягає у можливості одночасного дослідження декількох сигнальних точок каналів меридіанів, що у свою чергу дасть можливість отримати більше інформації про роботу серця та покращити діагностику серцево-судинної системи.

РОЗДІЛ 1 ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОСТІ СЕРЦЯ

1.1 Електрокардіографія як метод дослідження

Для інструментального дослідження діяльності серцевого м'яза використовують електрокардіографію.

Електрокардіограма – графічне вираження змін у часі електричної активності серця. Графічне відображення отриманих даних, яке виводиться на паперовій стрічці або файл із зображенням в пам'яті комп'ютера називають електрокардіографією. За допомогою електрокардіографії проводиться оцінка та аналіз основних функцій серця: автоматизму, збудливості та провідності. Це дослідження, яке проводиться в двох станах, а саме у стані спокою та під навантаженням.

Зняття електрокардіограми в стані спокою проводиться пацієнту, який лежить нерухомо, під час консультації або перед операцією. Ця процедура, що займає всього близько п'яти хвилин, дозволяє визначити загальний стан серця.

Електрокардіографія є абсолютно безпечною процедурою, яка дозволяє проводити дослідження регулярно для оцінювання динаміки змін стану серця пацієнта при діагностиці або лікуванні.

Кардіографія з навантаженням виконується, коли хворий прикладає фізичні зусилля по наростаючій і знаходиться на біговій доріжці або еліптичному тренажері (ергометрі). Показаннями до такого дослідження служать болі в грудях або прискорене серцебиття.

Електрокардіографи, це медичний прилад, який записує параметри діяльності серця за допомогою датчика, що передає сигнал в систему для реєстрації.

Сучасні електрокардіографи дозволяють зберігати електрокардіограму (ЕКГ) в комп'ютері. Для вимірювання різниці потенціалів в процесі роботи електрокардіографа на відповідні ділянки тіла накладаються електроди. На ділянках шкіри в місцях контакту наноситься струмопровідний гель для

забезпечення гарної провідності, так як поганий електричний контакт між електродами і шкірою створює перешкоди. Раніше для цієї мети використовувалися марлеві серветки, які змочувалися сольовим розчином. Для отримання більш високої якості електрокардіограми в сучасних медичних електрокардіографах застосовуються фільтри, які вносять деякі спотворення в форму отриманого сигналу, але дозволяють зменшити ефект плаваючої ізоляції, нівелюють мережеві наведення, пригнічують артефакти, які пов'язані з активністю м'язів.

Сучасні електрокардіографи відрізняються високим рівнем технічної досконалості та точності, та дозволяють проводити як одноканальний так і багатоканальний запис електричної активності серця. [1, 2].

1.2 Сутність і фази електричної активності серця

Завданням теоретичної електрокардіографії є обчислення розподілу трансмембранного електричного потенціалу клітин серцевих м'язів за значеннями електричних потенціалів, вимірюваних поза серцем. Фізичний (біофізичний) підхід до з'ясування зв'язку між біопотенціалами серця та їхнім зовнішнім проявом полягає в моделюванні джерел цих біопотенціалів. Усе серце в електричному відношенні представляють як деякий еквівалентний електричний генератор або у вигляді реального пристрою як сукупність електричних джерел у провіднику, що має форму людського тіла.

Механізм виникнення електричного імпульсу у серцевому м'язі полягає у переміщенні через зовнішню мембрану клітини міокарду іонів калію, натрію, кальцію, хлору та ін. Клітинна мембрана, з точки зору електрохімії – це наповнена електролітом оболонка з вибірковою проникністю для різних іонів [1].

Електричні явища, пов'язані з діяльністю всього серця, прийнято розглядати на прикладі окремого м'язового волокна. Це допустимо, оскільки електричні процеси, що відбуваються в міокардіальній клітці і в серці в цілому мають спільні закономірності.

У стані спокою зовнішня поверхня клітинної мембрани м'язового волокна заряджена позитивно (+). При порушенні зовнішня поверхня деполяризованої ділянки змінює заряд на негативний (-). Реполіризації м'язової клітини супроводжується відновленням (+) зарядів на її поверхні.

Процес розповсюдження по м'язовому волокну хвилі деполяризації, як і хвилі реполяризації, схематично можна представити у вигляді переміщення подвійного шару зарядів, розташованих на кордоні порушених, заряджених (-) і збудженому, заряджених (+) ділянок волокна. Ці заряди рівні за абсолютною величиною, протилежні за знаком і знаходяться на нескінченно малій відстані один від одного. Така система, що складається з двох рівних за величиною, але протилежних за знаком зарядів, називається диполем. Позитивний полюс диполя завжди звернений у бік збудженому, а негативний полюс – у бік порушеної ділянки м'язового волокна.

Диполь може послужити моделлю електричної активності окремого м'язового волокна, яке позначають як елементарний диполь. Елементарний диполь характеризується різницею потенціалів і є джерелом елементарної електрорушійної сили (ЕРС). ЕРС – величина векторна; її характеризують абсолютне значення і напрям. У електрокардіографії прийнята позитивна полярність вектора, тобто направлення від (-) до (+).

На поверхні збудженому м'язового волокна різниця потенціалів відсутній - реєструючий прилад фіксує ізолінію. При появі збудження на кордоні порушених і збудженому ділянок з'являється диполь, який разом з хвилею збудження на її "гребні" переміщається по м'язовому волокну. Між збудженими і залишилися на даний момент у стані спокою ділянками поверхні міокардіального волокна виникає різниця потенціалів. Якщо електрод, з'єднаний з позитивним полюсом реєструючого приладу (активний, диферентний), звернений до (+) полюса диполя, тобто вектор ЕРС спрямований до цього електрода, то реєструється відхилення кривої вгору або позитивний зубець. У випадку, коли активний електрод звернений до негативного заряду диполя, тобто вектор ЕРС

спрямований від цього електрода, виникає відхилення кривої вниз або негативний зубець.

У кожен момент серцевого циклу в стані збудження виявляється безліч м'язових волокон, які пред'являють собою елементарні диполі. При одночасному існуванні кількох диполів їх ЕРС взаємодіє за законом додавання векторів, утворюючи сумарну ЕРС. Таким чином, при певних припущеннях серце можна розглядати як один точкове джерело струму – сумарний єдиний серцевий диполь, продкціруючий сумарну ЕРС.

При строго послідовному поширенні порушення по міокарду, коли на різних етапах цього процесу залученими в стан збудження виявляються різні, але певні по локалізації ділянки серця і різні за величиною м'язові маси, сумарна ЕРС послідовно і закономірно змінюється за величиною і напрямком. Кожному окремому моменту серцевого циклу відповідає своя сумарна моментная ЕРС.

Імпульс до порушення серця в нормі генерують Р-клітини синоатріального вузла, що володіють найбільш високим автоматизмом (здатністю до спонтанної повільної діастолічної деполяризації). З синоатріального вузла, розташованого у верхній частині правого передсердя, порушення поширюється по сократительному міокарду передсердь (спочатку правого, потім обох і на заключному етапі – лівого), по міжпередсердної пучку Бахмана і міжвузлові спеціалізованим трактах (Бахмана, Венкебаха, Тореля) до атриовентрикулярному вузлу. Основний напрямок руху хвилі деполяризації передсердь (сумарного вектора) – вниз і вліво.

Пройшовши атриовентрикулярное з'єднання, де відбувається різке зниження швидкості поширення збудження (атріовентрикулярна затримка проведення імпульсу), електричний імпульс бистрораспространяється по внутрішньощлуночкової провідної системи. Вона складається з пучка Гіса (передсердно-шлуночкового пучка), ніжок (гілок) пучка Гіса та волокон Пуркін'є. Пучок Гіса ділиться на праву і ліву ніжки. Ліва ніжка поблизу від основного стовбура пучка Гіса поділяється на два розгалуження: передньо-верхнє і задньо-нижнє. У ряді випадків є третя, серединна гілку. Кінцеві розгалуження

внутрішньошлуночкової провідної системи представлені волокнами Пуркінє. Вони розташовуються переважно субендокардіальному і безпосередньо пов'язані з скорочувальним міокардом. Тому поширення збудження по вільним стінок шлуночків йде з безлічі вогнищ у субендокардіальних шарах до субепікардіальному.

Порушення скорочувального міокарда шлуночків починається з лівої половини міжшлуночкової перегородки, куди раніше проходить електричний імпульс по більш короткій лівій ніжці. Хвиля збудження рухається вправо. У нормі охоплення збудженням всій міжшлуночкової перегородки відбувається за 0,02-0,03 с. Через 0,005-0,01 с від початку порушення перегородки процес деполяризації поширюється на субендокардіальних шари міокарда верхівки, передньої і бокової стінок правого шлуночка. Хвиля збудження переміщається до епікарді, тому сумарний вектор деполяризації правого шлуночка спрямований вправо і вперед, як і вектор міжшлуночкової перегородки. Разом вони протягом перших 0,02-0,03 с визначають напрямок ранніх сумарних векторів серця вправо і вперед.

Після вступу в процес збудження лівого шлуночка, що відбувається на 0,03-0,04 с, сумарний вектор серця починає відхилятися вниз і вліво, а потім у міру охоплення все більшої маси міокарда лівого шлуночка він відхиляється все більше вліво. Найдовшими будуть вектори 0,04-0,05 с, тому що вони відображають момент, коли порушується одночасно максимальне число м'язових волокон міокарда. В подальшому (0,06-0,07 с), сумарні вектори також спрямовані вліво, але мають меншу величину.

Вектори 0,08-0,09-0,10 с (кінцеві) обумовлені збудженням підстав міжшлуночкової перегородки і шлуночків. Вони орієнтовані вгору і злегка вправо, мають найбільшу величину.

Реполіризації шлуночків, починаючись з субепікардіальний шарів міокарда, поширюється до ендокарда. Тому, сумарний вектор реполіризації має той же напрям, що і вектор деполяризації шлуночків. З вищесказаного випливає, що в

процесі серцевого циклу сумарний вектор, постійно змінюючись за величиною і орієнтації, велику частину часу направляє зверху і праворуч вниз і вліво.

Представляючи собою джерело ЕРС, серце створює в тілі людини, як в навколишньому провіднику, і на його поверхні електричне поле. Динаміка сумарної ЕРС серця протягом серцевого циклу, переважна орієнтація сумарного вектора такі, що більшу частину серцевого циклу позитивні потенціали електричного поля зосереджені в лівій і нижній частинах тіла, а негативні - у правій і верхньої.

1.3 Електрокардіографічні відведення. Трикутник Ейнтховена. Закон Ейнтховена

Стандартна ЕКГ — це запис електричних потенціалів дії з **12 відведень**:

1) **підсилені відведення від кінцівок** — електроди розміщують трохи вище кисті, на внутрішній поверхні правого (червоний) і лівого (жовтий) передпліч, а також трохи вище зовнішньої кісточки на лівій (зелений) і правій (чорний — заземлення) гомілках;

а) **двополюсні (стандартні)** — **I, II, III**;

б) **однополюсні (підсилені)** — **aVL, aVR, aVF**;

2) **однополюсні грудні відведення** — **V₁–V₆**; розташування електродів на грудній клітці ; відведення V_{r3} і V_{r4} слід записувати рутинно, якщо діагностується інфаркт нижньої стінки (ймовірним критерієм супутнього інфаркту правого шлуночка є елевація інтервалу ST у точці J у відведеннях V_{r3} і V_{r4} $\geq 0,5$ мм).

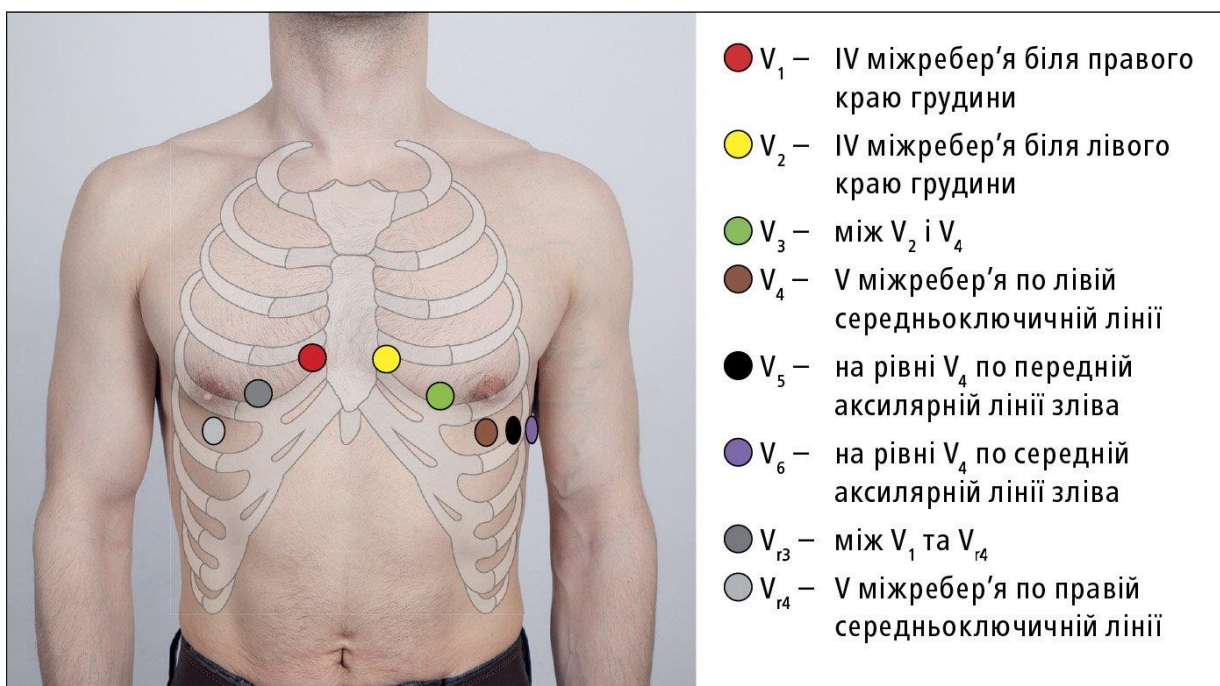


Рисунок 1.1 – Розташування електродів ЕКГ

Електричне поле, що створене серцем, можна характеризувати інтегральним електричним вектором серця $\Sigma = n \cdot D \cdot l$, де $D = I/l$, I – сила струму у колі генератора, l – відстань між полюсами генератора. Електричний вектор серця змінюється за величиною і напрямком за час серцевого циклу, однак початок вектора залишається нерухомим. Величина потенціалу в кожній достатньо віддаленій від інтегрального електричного вектора точці середовища дорівнює: $2 \cos \alpha \cdot E \cdot \rho \cdot \alpha$, де ρ – питомий опір середовища.

