

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# МАТЕРІАЛИ

III науково-практичної інтернет-конференції



**РОЗВИТОК  
ПРИРОДНИЧИХ НАУК  
ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ  
ДОСЯГНЕНЬ У  
МЕДИЦИНІ**

*м. Чернівці  
21 червня 2023 року*

електрофорезу та гальванізації є прогресивними та надзвичайно важливими для медицини, адже закладають у собі основну сучасного лікування - локалізація впливу медикаментів, що унеможлиблює виникнення побічних ефектів.

### Список використаної літератури та інформаційних джерел

1. Медична і біологічна фізика. Навчальний посібник під ред. А.Н.Ремізова 4-вид., випр. і доп. 2012.
2. Швець Є.А., Небесюк О.Ю., Ніконова З.А., Ніконова А.О. Біофізика. Навч.посібн. Запоріжжя. Видавництво ЗДІА. 2008.
3. Федів В.І., Олар О.І., Микитюк О.Ю., Боєчко В.Ф. Медична та біологічна фізика ч.2 Навч. посібн. Чернівці. Видавництво СПД Лівак. 2015.
4. Електрофорез-види, ефективне лікування, протипоказання. Режим доступу: <http://www.tiensmedru/news/electrophoresis-f4w.html>
5. Фізіологія. Навч. посібн. за ред. В.Г.Шевчука. вид. 2, випр. з допов.-Вінниця. Нова книга, 2015.
6. Гааль Е., Медьєші Г., Верецький Л. Електрофорез у поділі біологічних молекул. М., 2002.
7. Остерман Л.А. Методи дослідження білків та нуклеїнових кислот. Електрофорез та ультрацентрифугування. М., 2001.
8. Режим доступу: <https://zdr.com.ua/elektroforez/#korist>
9. Режим доступу: <https://vashvrach.com.ua/lekarstvennyj-elektroforez-uk/>
10. Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2337/elektroforez>
11. Медична та біологічна фізика: підручник для студентів медичних ВНЗ / Кнігавка В.Г., Зайцева О.В., Бондаренко М.А. та ін.; за ред. В.Г.Кнігавка. Харків: ХНМУ, 2013.
12. Режим доступу: <https://tsn.ua/lady/zdorovye/aktualnaya-tema/likuvannya-za-dopomogoyu-strumiv-komu-pokazaniy-ionoforez-galvanizaciya-ta-elektroforez-1968499.html>
13. Режим доступу: <https://onclinic.ua/uzhgorod/services/physiotherapy/elektroforez>
14. Режим доступу: <https://lhc.dn.ua/uk/fizioprotsedurnyi-kabinet/1360-elektroforez>
15. Режим доступу: <https://www.surgery-center.kiev.ua/elektroforez-i-drugie-metody-fizioterapii-lor-organov/>

УДК 616.12-072(075.8)

Остафійчук Д.І., Хребтій О.Я.

### ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КАРДІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНІ

*Буковинський державний медичний університет, Чернівці*

*[ostafiichukdmytro@gmail.com](mailto:ostafiichukdmytro@gmail.com) , [olhahrebtij@gmail.com](mailto:olhahrebtij@gmail.com)*

**Анотація.** У статті дано характеристику основних методів діагностики серцево-судинних захворювань. Серед них електрокардіографія, як діагностичний метод реєстрації біопотенціалів серця з аналізом стандартних електрокардіографічних відведень, ехокардіографія, як метод діагностики з використанням ультразвукових хвиль. Визначено роль методів векторкардіографії, балістокардіографії, динамокардіографії при комплексній діагностиці серцево-судинних захворювань. Проаналізовано магнітокардіографію та магніто-резонансну томографію, як одних з сучасних неінвазивних, багатоінформативних

методів діагностики. Виділено холтерівське моніторування ЕКГ, як прогресивний та дієвий метод реєстрації роботи серця за тривалий проміжок часу.

**Ключові слова:** діагностика, біопотенціал серця, електрокардіографія, магнітокардіографія, магніто-резонансна томографія, відведення.

**Вступ.** Стрімкий розвиток кардіології привертає увагу як методами лікування, так і засобами діагностики. Сучасна кардіологія володіє унікальними методами діагностики і лікування серцево-судинних захворювань. Серед основних методів можливо виділити такі як електрокардіографія, ехокардіографія, фонокардіографія, векторкардіографія, балістокардіографія, динамокардіографія, магнітокардіографія та магнітно-резонансна томографія.

