

УДК 616.12-008.3-073.96-071-072.7

**В.К. Тащук, О.С. Полянська, П.Р. Іванчук, С.І. Гречко, Т.М. Амеліна**

*Кафедра внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини (зав. – проф. В.К. Тащук) ВДНЗ України “Буковинський державний медичний університет”, м. Чернівці*

## **ЕЛЕКТРОКАРДИОГРАФІЯ: КЛІНІЧНІ МОЖЛИВОСТІ І ДОСЯГНЕННЯ В ІСТОРІЧНОМУ АСПЕКТІ**

---

**Резюме.** Історія розвитку електрокардіографії розглянута через призму видатних імен і подій та не обмежується тільки прізвищем Нобелівського лауреата В. Ейнтховена. Сучасні методи діагностики ЕКГ – це поєднання якісної і кількісної оцінки результатів.

**Ключові слова:** електрокардіографія, серцево-судинні захворювання, історія.

---

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) визначені епідемією ХХ століття, тенденція зберігається й у ХХІ столітті, в Україні смертність від ССЗ становить 66,5% всіх випадків [1]. Метод електрокардіографії (ЕКГ) залишається вже понад століття простим і неінвазивним, дешевим і загальнодоступним для скринінгу несприятливих подій при кардіальних захворюваннях [2]. Доцільним є пошук новітніх методик реєстрації і аналізу ЕКГ [3-5]. Увагу спеціалістів приваблюють альтернативні підходи до аналізу ЕКГ, одним з яких є метод відображення ЕКГ у фазовому просторі координат [6]. Дослідження в Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій і систем НАН України і МОН України (МНН-ЦІТІС) свідчать про доцільність подальшої розробки технології реєстрації і обробки ЕКГ у фазовому просторі координат, а аналіз форми хвилі зубця Т у фазовому просторі координат підвищує чутливість і специфічність ЕКГ-обстеження [1]. Клінічне значення симетрії хвилі Т в діагностиці ішемії міокарда та оцінки ГЛШ вперше продемонстровано Э.Ш. Халфеном, Л.С. Сулковской (1978) [7] та в подальшому досліджувалось в Інституті кардіології ім. акад. М.Д. Стражеска [8]. А отже визначення історії, сьогодення, кількісних і якісних можливостей такого простого метода діа-

гностики, скринінгу і об'єктивізації стану, як ЕКГ – є надзвичайно актуальним.

Історія електрокардіографії залишається надзвичайно цікавою і тривалою та не обмежується тільки прізвищем Нобелівського лауреата В. Ейнтховена, як доводить проведений літературний аналіз [9, 10].

Початок історії ЕКГ слід віднести до 1600 року, коли William Gilbert (рис. 1), лікар королеви Єлизавети, запровадив термін “*electrica*” (від грецького *electra* – бурштин). Потім (1660 р.) Otto Von Guericke (рис. 2) запроваджує перший генератор статичної електрики. До історії ввійшов і Jan Swammerdam (рис. 3), котрий 1668 р. відписує князю Tuscanu про ритміку м'язів жаби при контакті срібного і мідного дротів. У 1729 р. дослідження продовжує Stephen Gray (рис. 4) з концепцією проведення імпульсів вологим дротом з конопель на відстань 150 м, у подальшому також заміненим на мідний.

Місто Лейден (Голландія) увійшло до історії ЕКГ завдяки Pieter van Musschenbroek (рис. 5), котрий запропонував ідею конденсатора з цвяха, корка і банки. В подальшому Jean-Antoine Nollet (1746 р.), наведений на рисунку 6, пересилає електричний струм за допомогою банки Лейдена через 180 цісарських гвардійців для короля Людо-

віка XV. А John Walsh (рис. 7) в 1773 р. описує електричний струм від вугра. Все це і дозволило, врешті-решт, Luigi Galvani (рис. 8) в 1780 р., а потім Hans Oerstad (1819 р.) запропонувати ідею вза-

ємодії нерва і скальпеля, нервово-м'язового апарату і електродинамомашини, а отже ідея гальванометра – була сформована база для реалізації ідеї електрореєстратора.