За Ейнтховеном, серце розташовується в центрі рівностороннього трикутника, вершинами якого є: права рука – ліва рука – ліва нога. (Вершини трикутника рівновіддалені як один від одного, так і від центру трикутника).

Пари точок, між якими вимірюються різниці біопотенціалів, з часів Ейнтховена у фізіології прийнято називати «відведеннями». Таким чином, теорія Ейнтховена встановлює зв'язок між різницею біопотенціалів серця і різницями потенціалів, що реєструються у відповідних відведеннях (Рисунок 1).

Трикутник Ейнтховена має три стандартних відведення.

- Стандартне відведення I (права рука – ліва рука). Для реєстрації стандартного відведення I негативний вхід електрокардіографа з'єднаний з

правою рукою, а позитивний вхід - з лівою рукою. Таким чином, коли точка прикріплення правої руки до грудної клітки стає електронегативною в порівнянні з точкою прикріплення лівої руки, електрокардіограф реєструє відхилення в позитивну сторону, тобто вище нульової (ізоелектричної) лінії. І навпаки, коли точка прикріплення правої руки до грудної клітки стає електропозитивною в порівнянні з точкою прикріплення лівої руки, електрокардіограф реєструє відхилення в негативну сторону, тобто нижче нульової лінії.

- Стандартне відведення II (права рука – ліва нога). Для реєстрації стандартного відведення II негативний вхід електрокардіографа з'єднаний з правою рукою, а позитивний вхід-з лівою ногою. Отже, коли права рука виявляється електронегативною порівняно з лівою ногою, електрокардіограф реєструє позитивне відхилення від нульової лінії.

- Стандартне відведення III (ліва рука – ліва нога). Для реєстрації стандартного відведення III негативний вхід електрокардіографа з'єднаний з лівою рукою, а позитивний вхід – лівою ногою. Отже, електрокардіограф реєструє позитивне відхилення, якщо ліва рука виявляється електронегативною порівняно з лівою ногою. Їм відповідають різниці потенціалів UI , UII , $UIII$. Напрямок вектору R_s визначає електричну вісь серця. Лінія електричної осі серця при перетині з напрямком I-го відведення утворює кут α . Величина цього кута визначає напрямок електричної осі серця. Серце являє собою генератор струму. Збуджена ділянка міокарда має негативний потенціал по відношенню до незбудженої ділянки. Просторовий розподіл потенціалів на поверхні тканин, що оточують серце, аналогічний до просторового розподілу потенціалів поля, створеного електричним диполем.

Для того, щоб більш наглядно та точно можна було представити різноманітні відхилення ЕРС серця була запропонована шестиосьова система координат за Бейлі. Для того, щоб її представити, потрібно розмістити в просторі осі 6 відведень так, щоб вони пройшли через центр трикутника Ейнтховена.

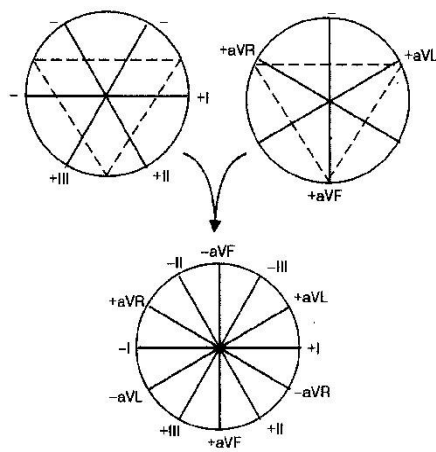


Рисунок 1.2. – Формування шестиосьової системи координат

Шестиосьова система координат формується при об'єднанні трьохосьової системи стандартних відведень з осями посилених відведень, в якій осі суміжних відведень поділяються кутами в 30° . Кожна з цих осей теж складається з позитивного і негативного відрізків: перший звернений до активного електроду, другий є його уявним продовженням у зворотний бік.

Електрокардіографічні відхилення в різних відведеннях від кінцівок можна розглядати як проекції однієї і тієї самої ЕРС на осі різних відведень. Тому це дозволяє максимально точно визначати величину та напрямок вектора ЕРС серця у фронтальній площині.

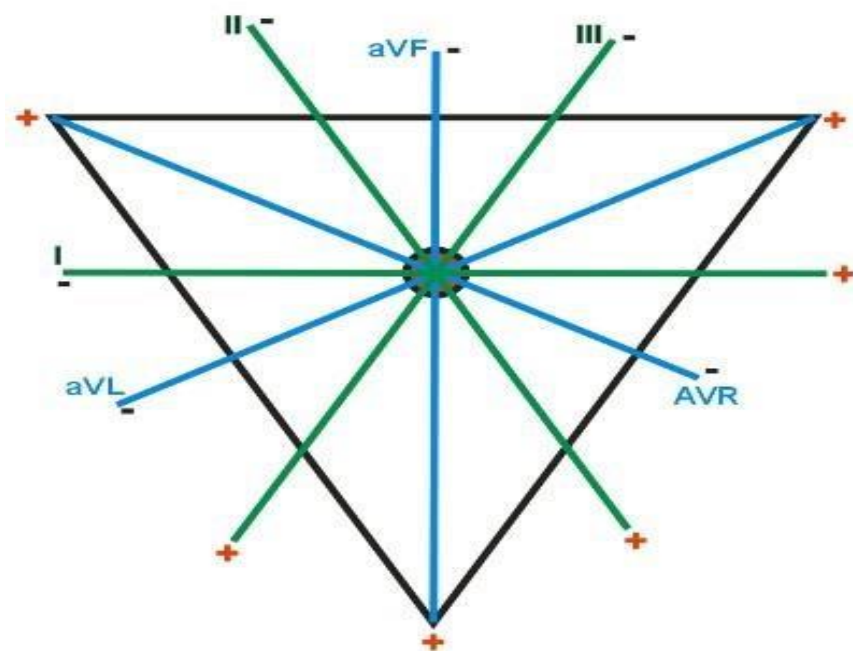


Рисунок 1.3. – Схема шестиосьової системи Бейлі

Всі 6 відведень від кінцівок складають єдину систему: вони відображають зміни сумарного вектора серця у фронтальній площині, тобто відхилення його вгору або вниз, вліво або вправо.

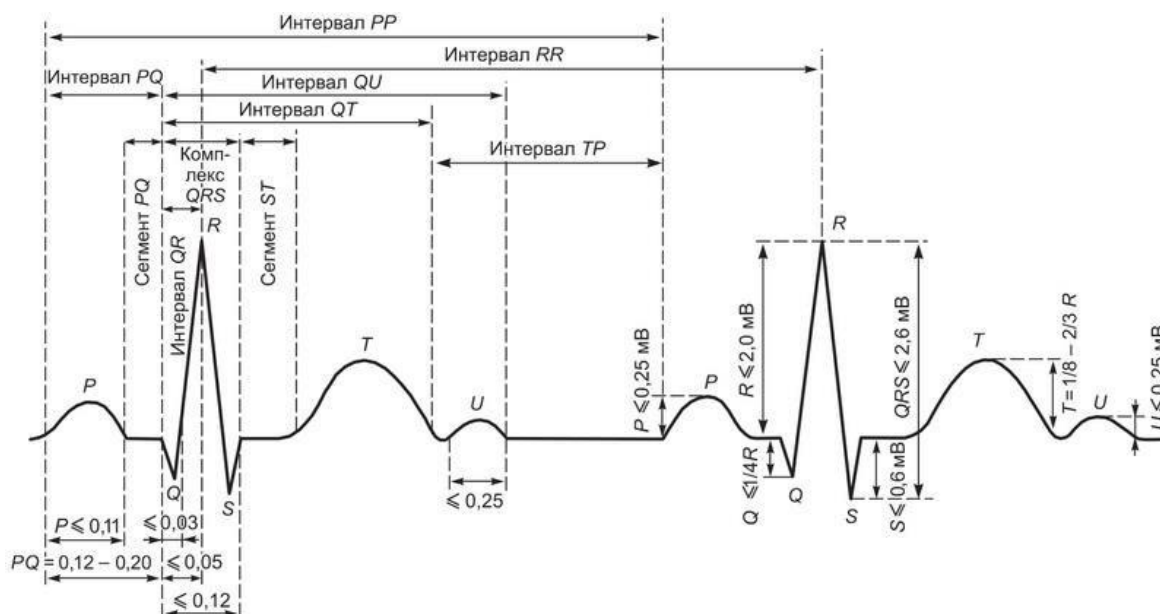


Рисунок 1.4. – Структура формування ЕКГ-сигналу

Хоча відведення від кінцівок відображають динаміку сумарної ЕРС серця в цілому, проте практичне застосування їх показало, що відведення I і aVL переважно виявляють ознаки гіпертрофії лівих камер серця і вогнищеві зміни міокарда в передній і бічній стінках лівого шлуночка; відведення III і aVF – виявляють ознаки гіпертрофії правих камер і вогнищеві зміни міокарда задньонижньої стінки лівого шлуночка.

Грудні відведення – це однополюсні відведення, запропоновані Вільсоном. Вони реєструють різницю потенціалів між активним (позитивним) електродом, поміщеним у строго певні точки на грудній стінці і (негативним) об'єднаним електродом Вільсона. Останній утворюється при з'єднанні трьох кінцівок (правої руки, лівої руки і лівої ноги) і має потенціал, близький до нуля. Грудні відведення позначають буквою V із зазначенням номера позиції активного електрода, позначеного арабською цифрою.

Позиції активного електрода при записі грудних відведень:

- V1 – IV міжребер'я біля правого краю грудини;

- V2 – IV міжребер'я біля лівого краю грудини;
- V3 – між позиціями V2 і V4;
- V4 – у V міжребер'ї по лівій середіноключічній лінії;
- V5 – на тому ж горизонтальному рівні, що V4 по лівій середній пахвовій лінії;
- V6 – на тому ж горизонтальному рівні, що V4 і V5 по лівій середній пахвовій лінії.

Позитивна частина осі кожного грудного відведення утворюється лінією, що з'єднує електричний центр серця з місцем розташування активного електрода. Продовження її за електричний центр становить негативну частину осі відведення.

Грудні відведення реєструють зміни ЕДС серця переважно в горизонтальній площині. Відведення V1–V2, наближені до правих відділів серця, називаються правими грудними і більш чутливі до змін електричних процесів правому передсерді. Відведення V5–V6, розташовані ближче до лівого шлуночка, тому переважно відображають зміни в цьому відділі серця. При осередковому ураженні зони передньої перегородки лівого шлуночка відбуваються зміни у відведеннях V1–V3, області верхівки – у відведенні V4 і передньо-бічної стінки шлуночка у відведеннях V5–V6.