**Електрокардіографія (ЕКГ)** – метод графічної реєстрації змін різниці потенціалів серця, що виникають під час процесів збудження міокарда. Сучасні електрокардіографи дозволяють здійснити як одноканальний, так і багатоканальний запис ЕКГ. Для багатоканального випадку синхронно реєструються кілька різних електрокардіографічних відведень (від 2 до 6-8), що значно скорочує період дослідження і дає можливість отримати точнішу інформацію про електричне поле серця [1]. Різниця потенціалів, що виникає на поверхні тіла при збудженні серця, реєструється за допомогою системи електродів, закріплених на різних ділянках тіла. Електричні коливання перетворюються на механічні зміщення якоря електромагніта і певним способом записуються на спеціальній паперовій стрічці, що рухається. Зараз використовують безпосередньо як механічну реєстрацію за допомогою легкого пера, до якого підводиться чорнило, так і тепловий запис ЕКГ за допомогою пера, яке при нагріванні відтворює відповідну криву на спеціальному тепловому папері. Стрічкопротяжні механізми у всіх сучасних електрокардіографах забезпечують рух паперу з різною швидкістю: 25, 50, 100 мм·с<sup>-1</sup> і т.ін. Найчастіше в практичній електрокардіології швидкість реєстрації ЕКГ становить 25 або 50 мм·с<sup>-1</sup>.

Зміни різниці потенціалів на поверхні тіла, що виникають під час роботи серця, записуються за допомогою різних систем відведень ЕКГ. Кожне відведення реєструє різницю потенціалів, яка існує між двома певними точками електричного поля серця, в яких встановлені електроди. Електрокардіографічні відведення відрізняються між собою, перш за все, ділянками тіла, на яких вимірюється різниця потенціалів. Електроди встановлюються в кожній з вибраних точок на поверхні тіла, один з електродів приєднують до позитивного полюсу гальванометра (позитивний або активний електрод відведення), другий електрод - до його негативного полюсу (негативний електрод відведення). У клінічній практиці найбільш широко використовують 12 відведень ЕКГ, запис яких є обов'язковим при кожному

електрокардіографічному обстеженні хворого: 3 стандартних відведення, 3 посилені однополюсних відведення від кінцівок і 6 грудних відведень [1,2]. Три стандартні відведення утворюють рівносторонній трикутник (трикутник Ейнтховена), вершинами якого є права і ліва руки, а також ліва нога з встановленими на них електродами. Гіпотетична лінія, що з'єднує два електроди, які беруть участь в утворенні електрокардіографічного відведення, називається віссю відведення. Осями стандартних відведень є сторони трикутника Ейнтховена. Перпендикуляри, проведені з геометричного центру серця до осі кожного стандартного відведення, ділять кожну вісь на дві рівні частини. Позитивна частина повернена у бік позитивного (активного) електрода відведення, а негативна - до негативного електрода. Якщо електрорушійна сила (ЕРС) серця в якийсь момент серцевого циклу проектується на позитивну частину осі відведення, на ЕКГ записується позитивне відхилення (позитивні зубці R, T, P), а якщо на негативну - на ЕКГ реєструються негативні відхилення (зубці Q, S, іноді негативні зубці T або навіть P). Для запису відведень електроди накладають на правій руці (червоного кольору) та лівій (жовтого кольору), а також на лівій нозі (зеленого кольору). Ці електроди попарно підключаються до електрокардіографа для реєстрації кожного з трьох стандартних відведень. Стандартні відведення від кінцівок реєструють попарно, підключаючи електроди: I відведення - ліва (+) та права (-) рука; II відведення - ліва нога (+) та права рука (-); III відведення - ліва нога (+) та ліва рука (-). Четвертий електрод встановлюється на правій нозі для підключення проводу заземлення (чорного кольору). Посилені відведення від кінцівок були запропоновані Гольдбергом в 1942 р. Вони реєструють різницю потенціалів між однією з кінцівок, на якій встановлений активний позитивний електрод даного відведення (права рука, ліва рука або нога) і середнім потенціалом двох інших кінцівок. Як негативний електрод у цих відведеннях використовують так званий об'єднаний електрод Гольдберга, який утворюється при з'єднанні двох кінцівок через додатковий опір. Таким чином, aVR – посилене відведення від правої руки; aVL – посилене відведення від лівої руки; aVF – посилене відведення від лівої ноги. Позначення посилених відведень від кінцівок походить від перших букв англійських слів: «a» - augmented (посилений); «V» - voltage (потенціал); «R» right (правий); «L» - left (лівий); «F» - foot (нога).

Грудні однополюсні відведення реєструють різницю потенціалів між активним позитивним електродом, встановленим у певних точках на поверхні грудної клітини та негативним об'єднаним електродом Вільсона. Цей електрод утворюється при з'єднанні через додаткові опори трьох кінцівок (правої та лівої руки, а також лівої ноги), об'єднаний потенціал яких близький до нуля (приблизно 0,2 мВ). Для запису ЕКГ використовують 6 загальноприйнятих позицій активного електрода на передній і бічній поверхні грудної

клітини, які в поєднанні з об'єднаним електродом Вільсона утворюють 6 грудних відведень: відведення  $V_1$  - у четвертому міжребер'ї по правому краю грудини; відведення  $V_2$  - у четвертому міжребер'ї по лівому краю грудини; відведення  $V_3$  - між  $V_2$  і  $V_4$ ; відведення  $V_4$  - у п'ятому міжребер'ї по лівій серединноключичній лінії; відведення  $V_5$  - на тому ж рівні по горизонталі, що і  $V_4$ , по лівій передній пахвовій лінії; відведення  $V_6$  - по лівій середній пахвовій лінії на тому ж рівні по горизонталі, що і електроди відведень  $V_4$  і  $V_5$ . Таким чином, найбільш поширеними є 12 електрокардіографічних відведень (3 стандартних, 3 посилені однополюсних відведення від кінцівок і 6 грудних). Електрокардіографічні відхилення в кожному з них відображають сумарну ЕРС всього серця, тобто є результатом одночасного впливу на дане відведення змінного електричного потенціалу в лівих і правих відділах серця, в передній і задній стінці шлуночків, у верхівці та основі серця [ 3, 4, 5, 6, 8].

**Ехокардіографія (ЕхоКГ).** Ультразвук - це високочастотний звук, що виходить за межі людського сприйняття. Частота звукової хвилі, яку може сприймати вухо людини, перебуває в діапазоні від 20 до 20 000 Гц, а ультразвук починається з 20 кГц та більше. Частоту ультразвуку в діапазоні 2,5-10 МГц зазвичай використовують для ультразвукового обстеження [1,2]. Ультразвукові хвилі мають такі характеристики як частота, довжина хвилі, амплітуда та швидкість поширення [7]. Швидкість поширення ультразвуку залежить від частоти і довжини хвилі і швидкість поширення ультразвуку (на будь-якій частоті) через воду та більшість тканин тіла становить приблизно 1540 м/с. У сучасних ультразвукових апаратах використовують датчики з 128-512 п'єзоелектричними кристалами, які здійснюють механічні вібрації у відповідь на дію електричних імпульсів. Частина хвиль поглинається тканинами та розсіюється, а невелика їх кількість відбивається від внутрішніх структур всередині тіла, що вловлює датчик. У результаті деформуються п'єзоелектричні кристали з утворенням електричного поля, що зумовлює утворення відображення [4]. Найінтенсивніше ультразвук відбивається на межі між тканинами з різною густиною. Чим більше відбилося променів, тим потужніше утворене електричне поле та яскравіше зображення структури на екрані. Так, елементи з високою відбивальною здатністю (кістки, епікард) на ехограмі матимуть білий колір, структури з низькою відбивальною здатністю (м'язи) - сірий, ті, що не відбивають ультразвук (повітря) - чорний колір відповідно. Розташування елементів, від яких відбився ультразвуковий промінь, на ехограмі залежить від часу затримки між надісланим та прийнятим ультразвуковим імпульсом [6]. Крім того, довжина ультразвукової хвилі обернено пропорційна її частоті. Тобто, чим вища частота, тим менша довжина хвилі та краща роздільна, але менша проникаюча здатність. Високочастотні датчики (5-7,5 МГц) використовують для ЕхоКГ у дітей. Чим нижча частота хвилі, тим більша її довжина та гірша

роздільна, але вища проникаюча здатність. Тому в ЕхоКГ дорослих використовують низькочастотні датчики (2,5-3,5 МГц) [5].

*Доплерівська ехокардіографія.* Доплер-ЕхоКГ визначає швидкість та напрямок руху рідин або тканин за принципом Доплера. В основі даного феномену лежить те, що частота звуку буде зміщуватися вище або нижче, коли хвиля генерується або відбивається від рухомого об'єкта [9]. Під час доплер-ЕхоКГ хвилі відбиваються від рухомих еритроцитів у серці чи кровоносних судинах. На зображенні ехокардіограми візуалізується графік, де по горизонтальній лінії вимірюється час в мілісекундах (мс), а по вертикальній лінії - швидкість кровотоку в метрах чи сантиметрах за секунду (м/с, см/с). При цьому потік, направлений до датчика, виглядає як графік вище, а потік від датчика - нижче нульової лінії [ 2,3, 10].