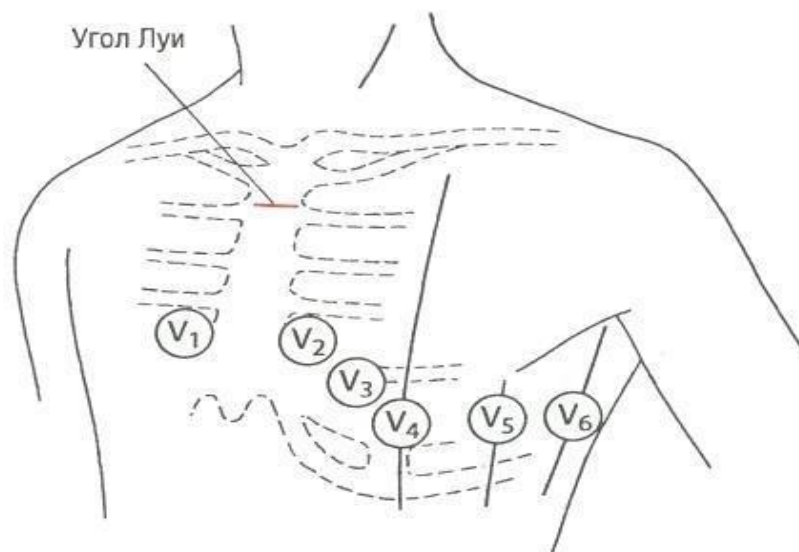


Рисунок 1.5. – Грудні відведення

Можливості електрокардіографії можуть бути істотно розширені реєстрацією додаткових відведень. Необхідність в них виникає при недостатній інформативності 12-ти загальноприйнятих відведень. Додаткові відведення використовуються за певними показаннями: у діагностиці задньо-базальних і задньо-бокових інфарктів міокарда надзвичайно корисними можуть виявитися ліві грудні відведення V7–V9. Для запису цих відведень активний електрод встановлюється відповідно по задній пахвовій, лопатковій і паравертебральній лініях на горизонтальному рівні електродів V4–V6.

Методика реєстрації додаткових грудних відведень відрізняється від методики запису 6 загальноприйнятих відведень лише розміщенням активного електрода на поверхні грудної клітки. Об'єданий електрод Вільсона використовується у якості електрода, що з'єднаний з негативним полюсом електрокардіографа.

Серед додаткових електродів розрізняють:

- V7 – V7 – активний електрод встановлений по задній пахвовій (V7), лопатковій (V8), та паравертебральній (V9) лініях.
- V3R – V6R – активний електрод розміщений в правій половині грудної клітки, симетрично до V3 – V6.

У клінічній практиці також широке поширення одержали відведення за Небом. У цьому випадку, електрод, який звичайно поміщають на праву руку – поміщають у друге міжреб'я правого краю грудина, електрод з лівої ноги – поміщають в позицію V4 грудного відведення, а електрод з лівої руки – по задній пахвовій лінії та тому ж горизонтальному рівні, що й зелений електрод. Відведення Dorsalis (D) – активний електрод поміщається на рівні верхівки серця по задній пахвовій лінії, негативний електрод – в II міжребер'ї біля правого краю грудина (що відповідає I стандартному відведенню). Відведення Anterior (A) – відповідає II стандартному відведенню. Відведення Inferior (J) – відповідає III стандартному відведенню.

Відведення за Небом застосовуються для діагностики вогнищевих змін міокарда в області задньої стінки (відведення D), передньо-бічної (відведення A) і

верхніх відділів передньої стінки лівого шлуночка (відведення J).

Електричною віссю серця (ЕВС) називають сумарний вектор деполяризації шлуночків, який утворюється при додаванні численних ЕРС, що виникають при збудженні міокарда. У нормі положення ЕВС близько до його анатомічної осі, тобто орієнтоване справа наліво і зверху вниз. У здорових людей положення ЕВС може варіюватися в певних межах, залежно від положення серця в грудній клітці. Положення ЕВС визначається ступенем відхилення її від лінії горизонту (відповідає осі I стандартного відведення), позначається як кут α і розраховується в градусах [5, 17].

1.4 Сучасні способи реєстрації кардіограми

Усі сучасні способи запису кардіограми засновані на принципах, теорії наведених вище. Сучасні кардіографи можна класифікувати за наступним принципом (рисунок 1.6).

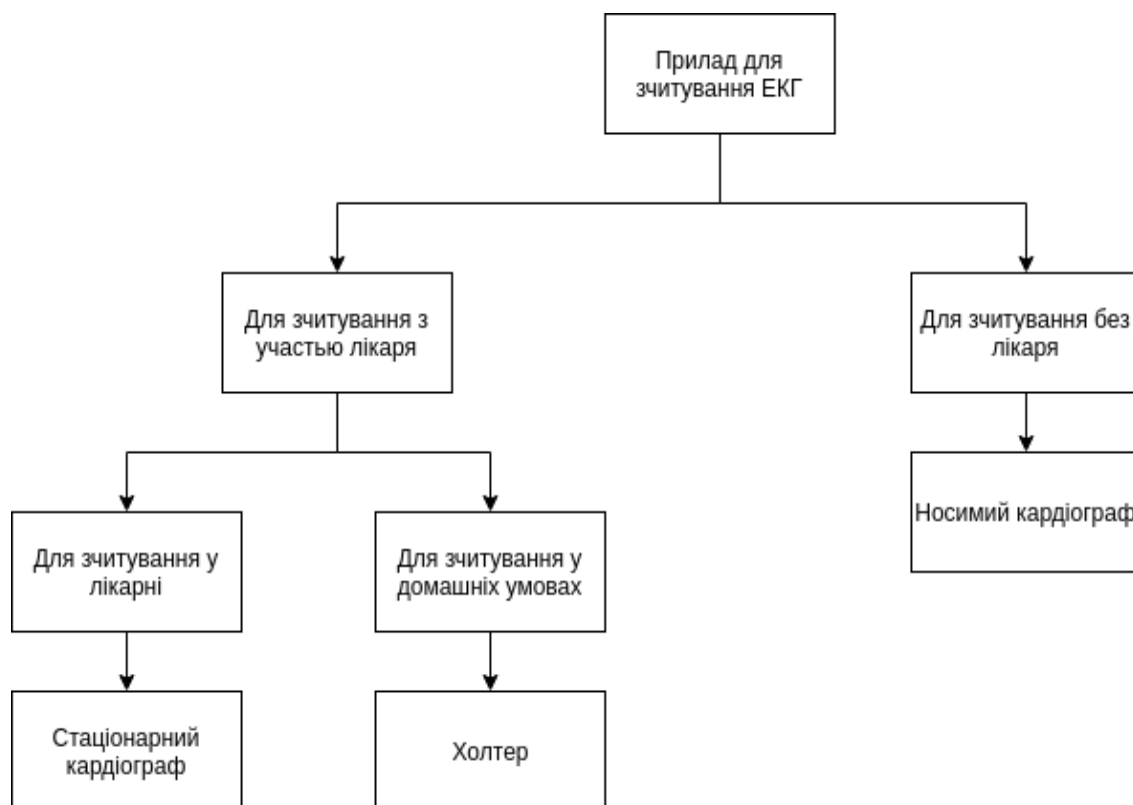


Рисунок 1.6 – Класифікація сучасних приладів для зчитування ЕКГ

Стаціонарний кардіограф використовується у клініках, для моніторингу ЕКГ у пацієнтів у важкому стані, для повноцінного аналізу ЕКГ. Такі кардіографи мають 12 відведень. Моніторинг можливий лише за стаціонарних умов. Аналіз кардіограми лікарем відбувається у режимі реального часу. Проходять медичну сертифікацію.

Холтер – медичний кардіограф, що має 6 відведень. Використовується у клініках, для проведення моніторингу ЕКГ у динаміці (при виконанні вправ, тощо), а також для добового моніторингу пацієнтів, у нестационарних умовах. Цінність таких приладів у запису ЕКГ на жорсткий диск. Після скрінінгу, добова кардіограма пацієнта аналізуються лікарями, за допомогою такої кардіограми, наприклад, можливо виявляти мерехтливу аритмію. Особливість цієї аритмії у тому, що вона може проявлятися у вигляді 1–2 неякісних ударів серця на годину, наприклад. Проходять медичну сертифікацію.

Носимий кардіограф – кардіографи у вигляді годинників, або іншої користувачької носимої електроніки. Мають 1–3 відведень, використовуються для моніторингу ЕКГ. Такі прилади не завжди проходять медичну сертифікацію.

Працюють за декількома принципами:

- моніторинг ЕКГ для відправки лікарю;
- моніторинг ЕКГ для автоматизованого аналізу.

Нижче наведені типові представники кардіографів кожного з типу умовної класифікації приладів для зчитування ЕКГ, що були наведені вище.

R-scribe – 12-ти канальний стаціонарний кардіограф. Має частоту дискретизації 40000 Гц. Має можливість визначення наявності кардіостимулятора, вбудована фільтрація ЕКГ сигналу. Підтримує стандарт HL7 . Має можливість персоналізації зчитування кардіограми в залежності до вікової групи .

Неасо – холтер для добового моніторингу ЕКГ. Має 3 медичних відведення. Може зчитувати кардіограму в автономному режимі до 48 годин. Має монітор, для можливості контролю якості / наявності сигналу .

Quardiacore – кардіограф для персонального користування, є медично сертифікованим. Частота дискретизації 600 Гц. Є можливість проведення довгострокового моніторингу. Є одноканальним кардіографом, використовується одне з грудних відведень Вільсона .

1.5 Метод електропунктури

Останнім часом зростає цікавість до традиційної китайської народної медицини. Стало очевидним, що обидві медичні системи: західної та традиційної китайської медицини, є не антагоністичними, а навпаки – комплементарними одне одному. Важливим аспектом проблеми об'єднання можливостей традиційної китайської медицини та західної медицини є виявлення місця методів діагностики та лікування серед існуючих методів західної медицини. Основною відмінністю західної медицини від традиційної китайської є пріоритетність лікування хвороби у першому випадку, та хворого у другому.

Згідно теорії китайської медицини, в організмі людини є 12 регулярних меридіанів, кожен меридіан відноситься до певного внутрішнього органу. Коли певну гостру точку стимулюють голкою для голковколювання, відповідний внутрішній орган може ефективно регулюватися у функціональній діяльності за допомогою меридіана, особливо при патологічному стані. Однак регульований фізичний вплив на внутрішній орган, безумовно, не є абсолютним, на деякі органи можуть впливати одночасно. Саме тому комбінація методів китайської народної медицини з західною та їх дослідження зможе дати можливість побачити всю картину перебігу хвороби.[6, 16].

Фундаментальні філософські концепції можуть бути математизовані з точки зору сучасних динамічних систем. Ці основні поняття будуть застосовані до ТКМ та голковколювання. Давньокитайська природна філософія та ТКМ були сфокусовані переважно на колективній взаємодії різноматніних циклів. Зрозуміло, що через брак математичної техніки кількісний опис циклів був стародавні часи неможливим. В якості заміника були винайдені термінові якісні терміни для опису складної поведінки динамічних систем [7].

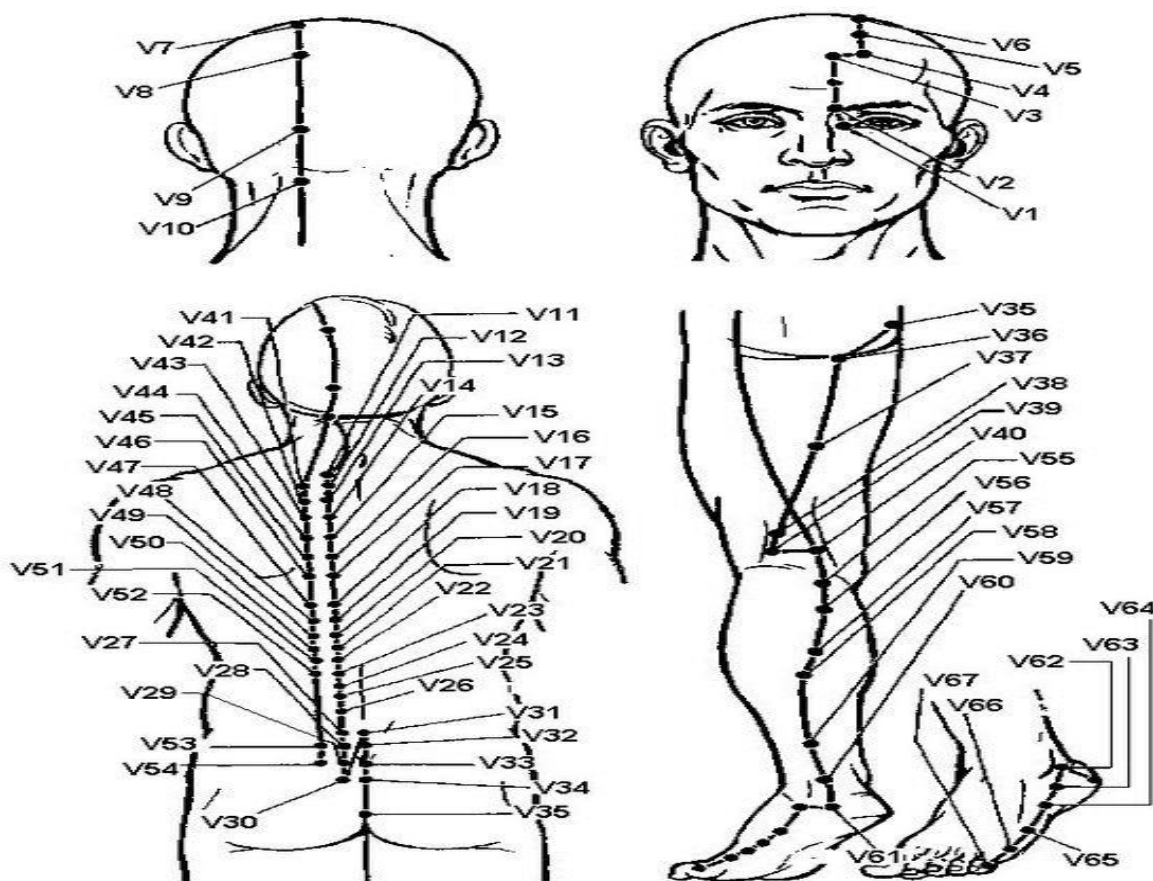


Рисунок 1.7. – Біологічно активні точки на тілі людини

У традиційній китайській медицині (ТКМ) акупунктура застосовується для лікування різних захворювань та фізіологічних збоїв у клінічній практиці вже понад 2500 років. Завдяки своїй ефективності акупунктура була рекомендована Всесвітньою організацією охорони здоров'я в 1980 році як ефективна альтернативна терапія 43 різних розладів. За останні кілька десятиліть були запропоновані різні теорії меридіанової системи та механізмів, щоб пояснити, як може працювати акупунктура. Добре відомо, що основні поняття ТКМ походять із давньокитайської натурфілософії [19, 20].

Добре відомо, що організм людини є ієрархічним організмом, що складається з багатьох рівнів взаємопов'язаних фізіологічних систем. У роботі [8] було досліджено вплив магнітоелектричного ефекту на організм згідно з теорією ТКМ, та було доведено, що саме він є найшвидшим, оскільки для отримання значних нервово-судинних змін у всьому організмі потрібно лише десятки секунд.

Потім слідує вторинні біохімічні зміни приблизно через десятки хвилин після голковколуювання. Нарешті, третинні ендокринні зміни будуть виявлені лише через кілька днів або тижнів.

Отже, людське тіло є ієрархічним не лише за будовою та функцією, а й за простором і часом. Щоб діагностувати та лікувати захворювання такої складної ієрархічної системи, варто підходити до цього з іншої точки зору – більш цілісною та інтегративною, що підкреслює колективну поведінку внутрішніх циклів організму та їх властивостей.

Першим кроком для досягнення цієї мети є збір як зовнішньої, так і внутрішньої інформації пацієнтів.

Чотири основні методи отримання такої інформації такі:

- (1) візуальний огляд зовнішньої поведінки та тілесних рухів пацієнта;
- (2) аускультативно-нюхові дослідження голосу, запаху та запахів пацієнта;
- (3) прямий діалог з пацієнтами щодо внутрішніх почуттів болю, апетиту, безсоння, звичок життя тощо;
- (4) залучена пальпація периферичних артеріальних імпульсів пацієнта, що містять інформацію про серце та інші внутрішні вісцеральні органи.

Після збору фізіологічної та психологічної інформації щодо симптомів або синдрому пацієнта лікарям ТКМ необхідно зрозуміти діагноз. Для опису станів пацієнта були розроблені інтегративні, але стислі описи, такі як дефіцитна ци, надмірна ци, дефіцитна кров, надмірна кров тощо. Однак, через брак сучасних пристроїв запису, більшість зібраної фізіологічної та психологічної інформації не можна було кількісно оцінити та проаналізувати.

Як результат, ці інтегративні описи трактуються як ненаукові і не можуть бути виправдані з сучасної лікарської точки зору. На щастя, останні досягнення в сучасних пристроях запису дозволяють почати записувати деякі фізіологічні дані та інтерпретувати їх з точки зору інтегративного опису.

Для ілюстрації скористаємось прикладом згинання ліктьових суглобів людини. Для вивчення колективної поведінки ритмічних взаємодій використовуються м'язи в передній частині руки, включаючи коротку

голівкубіцепса брахії (BBSH), довгу голівку біцепса брахії, брахіаліс, бічну голівку трицепса і довгу голівку трицепса. Спочатку електроніометр (SG110, ТОВ «Біометрія», Каліфорнія, США) закріплюється на бічних сторонах передпліччя для вимірювання кута згинання.

Поверхневі електроміограми (ЕМГ) вищезгаданих м'язів збираються та оцифровуються системою MP150 (Віорас Інс., США).

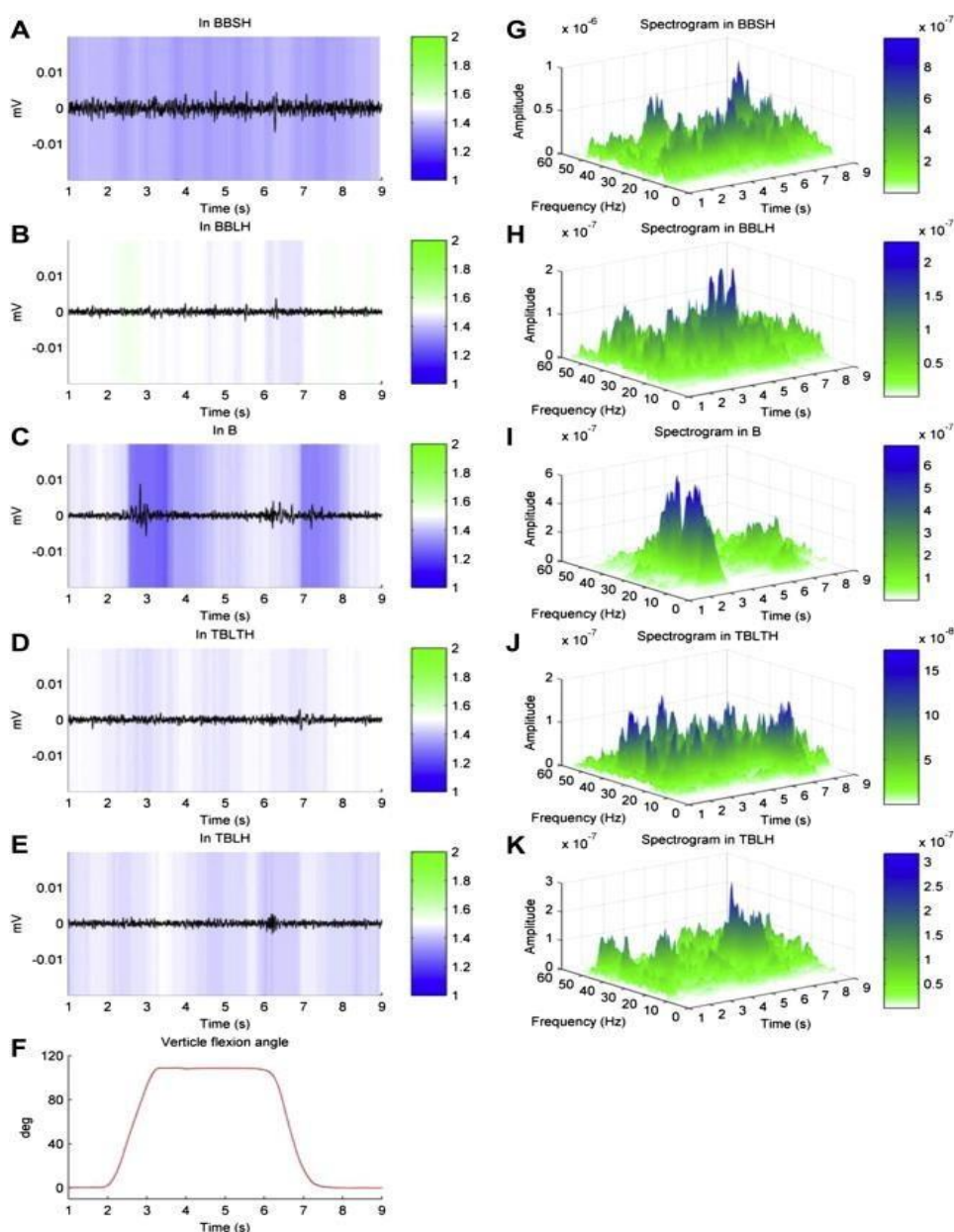


Рисунок 1.8 – Поверхневі ЕМГ (електроміограми)

Всі ЕМГ поверхонь зображені на рисунку 1.7. Наприклад, на рис. 1А активність ЕМГ чорної поверхні належить до BBSH, а темно-синіх паттернів (з FDs приблизно 1,2–1,3) в межах 2–3,5 секунди відповідають нормальному згинанню BBSH. Тоді, світло-сині паттерни (з FDs в межах 1,4–1,5) в діапазоні

3,5–6 секунд відповідають ізометричному скороченню положення утримування. Нарешті, сині паттерни в діапазоні 6–7,5 секунд відповідають періоду плавного опускання передпліччя. Спектральні частоти BBSH проілюстровані на рис. 1Г. Три високі пікові значення розташовані приблизно в межах 24 Гц, 27 Гц і 34 Гц відповідно. Аналогічно, поверхнева ЕМГ-активність та спектрограми довгої головки біцепса брахії, брахіаліса, бічної головки трицепсів та довгої головки трицепсів представлені на рис. 1В – Е та Н – К відповідно. Під час вольового згинання ПД цих п'яти груп м'язів у цей період було змінено на <1,5. Цей результат видно з рис. 1А – Е, оскільки кольори кольорів змінилися від зеленого або світло-синього до синього.

Крім того, у межах 2–3–3 секунд усі ці п'ять груп плечових м'язів синхронізуються за частотами навколо трьох піків – 24 Гц, 27 Гц та 34 Гц. У світлі теорії китайської медицини РС6 і SP4 – це дві збіжні акупункти восьми меридіанів. РС6, точка меридіана перикарда, часто застосовується для лікування серцебиття. SP4 – точка селезінкового меридіана, часто застосовується для лікування гастралгії, блювоти, болю в животі, діареї та ін. Ці два акупункти, які застосовуються разом, можуть добре функціонувати при зупиненні розладів серця та шлунково – кишкового тракту, але пов'язаних з ними експериментальних досліджень, незважаючи на часте використання в клінічній практиці, досить мало.

Результати цього дослідження показують, що після акупунктури амплітуда і частота повільних хвиль ЕКГ значно зменшилися і далі зменшилися в модельній групі. Амплітуда повільних хвиль ЕКГ у трьох групах повернулася до базового рівня через 30 хв. Не було виявлено суттєвої різниці в амплітуді повільних хвиль ЕКГ серед трьох груп. Через двадцять хвилин після акупунктури середня частота

в групі SP4 помітно не відрізнялася від частоти у контрольній групі.

Було виявлено, що вплив точки SP4 на частоту повільних хвиль ЕКГ. Було продемонстровано, що точки PC6 та SP4 можуть полегшити симптоми болю в животі, блювоти [18]. Добре зафіксовано, що вплив голкорексфлексотерапії на регуляцію діяльності серця та шлунково – кишкового тракту включає нервову систему, ендокринну систему та багатоцільові мішені. Покращена мікроциркуляція та відповідна кількість виробництва NO можуть бути одним із важливих факторів. NO, мікромолекулярний газ, синтезується з l-аргініну під каталізом NO-синтази і може активувати гуанілатциклазу клітин та здійснювати біологічний вплив через отриманий cGMP.

Безперервне базальне вивільнення NO дуже важливе для підтримки стабільного стану діастолі та базового напруги коронарної артерії та регулювання артеріального тиску та перфузії крові міокарда.

У великій кількості наукових досліджень було отримано результати, що підтверджують взаємозв'язок впливу на акупунктурні точки та реакцію організму:

- Було проведено спостереження і доведено, що точка PC6 може регулювати вміст білка-мембрани тромбоцитів α в плазмі крові та вміст тромбоцитів у крові крові-та зменшити травмування міокарда у кроликів ішемії міокарда.

- Також, результати наукових досліджень говорять про те, що голкотерапія точок PC6, SP4 тощо може полегшити симптоми виразкової хвороби та підвищити рівень NO в плазмі. У щурів з ушкодженням слизової оболонки, спричинених алкоголем, вплив на точки PC6, SP4 може ефективно підвищувати вміст NO та епідемічного фактора росту тканини слизової шлунка, а також сприяти синтезу та вивільненню NO, таким чином захищаючи шлункову слизову від травм [8].

- Вплив на точки PC6 та SP4 може чинити подібний вплив на серцеву та шлункову діяльність. Вплив на одну точку може одночасно регулювати діяльність декількох внутрішніх органів. Отже, у клінічній практиці PC6 та SP4, що застосовуються у комбінації, застосовні для лікування як серцевих, так і

шлункових розладів [9].

Електропунктура – метод, що базується на феномені підвищеної електропровідності біологічно активних точок (БАТ). Стан цих точок залежить від зміни стану відповідних систем та органів, пов'язаних з цими точками.

Вважається, що кожне з органо-тканинних утворень має власний електричний потенціал. Він обумовлений біохімічними та біофізичними процесами, що виникають на субклітинному, клітинному та органному рівнях. Цей потенціал є тією самою енергією, що циркулює по певним лініям тіла людини.

У 1950 р. японський лікар І. Nakatani (Накатані) описав метод електропунктурної діагностики функціонального стану меридіанів. Він засновувався на вимірюванні електричного опору шкіри у певних точках. Отримані лінії зниженого електрошкірного опору Накатані назвав ryodoraku (ріодораку - дослівно: лінія з хорошою електропровідністю).

Ці точки збігаються з точками класичних меридіанів тіла людини. Ліній ріодораку, як і меридіанів, 12. За Накатані, будь-які зміни у внутрішніх органах неодмінно відображаються на шкірі, саме тому меридіани діють як чутливі індикатори змін у тілі людини.