*Фонокардіографія (ФКГ)* – метод дослідження серця , що базується на реєстрації та аналізі звуків, які виникають при роботі серця за кардіоцикл. У даний час, не дивлячись на широке розповсюдження ультразвукових методів дослідження серця, ФКГ продовжує досить широко використовуватись, що пояснюється наступними перевагами: ФКГ – неінвазивний, безпечний метод, без протипоказань; нові інформаційні технології дозволяють розширити діагностичні можливості ФКГ; для ФКГ потребується відносно недороге обладнання [1, 2]. Для фонокардіографії використовують спеціальні пристрої – фонокардіографи, основними елементами конструкції яких є мікрофон, який перетворює звукові коливання в електричні; частотні фільтри поєднані з підсилювачами сигналів які надходять від мікрофону; пристрій реєстрації, який забезпечує запис коливань до 1000 Гц при швидкості протягу стрічки 50 та 100 мм/с. Використання різних типів мікрофонів (лінійного, стетоскопічного, логарифмічного) та лінійних фільтрів дозволяє для виділення діагностично важливих звукових феноменів, реєструвати звукові коливання як в практично повному та аускульованому, так і в спеціально обраному діапазоні частот. Запис виконують одночасно на різних частотних каналах реєстратора в низько-, середньо- та високочастотному діапазонах в синхронному режимі із записом ЕКГ. Звукові коливання, перетворені мікрофоном в електричні, підсилюються та передаються в систему частотних фільтрів, які виділяють зі всіх звуків ту або іншу групу частот та пропускають їх на різні канали реєстрації. Це дозволяє вибірково записувати низькі, середні та високі частоти звуків. Для чіткої передачі всіх коливань серцевих звуків, пристрій реєстрації повинен мати малу інерційність [11, 12]. Переважна кількість звукової енергії тонів серця знаходяться в діапазоні від 100 до 200 Гц. Пристрій повинен мати дуже високу чутливість, а також не вносити спотворень у сигнали які реєструються та не сприймати зовнішні шуми. Електричний сигнал переходить на підсилювач, задача якого, в свою чергу, не просто підсилити всі звуки в

однаковій степені, а в переважній більшості, підсилити слабкі високочастотні складові, адже саме вони відповідають серцевим шумам та, в меншій мірі, низькочастотні складові сигналу, які відповідають серцевим тонам. Фонокардіограф є пристроєм, який реєструє звукові процеси серця. Одночасно з ФКГ реєструють також ЕКГ, яка дає змогу чітко визначити систолічний та діастолічний інтервали [12,13].

**Векторкардіографія (ВКГ)** – метод дослідження серця, заснований, як і електрокардіографія, на реєстрації змін за серцевий цикл сумарного вектора електрорушійних сил серця, але в проекції його не на лінію (вісь відведення), а на площину. Векторкардіограма відображає взаємодію двох різниць потенціалів у вигляді вектора, що має певний напрям, залежний від орієнтації електричного поля серця, і розташування у площині, обумовленій даними відведеннями. Хід електричного збудження по міокарду відображається на ВКГ у вигляді трьох основних петель – Р, QRS і Т, позначених по їх відповідності зубців Р і Т і комплексу QRS електрокардіограми. ВКГ дозволяє уявити динаміку сумарних векторів передсердь і шлуночків серця за часом в тривимірному просторі. Аналізують ВКГ по максимальній довжині (максимальному вектору) і ширині петель, їх формі, кутах відхилення максимальних векторів від координатних осей площини реєстрації та іншим параметрам. Вони суттєво змінюються при гіпертрофії передсердь і шлуночків, блокадах серця, інфаркті міокарда [14].