Рисунок 1.9. – Стандартне розміщення меридіанів та акупунктурних точок

Електропунктурна діагностика показана для:

- Інтегральної оцінки функціонального стану акупунктурних меридіанів, органів і систем організму;
- Динамічного спостереження за станом здоров'я;
- Визначення електропунктурного профілю основного і супутнього захворювань.

Проведення електропунктурної діагностики по І.

Накатані протипоказано:

- При наявності у пацієнта імплантованого кардіостимулятора.
- В стані гострого психічного збудження, алкогольного та наркотичного сп'яніння.

Перед проведенням обстеження пацієнт знімає взуття, шкарпетки, всі металеві предмети, а також прибирає індивідуальні засоби зв'язку, які генерують електромагнітні поля. Ділянки шкіри в області кистей і стоп повинні бути чистими, не мати рубців, родимих плям і інших змін.

Дослідження проводиться не раніше ніж:

- Через 1,5-2 години після фізичного навантаження, прийому їжі, фізіотерапевтичних процедур.
- Через три доби після проходження обстежень, пов'язаних з впливом на організм потужних випромінювань (рентгенологічні методи, радіоізотопна діагностика, ядерно-магнітний резонанс і т.п.).

По можливості за добу до електропунктурної діагностики необхідно припинити прийом лікарських препаратів (рішення про припинення прийому приймає лікар виконує тестування). Дослідження пацієнта проводиться в горизонтальному положенні, в стані фізичного і психічного спокою після 10–15 хвилинного відпочинку. Отримані результати вимірювань автоматично заносяться в спеціальну карту [10].

Також, останнім часом зростає інтерес до застосування та використання методу електропунктурної діагностики Р. Фолля (ЕПДФ) в різних сферах медичної науки і практики у зв'язку з можливістю підвищення ефективності

діагностики.

Так, за допомогою ЕПДФ було проведено дослідження різноманітних алергічних і дерматологічних захворювань, проведено дослідження патології щитовидної залози та хронічних захворювань органів дихання і травлення у дітей в Інституті педіатрії, акушерства та гінекології НАМН України, патології внутрішніх органів у науково-дослідному інституті онкології і радіології МОЗ

України, гіпертонічної хвороби, було проведено медикаментозне тестування препаратів при лікуванні хронічного періодонтиту тощо.

Електрорунктурна діагностика Фолля – це визначення та оцінка функціонального стану органів та тканин організму людини на основі результатів вимірювання електропровідності шкіри у біологічно активних точках певних меридіанів. Р.Фоллем сьогочасу було описано 8 нових каналів та більш ніж 700 біологічно активних точок та вивчено їх зв'язок з органами та системами. Метод ЕПДФ заснований на поєднанні класичної східної рефлексотерапії та традиційної західної медицини [11].

Висновки до розділу 1 та задачі дослідження

З огляду на існуючі методи дослідження стану серця, можемо зробити наступні висновки:

- на сьогодні існує та розвивається велика кількість методик дослідження електричної активності серця;
- створення нового обладнання для дослідження стану серця вимагає не лише теоретичних та експериментальних досліджень, а й принципово нових підходів роботи;
- ефективність теорії меридіанів та електропунктури підтвердила свою ефективність численними дослідженнями на базах як західних так і східних медичних шкіл;
- поєднання методів роботи західної та східної медицини є новим та маловивченим підходом до дослідження роботи електричної активності серця та

організму в цілому;

– було з'ясовано, що вплив однієї точки не обмежується лише одним органом, а може діяти в комплексі, що і підтверджується загальним підходом ТКМ – розглядати організм у цілому.

Поєднання принципів східної та західної медицини є перспективним напрямом для дослідження та створення діагностичних апаратів. Поєднання двох різних підходів зможе дати не лише більшу кількість інформації про роботу не лише серця, а й усіх основних органів. Для даного дослідження було обрано канали меридіанів серця та перикарду, так як з огляду на попередні дослідження, було доведено вплив що відбувається на організм людини при впливі на певні акупунктурні точки, що знаходяться саме на цих меридіанах.

З огляду на те, що серцево-судинні захворювання за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я є найпоширенішою причиною смертності у світі, вдосконалення та пошук нових підходів до діагностики є актуальною задачею.

На основі проведених висновків про доцільність проведення експериментальних досліджень та відсутності прототипів можна поставити наступні завдання:

- провести аналіз сучасних методів дослідження електричної активності серця;
- проаналізувати методи впливу на точки, що знаходяться на меридіанах перикарду та серця;
- розробити методику проведення експерименту;
- провести експеримент зі зняття електрокардіограми зі звичайних електродів та розроблених комплексних електродів (що знамають сигнали з каналів перикарду та серця);
- дослідити та проаналізувати отримані у ході експерименту результати;
- зробити відповідні висновки.

Швидкий розвиток медичного приладобудування спричинений

погіршенням загального стану здоров'я населення потребує принципово нових підходів, яким може стати поєднання двох медичних шкіл –західної та східної.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СЕРЦЯ

2.1 Методи дослідження стану серця

У медичній практиці використовують такі методи дослідження стану серця:

- електрокардіографія (ЕКГ) – основний метод дослідження стану серця, який полягає у графічній реєстрації з поверхні тіла потенціалів, що виникають у серцевому м'язі під час серцевого циклу;

- рентгеноскопія серця. Точну інформацію про розміри і форму серця можна отримати шляхом рентгеноскопії серця. При цьому реєструють контури серцевої тіні. Для запису зміни границь серцевої тіні в процесі скорочення, чи під впливом зміни положення тіла, використовують рентгенокімографію. У цьому випадку перед рентгенівською плівкою розташовують металеву решітку і під час кожного скорочення серця її зміщують на ширину однієї щілини. На плівці отримують зубчате зображення серця, яке є показником зміни границь серця під час скорочення. Метод супроводжується опроміненням організму.

- фонокардіографія (ФКГ) – це графічний метод реєстрації звуків серця. За допомогою спеціальних мікрофонів та реєструючої апаратури можна записати окремі коливання, з яких складаються тони серця. Такий запис називається фонокардіограмою; він дозволяє не лише здійснювати постійну реєстрацію тонів, але й досліджувати часові співвідношення між цими тонами та іншими процесами, які відбуваються протягом серцевого циклу. Весь спектр звуків серця надходить до підсилювача і фільтрів фонокардіографа, які забезпечують їх підсилення і диференціацію на діапазони низьких, середніх і високих частот. Після цього електричні сигнали надходять на відповідний канал реєструючого пристрою і записуються у вигляді ФКГ;

- апексокардіографія (АКГ чи верхівкова кардіографія). Верхівковий поштовх виникає внаслідок складної зміни форми, об'єму та просторового розташування серця в цілому. Він виявляється короткочасним випинанням у лівому п'ятому міжребер'ї по серединноключичній лінії. Запис

верхівкового поштовху називається апекскардіограмою. Апекскардіографія (АКГ) характеризує об'ємні процеси серцевої діяльності, які залежать від ударного об'єму крові, характеру наповнення кров'ю порожнини серця і тиску в них, скоротливої здатності міокарда, форми грудної клітки, товщини підшкірної основи. Реєстрацію АКГ проводять синхронно з ЕКГ і ФКГ.

- кардіоінтервалографію (КІГ) – метод оцінки ритму серця. Цей метод відрізняється простотою реєстрації кардіоінтервалограм (КІГ) і швидкістю одержання інформації, а також можливістю проведення повторних досліджень навіть у важкохворих і в екстремальних умовах. КІГ – це послідовний ряд 100 кардіоциклів і більш, записаних в одному з ЕКГ відведень у реальному масштабі часу, а інтервал R-R складає одиницю її виміру;

- сфігмографія (СФГ) – графічна реєстрація артеріального пульсу;
- полікардіографія. Під час запису полікардіограми відбувається синхронна реєстрація ЕКГ, ФКГ і сфігмограми. Запис проводять на багатоканальному електрокардіографі. При цьому п'єзодатчик розташовують на сонній артерії, мікрофон – на верхівці серця, а ЕКГ записують у II відведенні. Отриману полікардіограму (ПКГ) використовують для отримання різних показників серцевої діяльності;

- механокардіографія (МКГ) – графічна реєстрація артеріального тиску;
- езофагокардіографія (ЕФГ) – графічна реєстрація рухів серця. Зокрема, лівого передсердя через стравохід;

- флебосфігмографія (ФСГ) – графічна реєстрація венозного пульсу (для цього проводиться запис пульсу яремної вени);

- балістокардіографія (БКГ) – для оцінки скорочувальної функції міокарда використовується реєстрація рухів тіла, зумовлених роботою серця;

- динамокардіографія (ДКГ) – графічна реєстрація переміщення центра ваги грудної клітки людини;

- ехокардіографія (ЕхоКГ). При ехокардіографії записують ультразвукові коливання, відбиті від різних поверхонь серця, зовнішніх і внутрішніх поверхонь стінок, клапанів і т.д. Цей метод дозволяє отримати

морфологічну характеристику серця та його окремих структур (розміри серця, товщина стінок, рух клапанів, тощо). Ехокардіографічні дослідження можна проводити багатократно.

Кожен із цих методів має свої переваги та обмеження, і їх вибір залежить від конкретної ситуації та клінічних показників. Іноді лікар може використовувати комбінацію різних методів для отримання повної картини про стан серця пацієнта. Розглянемо в таблиці 2.1 методи дослідження серця. Ця таблиця надає загальний огляд різних методів дослідження стану серця, але важливо враховувати, що вибір конкретного методу залежить від клінічного контексту, індивідуальних особливостей пацієнта та питань.

Таблиця 2.1 – Порівняння методів дослідження стану серця

Метод	Принцип роботи	Інформація, яку надає	Переваги	Обмеження
Електрокардіографія (ЕКГ)	Запис електричних сигналів серця	Діагностика аритмій, ішемії, аномалій ритму	Швидка та недорога діагностика.	Не надає детальної інформації про структуру.
Ехокардіографія	Ультразвукові хвилі для візуалізації серця	Оцінка розмірів, функції, стану м'язів, об'єму крові	Неінвазивна, висока деталізація.	Залежність від якості зображень у деяких випадках.
Стрес-тест	Реєстрація ЕКГ під час фізичного навантаження	Виявлення аритмій, ішемії, оцінка фізичної витривалості	Динамічна оцінка функції серця.	Не підходить для всіх пацієнтів, можливість фальшивих результатів.
Комп'ютерна томографія (КТ) або магнітно-резонансна томографія (МРТ)	Зображення серця за допомогою рентгенівських променів (КТ) або магнітних полів і радіоволн (МРТ)	Детальна візуалізація структури серця, виявлення патологій	Висока роздільна здатність, виявлення вроджених вад	Висока вартість, деякі обмеження для людей з імплантованими пристроями.

Коронарографія	Введення контрастного речовини та рентгенівське зображення судин	Визначення затяжності атеросклерозу, виявлення блокувань судин	Точна оцінка стану коронарних артерій.	Інвазивний, ризик ускладнень.
Біомаркери крові	Вимірює рівень речовин у крові, що свідчать про пошкодження серця	Діагностика інфаркту, оцінка запалення та інші аспекти	Простий та неінвазивний.	Може бути вплив на результати від інших захворювань.

2.2 Класифікація та структура електрокардіографів

У даному дослідженні було використано саме метод електрокардіографії. Електрокардіограф – це прилад, що використовується для реєстрації зміни різниці потенціалів між двома точками в електричному полі серця. Сучасні електрокардіографи характерні високою технологічною досконалістю та дозволяють здійснити як одноканальний так і багатоканальний запис ЕКГ.

Електрокардіографи складаються з вхідного приладу, підсилювача біопотенціалів та приладу реєстрації.

Основний принцип роботи будь-якого сучасного електрокардіографа можна описати так: електричний сигнал серця реєструється за допомогою металевих електродів. Мала напруга у 1–3 мВ підсилюється та подається на реєструючий прилад. Тут електричні коливання перетворюються на механічні – відбувається зміщення якоря та подальший запис сигналу на паперовій стрічці, що нагадує міліметрівку.

Існують різні види запису електрокардіограми в залежності від виду стрічки.

- електрокардіографи, що використовують для запису сигналу звичайну паперову стрічку – механічні;
- тепловий запис – якір, за допомогою якого відбувається запис ЕКГ

нагрівається, і, в свою чергу, «випалює» відповідну криву на тепловому папері;

- мінгографи – або електрокардіографи капілярного типу.

В залежності від кількості каналів, які може одночасно реєструвати електрокардіограф, їх поділяють на:

- одноканальні;
- багатоканальні.

Багатоканальний метод ЕКГ дозволяє значно скоротити час дослідження та дає можливість отримати більш точну інформацію про електричне поле серця, так як у цьому випадку відбувається синхронна реєстрація декількох електрокардіографічних відведень. Багатоканальні, у свою чергу, в залежності від кількості відведень, що можуть реєструватися одночасно, поділяються на:

- трьохканальні;
- шестиканальні;
- дванадцятиканальні [5].

Електрокардіографи в залежності від точності відтворення форми сигналу прийнято розділяти на 3 класи:

- I клас – до них відносять найбільш точні прилади, призначені для комплексних досліджень серцево-судинної системи. Вони мають чотири або шість каналів, які використовуються також для запису звуків серця (фонокардіографія), пульсових коливань судин (сфигмографія), незначних переміщень тіла, що виникають в результаті скорочення серця і руху крові у великих судинах (балістокардіографія) і ін. Відповідно прилади класу 1 повинні реєструвати без спотворень коливання з частотою до 800-1000 Гц, мати великий набір швидкості руху паперової стрічки та інші підвищені характеристики.

- II клас – мають зазвичай один або два канали і призначені для реєстрації електрокардіограми в ході діагностичного процесу. Найбільша частота реєстрованих коливань у цих приладів складає 70-100 Гц, що дозволяє без спотворень відтворювати всі характерні особливості біопотенціалів серця.

- III клас – це портативні одноканальні прилади, призначені, в основному, для використання вдома, в умовах швидкої і невідкладної допомоги для швидкого

встановлення стану хворого. Найбільша частота записуваних коливань для цих приладів складає 60-70 Гц. Прилади 3-го класу мають тільки автономне джерело живлення або допускають також харчування та від мережі змінного струму. Основна вимога до цих приладів малогабаритність та низька маса [13].

2.3 Аналіз ЕКГ

Завдяки достатньому динамічному діапазону та мінімальній кількості артефактів аналіз ЕКГ у медичній практиці проводиться у часовій області. При аналізі ЕКГ розрізняють три основні взаємопов'язані задачі:

1. Розпізнавання деяких первинних характеристичних складових ЕКГ: елементи, що належать до ізолінії та ті, що мають діагностичну цінність – хвилі, піки та графоеlementи.

2. Квантифікація графоеlementів. Відбувається обчислення або візуальна оцінка кривизни ліній, інтервалів хвиль та комплексів, значення амплітуди, вимірювання інтервалів. Важливим є вимірювання окремих кардіоінтервалів.

3. Після визначення графоеlementів та їх кількісних та якісних характеристик проводять класифікацію до відповідних діагностичних класів. Для аналізу ЕКГ зазвичай використовують 12 стандартних відведень (3 основних – за Ейнтховеном, 3 за Гольдбергом - aVF, aVR, aVL та шість грудних V1 – V6).

Максимальна похибка амплітуди окремих графоеlementів не більша як $\pm 5\%$. Похибка інтервалів часу не перевищує 10 %. Для полегшення виділення окремих складових сигналу в кардіології використовують множник граничної форми (k) при обробці трьохканальної ЕКГ:

Первинна медична статистична інформація складається зі спостережень, в результаті яких дослідник робить вимірювання та отримує кількісні величини, що характеризують ту чи іншу ознаку. Ця інформація надалі буде становити основу для подальшого аналізу. Сучасні інформаційні технології у медичній статистиці застосовуються на кожному етапі розробки проведення спостережень.

Враховуючи відмінності у формі сигналів, до них застосовують контурно-часовий аналіз, який дозволяє визначити низку важливих показників саме по контурах сигналу. Недоліком такої методики є обчислення показників-компонент саме за контуром сигналу за один період тоді, коли наявні порушення в роботі того чи іншого органа можуть бути виявлені в наступних періодах. Тому контурно-часова методика застосовується в нескладних сигналах, а саме для сфигмограм центральних і периферійних артерій [22]. Відомо два способи вимірювання параметрів сфигмограм, які дозволяють досить чітко стандартизувати процес обробки цих сигналів.

Перший призначається для обробки центральних сфигмограм, зареєстрованих на сонній, скроневій, підключичній артеріях.

При цьому визначаються такі параметри:

1. тривалість анакоти в секундах (t_1) і висота систолічної частини сфигмограми (h_1) на рівні вершини основної хвилі, тобто в момент часу t_1 (у випадку труднощів з визначенням часу t_1 вважають, що $t_1 = 0,08$ с);

2. вимірюють параметр $t_2 = t_3 - t_1$ і t_1 — час катакrotичного підйому (якщо виникають труднощі з визначенням цих показників, тоді вважають, що $t_2 = t_1 + 0,05$ і $t_3 = t_1 + 0,1$);

3. h_2 — висота систолічної частини кривої в момент t_2 і h_3 — висота катакrotи систолічної частини кривої у момент t_3 ;

4. час мінімуму інцизури (t_4) та висота інцизури в її найнижчій точці ($h_4 = h_1$);

5. час піку дикротичної хвилі (t_5) та миттєве значення дикротичної хвилі (h_d), яке відміряється від рівня інцизури, тобто амплітуда дикротичної хвилі дорівнює $h_5 = h_d + h_1$;

6. ці миттєві значення кривих оцінюються у процентах до максимальної висоти сфигмограми, тобто до h_1 .

Другий спосіб використовується при аналізі периферійних сфигмограм, які зареєстровані на променевій, гомілковій артеріях та на тильній артерії стопи.

При дослідженні як центральних, так і периферійних сфигмограм

обов'язкововизначають початковий момент (t_0), коли висота систолічної частини кривої h_0 є мінімальною. Параметри t_0 і h_0 приймають як рівні нулю та вважають їх за початок відліку імпульсу сфигмограми. Вимірюють також кінцевий момент часу (t_6), коли діастолічна частина кривої мінімальна, ($h_6 = 0$). За величинами параметрів t_0 і t_6 визначають тривалість одного імпульсу сфигмограми або період проходження імпульсів ($T = t_6 - t_0$). Далі за допомогою методу кусково-лінійної апроксимації сфигмографічний імпульс представляється таким виразом [14].

Висновки до 2 розділу

В другому розділі було проаналізовано та приведено методики дослідження стану серця.

Проведений детальний аналіз класифікації електрокардіографів: за принципом запису сигналу (механічні, теплові, мінгографи), за кількістю реєстрованих каналів (одноканальні та багатоканальні) та за чутливістю (поділяються на 3 класи). На основі даної інформації було обрано метод дослідження стану серцево-судинної системи – а саме метод електрокардіографії. Та було обрано вид приладу, який найкраще підходить до даного дослідження – а саме механічний (з можливістю запису електрокардіограми на носії задля подальшого статистичного та аналітичного аналізу сигналів) одноканальний електрокардіограф I класу.

Також було розглянуто методи аналізу електрокардіограми. Завдяки достатньому динамічному діапазону та мінімальній кількості артефактів аналіз ЕКГ у медичній практиці проводиться у часовій області. Первинна медична статистична інформація інформація надалі буде становити основу для нашого аналізу. Враховуючи відмінності у формі сигналів, до них застосовують контурно часовий аналіз, який дозволяє визначити низку важливих показників саме по контурах сигналу.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ У РІЗНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СТАНАХ

3.1 Постановка задачі дослідження

Останнім часом у світі зростає інтерес медичної спільноти до спадку китайської народної медицини, адже незважаючи на різницю у підходах та розумінні суті захворювань, західна медицина та традиційна китайська медицина є не антагоністичними, а комплементарними одна одній. Захворювання серця є яскравим прикладом патології, яка щороку забирає мільйони життів, а тому, вдосконалення методів отримання ЕКГ та цих апаратів є одним з головних завдань сучасної медицини. Поєднання принципів західної та китайської народної медицини зможуть дати можливість отримати чітке уявлення про просторові процеси формування сигналів електричного поля в клітинах міокарда та серця в цілому [6].

Електричні потенціали серця представляють великий інтерес як для західної, так і для традиційної китайської медицини, так як вона багато в чому визначає дію і терапевтичний ефект деяких фізичних методів лікування, перш за все фізико-фармакологічних та фізіологічних. Мета дослідження – проаналізувати сигнали, отримані з каналів меридіанів серця, легень та перикарду.

Детальне дослідження каналів тіла людини дасть можливість отримати більш точну та повну інформацію про роботу серця людини, а в перспективі розширити знання про роботу органів та організму людини в цілому. Також, це створить можливість для подальшого застосування цих знань у терапевтичній практиці.

3.2 Розробка методики проведення експерименту

Поставлена задача дослідження вирішувалась проведенням вимірювання

електрокардіограми на досліджуваних, вимірюванням електрокардіограми з використанням нових електродів та проведенням подальшого аналізу отриманих сигналів.

Вимірювання проводилось в контрольній групі різних вікових категорій, електродами, що зображені на рис.3.1.



Рисунок 3.1 – Розроблені електроди, для діагностики та візуалізації тканини серця людини

Для даного дослідження було використано апаратний комплекс «KL – 720 Biomedical Measurement system», ЕКГ – блок даного комплексу, електроди, що входять до даного комплексу та електроди, що були розроблені спеціально для вимірювання сигналів безпосередньо з каналів меридіанів серця та перикарду.

Перший етап експерименту проводився наступним чином: після підключення блоку ЕКГ до апаратного комплексу KL – 720 Biomedical Measurement system та налаштування усіх необхідних параметрів блоку, що зазначено в таблиці 3.1, проводилося вимірювання ЕКГ з використанням стандартних електродів (що входять в комплекс).

Задля покращення провідності на кордоні «шкіра-електрод» у якості провідника було використано дистильовану воду. Задля точності результатів,

перед початком експерименту досліджуваний протягом 2–3 хвилин знаходився у спокійному стані.

Потім відбувався запис електрокардіограми протягом 2 хвилин. Основна задача полягала у отриманні 10 рівномірних кардіоциклів, задля подальшої статистичної обробки кількісних показників. Отримані дані було збережено у MS Excel.

Другий етап включав в себе вимірювання ЕКГ шляхом вимірювання сигналів з каналу серця.

Після вимірювання стандартної ЕКГ апаратного комплексу підключалися нові комплексні електроди, що вимірюються сигнали безпосередньо за каналів меридіанів перикарду та серця.

Далі процедура проходила за алгоритмом, описаним вище: нанесення на кордоні «шкіра-електрод» у якості провідника дистильовану воду. Далі досліджуваний протягом 2–3 хвилин знаходився у спокійному стані.

Потім відбувався запис електрокардіограми з каналу меридіану серця протягом 2 хвилин.

На третьому етапі проводився запис ЕКГ безпосередньо з каналу перикарду. Етапи проведення експерименту збігаються з етапами проведення запису ЕКГ з каналу меридіану серця.

На четвертому етапі проводився запис ЕКГ безпосередньо з каналу легень. Дві точки в просторі електричного поля, між якими вимірюють різницю потенціалів, називають відведеннями, а лінія, що з'єднує ці точки є віссю відведення. Меридіан в свою чергу – це, згідно з теорією, це канал, по якому протікає енергія.

Перше відведення ЕКГ знімається з лівої та правої руки, враховуючи те, що канали серця та перикарду проходять по внутрішньому боці руки це дозволяє нам зробити такі висновки:

- Проведення вимірювань необхідне у першому відведенні, друге та третє у цьому випадку будуть нерелевантним;
- Оскільки реєстрація електрокардіограми відбуватиметься в конкретних

точках, дуже важлива точність та правильно підібрані технічні та фізичні параметри електродів

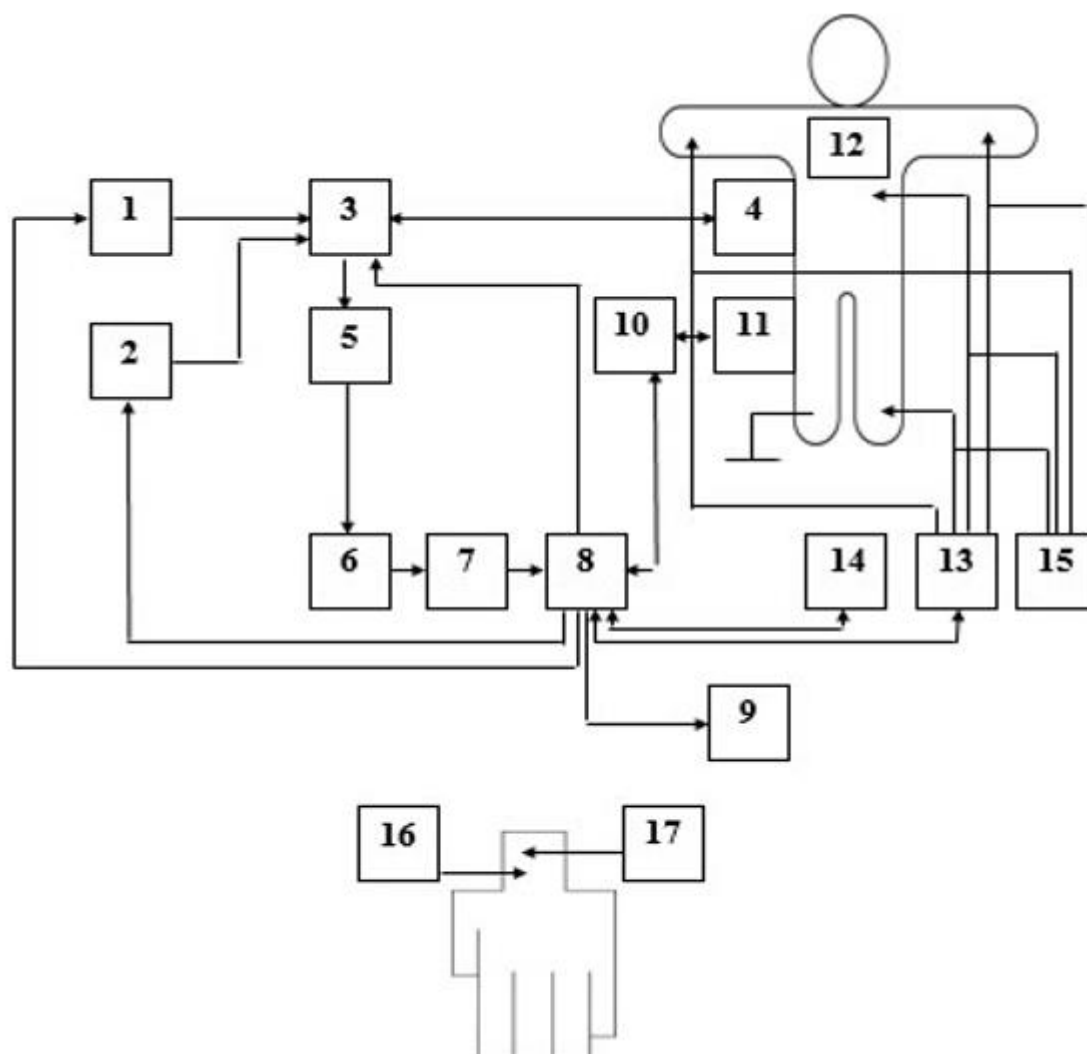


Рисунок 3.2 – Апарат комплексної діагностики та візуалізації тканини серця людини