**Балістокардіографія (БКГ)** - це реєстрація рухів тіла людини (краніально-каудальні напрямки), пов'язаних з серцевими скороченнями і переміщенням крові у великих судинах. Вона проводиться за допомогою індукційної котушки, тобто за рахунок електромагнітного датчика, сигнал з якого подається на електрокардіограф. БКГ дозволяє оцінити скоротливу здатність міокарда - в тому числі силу і координованість серцевого скорочення, обсяг і швидкість систолічного вигнання крові, заповнення кров'ю порожнин серця під час діастолі, дозволяє оцінити гемодинамічну функцію серця. Метод дозволяє оцінити реакцію з боку серця на дозоване фізичне навантаження [15]. На БКГ виділяють зубці, що відображають систолу передсердя (зубці F і G), систолу шлуночків (зубці H, I, J, K) і зубці, що відображають діастолу шлуночків (L, M, N). Зокрема зубець H-відображає фазу ізометричного скорочення, зубець I-фазу швидкого вигнання крові, зубець J-фазу повільного вигнання крові як результат удару крові при біфуркації аорти, зубець D-закінчення фази повільного вигнання, зубець L - фазу ізометричного розслаблення, зубець M - фазу швидкого наповнення шлуночків кров'ю, зубець N-фазу повільного наповнення кров'ю. Запис БКГ проводять при чутливості електрокардіографа 1мВ-5мм або 10мм. На БКГ найбільша амплітуда характерна для зубців I, J і K (систолічних зубців). Амплітуда сегмента ІJ залежить

від величини систолічного об'єму, швидкості вигнання крові, сили серцевого скорочення і амплітуди скорочення серця. Чим нижче сила серцевих скорочень, тим менше амплітуда зубців БКГ і, особливо, зубців I, J і K. При гіперфункції серцевого м'яза, наприклад, при систематичному фізичному навантаженні, амплітуда зубців БКГ зростає - це цілком нормальна реакція. Найбільш важливою ознакою нормального стану скорочувальної функції серця є співвідношення амплітуди сегмента IJ на вдиху і на видиху. На вдиху вона в нормі набагато більше, ніж на видиху (при затримці дихання). При патології, при зниженні скорочувальної діяльності серця ці дихальні коливання зникають. БКГ має важливе значення в діагностиці різних захворювань серця - при інфарктах міокарда, при міокардитах, при ішемічній хворобі серця (ІХС), а також для прогнозу стану скорочувальної функції пацієнта. Якщо у хворого, наприклад, з пороком серця, БКГ має всі ознаки норми, це свідчить про хороші компенсаторні можливості організму [2, 16].

**Динамокардіографія (ДКГ)** - метод дослідження механічних проявів серцевої діяльності, заснований на реєстрації переміщень центру тяжіння грудної клітки внаслідок серцевої кінематики та руху крові у великих судинах. ДКГ розроблена в 1951 р. під керівництвом Е. Б. Бабського. Динамокардіограф складається з тензометричного пристрою, що перетворює динамічні зміни в електричні сигнали (він вмонтований у кришку стола, на якому лежить досліджуваний) та підсилювально-реєструючої апаратури. За допомогою ДКГ реєструють переміщення центру тяжіння грудної клітки вздовж поздовжньої осі тіла та перпендикулярно їй. Поздовжня і поперечна динамокардіограми - складні криві, що складаються з ряду зубців, що позначаються латинськими літерами, та інтервалів, що позначаються римськими цифрами. Динамокардіограма виявляє характерні зміни діяльності серця при деяких серцевих захворюваннях та у поєднанні з електрокардіограмою дозволяє визначати фази серцевого циклу [2].

**Магнітокардіографія (МКГ)** — метод неінвазивного дослідження електрофізіології серця, що полягає у безконтактній реєстрації в точках простору над грудною клітиною людини і аналізі магнітного поля, породженого електричною активністю міокарда протягом серцевого циклу. Вимірювання надслабких магнітних полів, які виникають під час роботи людського серця, потребують дуже чутливої апаратури. Значного підвищення чутливості біомагнітних вимірювань було досягнуто з впровадженням СКВІД-магнітометрів, що працюють на основі стаціонарного ефекту Джозефсона за температури рідкого гелію. Починаючи з 1970 р., коли вперше було застосовано СКВІД-магнітометр [17, 18], процедура реєстрації МКГ стала доступною для проведення медичних досліджень та клінічної практики. Безпосереднім результатом попередньої обробки даних є 36



магнітокардіографічних кривих, а датчики їх отримання розташовані у точках спостереження — вузлах перетину прямокутної сітки, що має прив'язку до анатомічних орієнтирів грудної клітини. Таким чином на основі 36 синхронних усереднених МКГ-кривих за допомогою алгоритмів двовимірної інтерполяції будують «миттєві» (у межах 1 мс) карти розподілу магнітного поля. Далі за допомогою алгоритмів розв'язання «оберненої задачі» [19-21], еквііндукційні карти розподілу магнітного поля можна «перетворити» на відповідні миттєві карти розподілу векторів густини струмів (ВГС). На наступному етапі проводять аналіз динаміки виділених параметрів ВГС в обраних часових інтервалах кардіоциклу (QRS, ST-T) з довільним або заданим кроком у часі. Миттєві карти ВГС та набори таких карт протягом інтервалів кардіоциклу і є основним діагностичним зображенням та об'єктом аналізу в магнітокардіографії.