На рисунку 3.2. зокрема: 1 – генератор неперервних ультразвукових коливань, 2 – тактовий генератор, 3 – комутатор, 4 – датчик ультразвукового дослідження, 5 – підсилювач, 6 – фільтр нижніх частот, 7 – аналого-цифровий перетворювач, 8 – блок керування, 9 – монітор, 10 – блок контролю температури, 11 – датчик температур, 12 – об’єкт дослідження, 13 – електрокардіограф (ЕК), 14 – векторкардіограф, 15 – відведення ЕК, 16 – точка перикарда, 17 – точка серця.

3.3 Результати дослідження динамічних параметрів електрокардіограми

Початкові дані, що були задані на апаратному комплексі до початку проведення дослідження, описані у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

<i>Sampling Rate</i>	50
<i>Sampling Number</i>	5000
<i>VOLT/DIV</i>	2,80
<i>TIME/DIV</i>	18

Вимірювання проводилось в контрольній групі різних вікових категорій, що зазначено в табл 3.1. На першому етапі проводилось стандартне вимірювання ЕКГ, на другому етапі проводилось вимірювання ЕКГ шляхом вимірювання сигналів з каналу серця, на третьому проводилось вимірювання ЕКГ шляхом вимірювання сигналів з каналу перикарду, також, додатково на четвертому проводилось вимірювання з каналу легень.

В дослідженні параметрів зміни амплітуди зубців та часових інтервалів деполяризації шлуночків та передсердь серця (систоли) та їх реполяризації (діастола) прийняли участь дві контрольні групи молодого та зрілого віку, що вказано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

<i>Вікова група</i>	<i>Кількість досліджуваних</i>
Молодша вікова група	6
Старша вікова група	8

У таблиці 3.3 наведені результати аналізу електрокардіограм зареєстрованих звичайним способом.

Таблиця 3.3

Вік, роки	Амплітуда Р, мВ	Амплітуда R, мВ	Амплітуда Т, мВ	Інтервал PQ, с	Інтервал PRS, с	Інтервал ST, с
18	0,48	2,08	2	152	86	324
18	0,48	2,96	1,52	198	99	345
18	0,64	2,28	1,4	158	87	333
18	0,24	1,68	1,64	155	91	322
20	0,36	2,56	1,44	176	100	335
21	0,36	2,8	1,12	134	83	334
22	0,56	2,6	1,28	182	86	347
21	0,56	2,08	1,49	142	82	328
22	0,64	2,49	1,46	137	96	348
24	0,4	2,01	1,8	120	80	333
58	0,8	2,53	1,76	132	93	322
59	0,4	2,01	1,8	120	80	333
63	0,8	2,53	1,76	132	93	322
65	0,52	2,16	1,36	128	85	349
69	0,72	2,64	1,44	137	84	33
71	0,82	2,78	1,68	140	88	344

У таблиці 3.4 наведені результати аналізу електрокардіограм знятих з каналу серця.

Таблиця 3.4

Вік, роки	Амплітуда Р, мВ	Амплітуда R, мВ	Амплітуда Т, мВ	Інтервал PQ, с	Інтервал PRS, с	Інтервал ST, с
18	0,72	0,88	1,92	152	86	324
18	0,92	2,64	1,49	198	99	345
18	0,84	2,14	1,4	158	87	333
18	0,2	1,28	1,64	155	91	322
20	0,38	2,56	1,42	176	100	335
21	1,02	2,58	1,12	134	83	334

22	0,49	2,08	1,31	182	86	347
24	0,64	2,02	1,5	142	82	328
58	1,64	2,24	1,52	137	96	348
59	0,49	2,01	1,79	120	80	333
63	1,12	2,33	1,79	132	93	322
65	0,61	2,03	1,48	128	85	349
69	0,82	2,22	1,51	137	84	333
71	0,83	2,52	1,81	140	88	344

У таблиці 3.5 наведені результати аналізу електрокардіограм знятих з каналу перикарду.

Таблиця 3.5

Вік, роки	Амплітуда P, мВ	Амплітуда R, мВ	Амплітуда T, мВ	Інтервал PQ, с	Інтервал PRS, с	Інтервал ST, с
18	0,12	1,76	1,2	152	86	324
18	0,34	1,78	0,89	198	99	345
18	1,2	2,56	1,68	158	87	333
18	0,08	1,76	2,2	155	91	322
20	0,4	2,92	0,78	176	100	335
21	,016	2,98	0,64	134	83	334
22	0,56	2,76	1,36	182	86	347
24	0,16	2,64	0,96	142	82	328
58	0,34	2,88	1,58	137	96	348
59	0,63	2,62	1,46	120	80	333
63	1,23	2,64	1,2	132	93	322
65	0,25	2,22	0,99	128	85	349
69	0,2	2,64	1,25	137	84	333
71	0,01	2,8	1,02	140	88	344

У таблиці 3.6 наведені результати аналізу електрокардіограм зареєстрованих з каналу легень.

Таблиця 3.6

Вік, роки	Амплітуда P, мВ	Амплітуда R, мВ	Амплітуда T, мВ	Інтервал PQ, с	Інтервал PRS, с	Інтервал ST, с
18	0,12	1,76	1,2	152	86	324
18	0,34	1,78	0,89	198	99	345
18	1,2	2,56	1,68	158	87	333
18	0,08	1,76	2,2	155	91	322
20	0,4	2,92	0,78	176	100	335
21	0,16	2,98	0,64	134	83	334
22	0,56	2,76	1,36	182	86	347
24	0,16	2,64	0,96	142	82	328
58	0,34	2,88	1,58	137	96	348
59	0,63	2,32	1,46	120	80	333
63	1,23	2,64	1,2	132	93	322
65	0,25	2,22	0,99	128	85	349
69	0,2	2,64	1,25	137	84	333
71	0,01	2,8	1,02	140	88	344

Згідно з отриманими даними можемо впевнено сказати, що довжини сегментів, хвиль та інтервалів знаходяться у межах норми. Вони практично не змінюються після заміни електродів - зубці ЕКГ та ЕКГ, ЕКГп та ЕКГл мають практично однакову довжину.

3.3. Результати дослідження динамічних змін параметрів ЕКГ

Аналіз отриманих ЕКГ здійснювався у наступній послідовності:

- було зареєстровано значення амплітуди зубців стандартної ЕКГ;
- було зареєстровано значення амплітуди зубців ЕКГс та ЕКГп;
- встановлено характеристичні точки;
- зроблено порівняння зареєстрованих ЕКГ зі стандартними;
- проведено оцінку зареєстрованої ЕКГ.

Згідно з теорією меридіанів, канал серця проходять так, як показано на рисунку 3.2. Канал серця проходить посередині на внутрішній стороні зап'ястя, точка перикарду – на внутрішній стороні зап'ястя, зліва, по лінії мізинця. Додатково було проведено виміри сигналу електричної активності серця з каналу меридіану легень. Точка, з якою проводилось вимірювання ЕКГл точно симетрична точці перикарду, але проходить по лінії великого пальця руки.

Ввиміри проводилися лише з першого відведення.

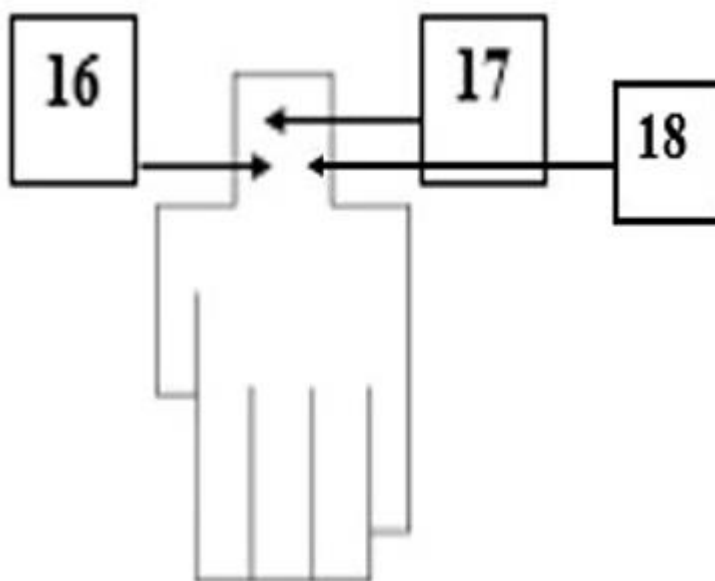


Рисунок 3.3 – Апарат комплексної діагностики та візуалізації тканини серця людини: 16 – точка меридіану перикарду, 17 – точка меридіану серця, 18 – точка меридіану легень

Згідно з отриманими даними проводимо порівняльний аналіз ЕКГ з ЕКГс та ЕКГп. У наступній таблиці наведені середні значення ЕКГ, ЕКГс та ЕКГп по різним віковим групам та наведено графіки амплітуди основних зубців. Також наведено середні значення ЕКГл по різним віковим групам та наведено графіки амплітуди основних зубців.

Встановлено, що в порівнянні зі стандартною методикою при знятті потенціалів з точок каналів легенів, перекарду та серця потенціали здебільшого зростають, що може говорити про те, що електричні імпульси дійсно протікають по певних меридіанах. У таблиці 3.7 наведена різниця середніх значень ЕКГ та

ЕКГс, ЕКГп, ЕКГл.

Таблиця 3.7

Дані		Амплітуда Р, мВ	Амплітуда R, мВ	Амплітуда Т, мВ	Інтервал PQ, с	Інтервал PRS, с	Інтервал ST, с
ЕКГ	18-24	0,46	2,38	1,4863	162,13	89,25	333,5
	50-71	0,65	2,435	1,5833	132,33	87,667	338,17
ЕКГс	18-24	0,6513	2,0225	1,475	162,13	89,25	33,5
	50-71	0,9183	2,225	1,65	132,13	87,667	338,17
ЕКГп	18-24	0,815	2,5875	1,785	162,13	89,25	333,5
	50-71	0,9967	2,57	1,8767	132,33	87,667	338,17
ЕКГл	50-71	0,3775	2,395	1,21375	162,125	89,25	333,5
	18-24	0,443	2,63	1,25	132,33	87,667	338,17

Серед характерних змін можна помітити зменшення амплітуди зубця R ЕКГс в порівнянні з ЕКГ, зменшення амплітуди зубця Т ЕКГл, в порівнянні з ЕКГ та зменшення амплітуди зубця Р ЕКГл, в порівнянні з ЕКГ. Загальна тенденція говорить про те, що електроди більш чутливі до зміни амплітуди електричного імпульсу, якщо знімати сигнали у певних точках. У середньому відбувається збільшення потенціалів на 0,06875 для зубця Р, 0,09264 для зубця Т та 0,09264 для зубця Т.

3.4 Розробка способу виміру електричної активності серця

Нами запропонований новий спосіб розширеної комплексної діагностики і візуалізації тканин серця людини, який включає контроль стану міокарда за допомогою електрокардіографії, реєстрацію в процесі кардіоциклу характеристики електрокардіограми та її аналіз, а також реєстрацію циклічної частоти обертання інтегрального електричного вектора в трьох площинах: фронтальній, сагітальній, горизонтальній [21].

Структурна схема даного методу наведена на рисунку 3.4.

Розширення функціональних можливостей електрокардіографа пропонується за рахунок створення принципово нових комплексних електродів, точки приєднання яких до першого відведення розміщують по черзі в зонах зап'ястя на сигнальних точках меридіанів каналу перикарда, серця та легенів. Такий підхід зможе дати більше можливостей для діагностики та відкриє нові можливості для встановлення правильного діагнозу.

На даний момент зняття електрокардіограми з каналів перикарду, легень та серця потребує почергової зміни розміщення електродів у місці зняття сигналу.