Фетальна магнітокардіографія – це неінвазивний метод дослідження серця плоду, з реєстрацією компонента магнітного поля, створюваного електричною активністю серця плоду. Зазвичай вимірюється та складова магнітного поля, яка перпендикулярна до живота матері. МКГ плода показує типові ознаки, які можна знайти на ЕКГ дорослих (тобто зубець Р, комплекс QRS і зубець Т). Щоб розрізнити патологічний плід від здорового, значення тривалості цих хвиль збирають у кількох дослідницьких групах. Ці тривалості можна використовувати як еталон. Вимірювання показують, що МКГ плодів з тяжкими вродженими вадами серця мають аномальну форму. Отже, фетальні МКГ можуть бути корисними для раннього внутрішньоутробного виявлення вроджених вад серця та прогресування захворювання. Магнітокардіографія також може бути використана для класифікації аритмій плоду [22, 23].

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) серця – метод діагностики, заснований на використанні однорідного магнітного поля. До основних переваг МРТ відносяться неінвазивність, нешкідливість (відсутність променевого навантаження), тривимірний характер отримання зображень, природний контраст від крові, що рухається, можливість оцінки швидкості і характеру руху крові, відсутність артефактів від кісткових тканин, високий м'якотканний контраст, можливість вивчення з допомогою парамагнітних контрастних засобів [2]. МРТ базується на явищі ядерно-магнітного резонансу. Якщо тіло, що знаходиться в постійному потужному магнітному полі, опромінити зовнішніми електромагнітними імпульсами, частота яких дорівнює частоті переходу між енергетичними рівнями ядер атомів, то ядра розпочнуть переходити у вищезташовані по енергії квантові стани. Інакше кажучи, спостерігається вибіркоче (резонансне) поглинання енергії електромагнітного поля. При припиненні впливу змінного магнітного поля виникає

резонансне виділення енергії у вигляді МР - сигналу. Цей сигнал подається на детектор, а потім на ЕОМ для аналізу. МР-зображення визначається трьома характеристиками: щільністю протонів (тобто концентрацією ядер водню), часом релаксації та швидкістю руху рідини. МРТ зображення отримується, в основному, завдяки аналізу часу релаксації. МРТ дослідження спирається на спроможності ядер інших атомів поводити себе як магнітні диполі. Цю властивість мають ядра, що містять непарне число нуклонів, що відрізняються не нульовим спіном і відповідним йому магнітним моментом. МРТ у порівнянні з рентгенівським і радіонуклідним методами, використовує промені дуже малої енергії. Вона на 19 порядків менша, ніж енергія, що використовується при рентгенівському і радіонуклідному методах [24, 26]. МР - томографи можуть створювати зображення розтину будь-якої частини тіла. При цьому іонізуюче випромінювання не використовується. Оскільки більшість сучасних МР-томографів налагоджені на реєстрацію радіосигналів атомів водню, МР-томограма являє собою картину просторового розподілу молекул, що містять атоми водню. Для клінічної МРТ використовуються поля силою від 0,1 до 2 Тл (в експерименті допускається використання 7 Тл). У клінічній практиці служба радіаційної безпеки забороняє застосування МР-томографів з полем більше 2,5 Тл [25, 27].