Це значно ускладнює роботу та сповільнює час, що витрачається на діагностику. У майбутньому з розвитком даної технології, можна припустити, що стандартні 12 каналні електрокардіографи будуть замінені на 14 каналні, де замість першого відведення загалом зніматиметься комплексний сигнал – ЕКГс (I) – сигнал з каналу меридіану серця, ЕКГп (I) – сигнал з каналу перикарду, та ЕКГл (I) – сигнал з каналу легень.

Також, враховуючи індивідуальні анатомічні особливості людей, важливим питанням є розробка універсальних зручних електродів, з регульованими контактами зняття сигналів. Так як правильність результатів даного методу у великій степені залежить від правильності розташування контактів дуже важливо, щоб електроди пристосовувалися до розмірів кожного окремого пацієнта.

На даний момент алгоритм зняття електрокардіограми з каналів перикарду, серця та легенів виглядає так:

1. на місці стандартних електродів підключаються створені комплексні електроди.
2. на місці контакту зі шкірою наноситься провідник
3. електроди підключаються рівно в точках зняття сигналів 4. відбувається запис сигналів

У перспективі розвитку даної технології також можливе створення окремого програмного забезпечення для аналізу сигналів, знятих з каналів меридіанів серця, перикарду та легень.

зубця R для ЕКГс та ЕКГп (0.19 мВ та 0.35 мВ для молодшої вікової групи та 0.27 мВ та 0.35 мВ для старшої вікової групи), та навпаки – зменшення лоя ЕКГл на 0.28 та 0.48 для молодшої та старшої вікових груп відповідно. Також характерним є зменшення амплітуди зубця R для ЕКГс – 0.35 мВ та 0.21 мВ відповідно для молодшої та старшої вікових груп. це може говорити про те, що електричні імпульси дійсно протікають по певних меридіанах.

Отриманні результати будуть в подальшому використанні для вдосконалення математичної моделі електрокардіографа та створення нових діагностичних та терапевтичних апаратів.

Актуальність вирішуваної проблеми підштовхує нас до продовження досліджень на дану тему та, з часом, створення принципово нового виду електрокардіографів – комплексних 14 канальних електрокардіографів, з можливістю зняття сигналів з каналів меридіанів перикарду, серця та легень.

ВИСНОВКИ

Швидкі темпи розвитку медицини та медичного приладобудування ставлять перед сучасними розробниками питання про підвищення якості і ефективності діагностики різноматніних захворювань. Серце-судинні захворювання є одними із найпоширеніших у світі, тому удосконалення існуючих електрокардіографів та пошук нових методів діагностики є актуальним завданням.

В роботі вирішено наступні задачі:

- проведено теоретичний аналіз електрокардіографії як методу дослідження електричних потенціалів серця;
- проведено аналіз сучасних способів реєстрації кардіограми;
- проведено огляд нових електродів для отримання сигналів з каналів серця та перикарду;
- проведено дослідження для отримання сигналів з каналів перикарду та серця.

Було проведено експеримент зі зняття електрокардіограми стандартним методом, та за допомогою функціональних електродів. Експеримент проходив за таким алгоритмом: спочатку проводилося вимірювання ЕКГ з використанням стандартних електродів (що входять в комплекс, який був використаний у даному дослідженні). Потім відбувався запис електрокардіограми протягом 2 хвилин. Основна задача полягала у отриманні 10 рівномірних кардіоциклів, задля подальшої статистичної обробки кількісних показників. Отримані дані було збережено у MS Excel. Другий етап включав в себе вимірювання ЕКГ шляхом вимірювання сигналів з каналу серця. До апаратного комплексу підключалися нові комплексні електроди, що вимірюються сигнали безпосередньо з каналів меридіанів перикарду та серця. На третьому етапі проводився запис ЕКГ безпосередньо з каналу перикарду. На четвертому – проводилося зняття електрокардіограми з каналу легень.

Вимірювання проведено в контрольній групі різних вікових категорій: старша та молодша вікова групи.

Аналіз отриманих ЕКГ здійснено наступним шляхом: було вимірено значення амплітуди зубців стандартної ЕКГ, ЕКГс, ЕКГп та ЕКГл. Було встановлено характеристичні точки, зроблено порівняння зареєстрованих ЕКГ зі стандартними. Усі виміри проводилися у першому відведенні.

Було встановлено, амплітуди основних зубців ЕКГ мають більші значення при знятті електрокардіограми з точок меридіанів. Це може свідчити про те, що електричний сигнал дійсно проходить по певних лініях тіла людини, що може слугувати підспір'ям для подальших досліджень у цій області.

Також встановлено, що інтервали серцевих скорочень при вимірах звичайної ЕКГ, та ЕКГс, ЕКГп та ЕКГл майже не відрізняються.

Розглянувши сучасні методики діагностики та проаналізувавши сучасний стан ринку медичних приладів було зроблено висновок, що існує попит у працівників сфери охорони здоров'я у нових універсальних методиках та нових діагностичних апаратах, що пропонують більшу кількість функцій та можливостей.

Запропонована методика полягає у можливості одночасного дослідження декількох сигнальних точок каналів меридіанів, що у свою чергу дасть можливість отримати більше інформації про роботу серця та покращити діагностику серцево-судинних захворювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електрокардіографія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://medterms.com.ua/publ/obstezhennja/e/elektrokardiografija/73-1-0-922>
2. Баранов. О.П. Основи ЕКГ для клініциста. / О.П. Баранов О.В. Струтинський // – Школа електрокардіографії - 2004. – 71 с.
3. Cardiac Arrhythmias [Електронний ресурс] // Textbook of Cardiology. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://www.textbookofcardiology.org/wiki/Cardiac_Arrhythmias.
4. Adhikari A. ECG: A Comprehensive Approach. / Adhikari A. // 1st ed. – New Delhi: Jaypee Brothers, 2020. – 350 p.
5. Thaler M. A. The ECG Made Easy. / Thaler M. A. // 9th ed. – London: Churchill Livingstone, 2020. – 208 p.
6. Shyang C. The meridian system and mechanism of acupuncture—A comparative review. Part 1: The meridian system / Chang Shyang. // 51. – 2012. – №4. – С. 506– 514.
7. Shyang C. The meridian system and mechanism of acupuncture—A comparative review. Part 2: Mechanism of acupuncture analgesia / Shyang. // 52. – 2013. – №1. – С. 14–24.
8. Electroacupuncture Preconditioning Improves Myocardial Infarction Injury via Enhancing AMPK-Dependent Autophagy in Rats Qing Zeng, He He, Xian-Bao Wang, Yu-Qing Zhou, Hong-Xin Lin, Zhi-Peng Tan, Shang-Fei He, Guo-Zhi Huang Biomed Res Int. 2018; 2018: 1238175. Published online 2018 Aug 6. doi: 10.1155/2018/1238175
9. Електропунктурна діагностика за методом І. Накатані [Електронний ресурс] // Медичний центр "Клініка сімейної медицини". –2016. Режим доступу до ресурсу: <https://ksm.dp.ua/News/Details?newsId=11078>.
11. Електропунктурна діагностика за методом Р.Фолля [Електронний ресурс] // Інститут травматології та ортопедії НАМН України – Режим доступу до ресурсу: <https://ito.gov.ua/poslugi/viddil-diagnostiki/elektropunkturna-diagnostika->

za-metodom-r.follya.html.

12. Абакумов В.Г. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів: навчальний посібник / В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко та ін. // Вінниця : ВНТУ, 2011. – 352 с.

13. Коломієць Р.О. Отримання та обробка біосигналів Навчальний посібник для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / Р. О. Коломієць, Т. М. Нікітчук, Д. С. Морозов. – Житомир: Житомирський державний технологічний університет, 2017. –232 с.

14. Терещенко М.Ф. Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко //Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. Електронний ресурс: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>.

15. Shyang C. The meridian system and mechanism of acupuncture: A comparative review. Part 3: Mechanisms of acupuncture therapies / Shyang. // Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology. 2013. – №52. – С. 171–184.

16. Soo-Byeong K. Development and Evaluation of a Bio-ion Measurement System on Acupoints for Meridian Diagnosis / K. Soo-Byeong, S. Tae-Min, L. Yong-Heum // Journal of Acupuncture and Meridian Studies Journal of Acupuncture and Meridian Studies. – 2013. – №6. – С. 110–118.

17. Effects of electroacupuncture on cardiac and gastric activities in acute myocardial ischemia rats [Електронний ресурс] // World J Gastroenterol. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2773335/>.

18. Вождаєнко А.Ю., Терещенко М.Ф., Стельмах Н.В. Моделювання реакції нервової системи людини в різних функціональних стана // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 4-5 грудня 2018 р, Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», — 2018. — с. 251-254

19. Батурін А.П., Терещенко М.Ф., «Реографічні показники біологічних тканин при дії ультразвуку» в Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-

практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 4-5 грудня 2018 р, Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», — 2018. — с. 243-246.

20. Матвієнко С. М. Вплив процесів конвекції в рідині на похибку вимірювання теплопровідності методом прямого підігріву термістора / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, А. М. Матвієнко // Наукові вісті НТУУ —КПІ. — 2017. — № 4. — С. 121–131. 25. Tymchik G. Investigation Thermal Conductivity of Biological Materials by Direct Heating Thermistor Method / G. Tymchik, S. Vysloukh, N. Tereshchenko, S. Matvienko. — 2018 IEEE 38th International Conference on ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY (ELNANO), April 24-26, 2018, – Kyiv, Ukraine. – pp. 429-434.

21. Грузинська О.Т., Терещенко М.Ф. Метод електрокардіологічного дослідження з розширеними функціями / Збірник праць XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. - 2019.-487 с., С. 298-301

22. Терещенко М.Ф. Біофізика: підручник / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.-444 с. ISBN 978-966-622-942-0 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27589>

23. Плакса Д.В., Терещенко М.Ф., Матвієнко С.М., «Моделювання та оцінка впливу надвисокочастотного випромінювання на біологічні тканини» , Вісник НТУУ «КПІ»: серія Приладобудування, -Вип. 56(2),– С.111-116, 2018.

24. Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.-288 с. ISBN 978-966-622-952-9 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>

25. Біофізика: метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму підготов. 6.0909 «Прилади», 7.090905 «Медичні прилади та системи» приладобудівного ф-ту Метод. вказівки Уклад. Терещенко М.Ф., Стельмах Н.В., Осадчий О..Біофізика: метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму підготов. 6.0909 «Прилади», 7.090905 «Медичні прилади та системи»

приладобудівного ф-ту , метод.вказівки К.: НТУУ «КПІ», 2008. -68 с.
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25650>

26. Генезис біосигналів: метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму підготов. 0909 «Прилади» спец. 8.090905 « Медичні прилади та системи» Терещенко М.Ф. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/26438>

27. Акустичні медичні прилади : метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму підготов. 6. 051003 «Приладобудування» Укл. Терещенко М.Ф., Г.С.Тимчик, В.Ю. Рудик,К.: НТУУ «КПІ», 2014. -124 с.
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2643>

28. Rudyk, V. Distribution of magnetic induction on inductors of the physiotherapy apparatus «МИТ-11Т» / V. Rudyk, M. Tereshchenko, T. Rudyk // Collected scientific papers «Perspective technologies and devices». – 2018, № 12 (1). – Р. 138 - 141. 40. Терещенко М. Ф., Чухраєв М. В., Курлянцева А. Ю., Кравченко А. Ю. Вплив ультразвуку терапевтичних інтенсивностей на кластерну структуру дистильованої води// Вісник НТУУ «КПІ» серія Приладобудування.- 2016, №51.– С. 126 – 131.

29. Терещенко М.Ф Оцінка впливу ультразвукового випромінювання на коагуляцію альбуміну / Терещенко М. Ф., Васько А. П., Чухраєв М.В., Шевченко В.В.//Вісник НТУУ «КПІ»: Серія приладобудування, Вип. 55(1)/ 2018 ,– С.132-137

30. Kyrylova, A., Tereshchenko, N., (2011) Estimation of ultrasound influence on biological tissue. XIII International PhD Workshop OWD 2011, Conference Archives PTETIS, (pp. 319—323). Wisla.

31. Терещенко М.Ф. Оцінка впливу ультразвукового сигналу на біологічні тканини / Терещенко М.Ф., Кирилова А.В. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування.-2010.-№39 .-С. 130-136.

32. Терещенко М. Ф. Дослідження параметрів впливу ультразвукового сигналу на біологічні структури / М. Ф. Терещенко, А. В. Кирилова // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2011. – №41. – С. 152-161.

33. Тимчик Г.С. Система температурного контролю в магнітотерапії / Г.С. Тимчик, М.Ф. Терещенко, В.Ю. Рудик // Вісник НТУУ «КПІ». Серія

приладобудування. – 2013. – № 1(87) – С. 111–116.

34. Терещенко М. Ф. Безконтактний тепловий контроль роботи магнітотерапевтичної апаратури / М. Ф.Терещенко, В. Ю. Рудик // XI Міжнар. науково-техн. конф. “Приладобудування 2012: стан і перспективи”, 24–25 квітня 2012 р. – К.: НТУУ “КПІ”. – 2012. с. 193 – 194.