Холтерівське добове моніторування ЕКГ - це метод безперервної реєстрації роботи серця на ЕКГ за допомогою портативного пристрою впродовж доби та при звичайному способі життя з наступною розшифровкою отриманих записів. Апаратура, призначена для холтерівського моніторування, має бути забезпечена пристроєм для реєстрації, відтворення, аналізу і документування результатів. Можна виділити дві основні системи, які використовують для проведення моніторингу: традиційна, тобто з прискореним аналізом, і система аналізу в реальному масштабі часу [2]. Електроди, що застосовуються для реєстрації ЕКГ, мають відповідати певним вимогам: з одного боку, вони повинні забезпечити стабільний і якісний прийом сигналу, а з іншого — не викликати подразнення шкіри при тривалому контакті з нею. Найкращу і стабільну провідність мають електроди з хлориду срібла, у яких металевий центр з'єднаний зі шкірою через насичену провідним гелем губку. У класичних реєстраторах використовується магнітна стрічка, у цьому разі реєстратор виконує роль магнітофона, що носить під час дослідження пацієнт. Реєстратори використовують джерела постійного струму, батарейки або акумулятори. Швидкість руху стрічки у пристрої становить 1 мм/с. Після добового моніторування дані, зареєстровані на стрічці або в електронній пам'яті реєстратора, передаються на стаціонарний прилад, що дає можливість відтворення й аналізу ЕКГ. Стаціонарний прилад — це комп'ютер, що завдяки відповідній програмі надає такі можливості, як: відтворення добової ЕКГ; аналіз добової ЕКГ; різні форми подання і

документації добової ЕКГ; різні форми подання і документації результатів аналізу ЕКГ. Для місця накладання електродів обирається ділянка грудної клітки з найменшою рухливістю і невеликою кількістю підшкірної жирової клітковини і малою товщиною м'язів. Накладають електроди в місцях, де немає великих груп м'язів, щоб уникнути деформації сигналу під час звичайної активності пацієнта, скорочення м'язів, дихальних рухів [6, 28].

Отже, проаналізовані діагностичні методики дають можливість провести комплексне дослідження стану серцево-судинної діяльності, провести аналіз порушень та своєчасно виявити недоліки в роботі серця та в подальшому провести необхідну терапію.

### Список використаної літератури:

1. Керівництво з кардіології / за ред. В. М. Коваленко. К.: МОРИОН, 2008. С. 244-247.
2. Сучасні додаткові методи обстеження серцево-судинної системи: навчальний посібник / Ю. М. Мостовой, Л. В. Распутіна, О. Г. Обертинська та ін.; за ред. проф. Ю. М. Мостового. Львів: Видавець Марченко Т. В., 2022. С. 122-133.
3. Поташев С. В. Сучасна тканинна доплерографія в клінічній практиці: можливості та сфери використання. *Серцева недостатність*. 2011, №2. С. 2-13.
4. Мостовой Ю. М. Распутіна Л. В., Діденко Д. В. Ехокардіографія в практиці сімейного лікаря (Основи методу та діагностична цінність) *Здоров'я України*. 2015. Т. 17, № 366. Режим доступу: <https://health-ua.com/article/5045-ehokardografya-v-praktitc-smejnego-lkarya-osnovi-metodu-ta-dagnostichna-tcn>
5. Іванів Ю., Оришин Н. Клінічна ехокардіографія. Київ: Четверта хвиля, 2020. 307 с.
6. Целуйко В. Й. Курс лекцій з клінічної кардіології. Київ, 2020. 591 с.
7. Gritsenko O. V., Chumakova G. A., Trubina E. V. Features of speckle tracking echocardiography for diagnosis of myocardial dysfunction. *Cardiosomatics*. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 5-10. DOI: 10.26442/22217185.2021.1.200756
8. Schwarzwald CC. Equine Echocardiography. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 2019 Apr; 35(1):43-64. doi: 10.1016/j.cveq.2018.12.008.
9. Mohamed AA, Arifi AA, Omran A. The basics of echocardiography. *J Saudi Heart Assoc*. 2010 Apr; 22(2):71-6. doi: 10.1016/j.jsha.2010.02.011.
10. Режим доступу: <https://ecgwaves.com/topic/doppler-effect-and-doppler-studies-in-echocardiography/>
11. Judy R. Mangion, 2 - M-Mode Imaging, Editors: Scott D. Solomon, Justina C. Wu, Linda D. Gillam, *Essential Echocardiography*, Elsevier, 2019, P. 16-26.
12. Е. В. Блинова, Т. А. Саханова, Е. С. Юрасова, А. Е. Комлев, Т. Э. Имаев. Фонокардиография: новые возможности в свете цифровых технологий. *Кардиологический вестник*. 2018; 13(2): С. 15-18.
13. Краснов Л. А. Фонокардиография. Технические средства электронной и компьютерной диагностики в медицине. X. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. инт». 2013. 64 с.
14. Юрасова Е. С., Блинова Е. В., Саханова Т. А. К истории векторкардиографии. *Терапевтический архив*. 2022.
15. Руководство по кардиологии, под ред. Е.И. Чазова, т. 2, с. 110, М., 1982.
16. Quesada O, Shandhi MMH, Beach S, et al. Use of Ballistocardiography to Monitor Cardiovascular Hemodynamics in Preeclampsia. *Womens Health Rep (New Rochelle)*. 2021;2(1):97-105.
17. Baule G., McFee R. Detection of the magnetic field of the heart. *American Heart Journal*. 1963. 66(1): 95-96. DOI: [https://doi.org/10.15407/10.1016/0002-8703\(63\)90075-9](https://doi.org/10.15407/10.1016/0002-8703(63)90075-9)
18. Cohen D., Edelsack E.A., Zimmerman J.E. Magnetocardiograms taken inside a shielded room with a superconducting point-contact magnetometer. *Appl. Phys. Lett*. 1970. 16(7): 278-280. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.1653195>
19. Primin M., Nedayvoda I. Mathematical model and measurement algorithms for a dipole source location. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*. 1997. 8(2): 119-131.
20. 8. Primin M., Nedayvoda I. Inverse problem solution algorithms in magnetocardiography: new analytical approach and some results. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*. 2009. 29(2): 65-81. DOI: <https://doi.org/10.3233/JAE-2009-1001>

21. 9. Primin M.A., Nedayvoda I.V. A Method and an Algorithm to Reconstruct the Spatial Structure of Current Density Vectors in Magnetocardiography. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2017. 53(3): 485–494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10559-017-9950-6>
22. Hailer B., Chaikovsky I., Auth-Eisernitz S., Schäfer H., Steinberg F., Grönemeyer D.H.W. Magnetocardiography in CAD with a new system in an unshielded setting. *Clinical Cardiology*. 2003. 26(10): 465–471. DOI: <https://doi.org/10.1002/clc.4960261007>
23. Wacker-Gussmann A, Strasburger JF, Wakai RT. Contribution of Fetal Magnetocardiography to Diagnosis, Risk Assessment, and Treatment of Fetal Arrhythmia. *J Am Heart Assoc*. 2022;11(15):e025224. doi:10.1161/JAHA.121.025224
24. Wang TKM, Ayoub C, Chetrit M, et al. Cardiac Magnetic Resonance Imaging Techniques and Applications for Pericardial Diseases. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2022; 15(7):e014283. doi:10.1161/CIRCIMAGING.122.014283
25. Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной полости. ЭЛБ-СПб., 2003. 371 с.
26. Федьків С.В. Магнітно-резонансна томографія як сучасний метод візуалізації в кардіології. *Серцева недостатність*. 2013. № 2. С. 5-13.
27. Силян А.Ю., Лесняк В.Н. Магнітно-резонансна томографія серця в клінічній практиці. *Клінічеська практика*. 2013. № 1. С. 67-76.
28. Tseluiko, V. I., & Radchenko, O. V. (2016). Холтерівське моніторування в діагностиці порушень ритма і провідності серця. *Ліки України*, (5-6(201-2)), 22–35. [https://doi.org/10.37987/1997-9894.2016.5-6\(201-2\).204729](https://doi.org/10.37987/1997-9894.2016.5-6(201-2).204729)

УДК 577.3:004.93

Остафійчук Д.І. , Ралик Д.М. , Касянюк В.О.

БІОМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ (новітні дослідження в медицині)

Буковинський державний медичний університет, Чернівці

[ostafiichukdmytro@gmail.com](mailto:ostafiichukdmytro@gmail.com) , [ralyk1929.med@bsmu.edu.ua](mailto:ralyk1929.med@bsmu.edu.ua) ,

[kasyanyukvlad5.med@bsmu.edu.ua](mailto:kasyanyukvlad5.med@bsmu.edu.ua)

**Анотація:** В статті оглядово визначено новітні дослідження в медицині, які значно якісно покращують біомедичні, діагностичні, лабораторні методи діагностики, виділено роль необхідних технологій в експертній оцінці функціональних порушень опорно-рухової та нервової системи; визначено роль методу біоімпедансного аналізу при виявленні та диференціації меланомних захворювань шкіри; відмічено вплив ультразвукового випромінювання у вдосконаленні методики фізіотерапевтичного впливу на біотканину; охарактеризовано метод реографії, як ефективний метод діагностики стану кровонаповнення органу чи судин; відмічено ефективність поєднання методів спекл-інтерферометрії та проточної цитометрії для аналізу характеристик крові людини.

**Ключові слова:** Спекл-інтерферометрія, проточна цитометрія, лазери, реографія, коагуляція, ультразвук, біоімпедансометрія, біомеханіка, біомедичні технології.