Рис. 1. Вільям Гіль-берт – англійський фізик і лікар



Рис. 2. Отто фон Геріке – німецький фізик і філософ



Рис. 3. Ян Сваммер-дам – голландський натураліст



Рис. 4. Грей Стефен – англійський фізик

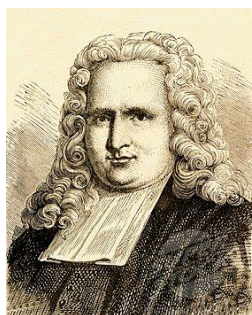


Рис. 5. Пітер ван Мушенбрук – творець “лейденської банки”

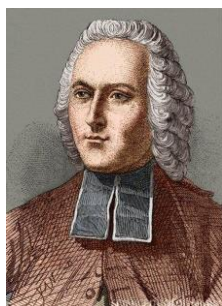


Рис. 6. Жан Антуан Нолле – французький священик і фізик



Рис. 7. Джон Уолш, секретар лорда Клайва і натураліст



Рис. 9. Луїджі Гальвані – італійський лікар, один із засновників електрофізіології

У боротьбу з L. Galvani вступає Alessandro Volta (рис. 10) – за принципом визначення електрики лише за металевого походження і неможливості існування струму в живому організмі, який проте створив колони цинк/мідь, цинк/срібло з картонними і сольовими прокладками. Не можна оминати увагою і літературне оспівування ідеї. Так, Мері Шеллі (уроджена Мері Уолстонкрафт Годвін) – англійська письменниця, відома як дружина поета-романтика Персі Шеллі, подруга лорда Байрона, як автор книги “Франкенштейн або Сучасний Прометей” (1818 р.) створює есе “Frankenstein” (рис. 11) з ідеєю впливу електрики на відновлення життєдіяльності страченої людини. Триває створення електромагнітної концепції. У 1820 р. Johann Schweigger (рис. 12) пропонує загорнутий мідний дріт, як підсилювач електрики, а отже – і перший гальванометр, що підтверджено видатним вченим Michael Faraday. Не зали-

шаються осторонь фізіологи. 1842 р. Carlo Matteucci (рис. 13) описує електричні зміни залежно від серцевої активності.

Emil Dubois-Reymond (1843 р.) описує “потенціал дії” – електричний струм м'язового скорочення зі створенням найчутливішого гальванометра того часу з використанням мідного дроту, як наведено на рисунку 15. У цей же період в 1845 р. Purkinje (рис. 14) доручає Palicke вивчення незвичайних м'язових клітин у серці вівці і висуває ідею про розгалуження провідної системи серця. Нарешті, прорив електрофізіології пов'язується з відкриттям Marey (1876 р.) електрометра для дослідження електричної активності серця жаби, а 1878 р. John Burden Sanderson (рис. 18) і Frederick Page записують електричну активність серця капілярним електрометром.

Завдяки цьому, британський фізіолог Augustus D. Waller (рис. 19) з Медичної школи St



Рис. 10. Граф Алессандро Вольта – італійський фізик, хімік і фізіолог, один із засновників вчення про електрику

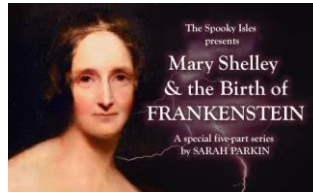


Рис. 11. Мері Шеллі – англійська письменниця

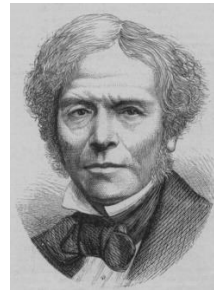


Рис. 12. Йоганн Швейгер – німецький хімік, фізик і професор математики та Майкл Фарадей – англійський фізик-експериментатор і хімік



Рис. 13. Карло Маттеуччі – італійський фізик і державний діяч



Рис. 15. Еміль Генріх Дюбуа-Реймон – німецький фізіолог, філософ, іноземний член-кореспондент Петербурзької АН



Рис. 14. Ян Евангеліста Пуркіне (також Пуркінє) – чеський фізіолог, анатом, політик, педагог

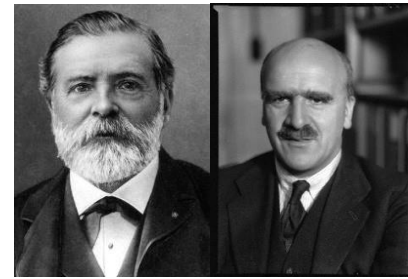


Рис. 18. британські фізіологи Джон Бурдон Сандерсон і Фредерік Пейдж

Mary's (Лондон) 1887 р. надрукував перше відображення електричної активності серця людини, зареєстрованої капілярним електрометром Thomas Goswell. У цей час (1876 р.) репортери відмічають присутність голландського фізіолога Willem Einthoven на презентації Augustus D. Waller з участю собаки Jimmy, яка стоїть у скляних банках із сольовим розчином [11], а вже 1893 р. Willem Einthoven пропонує запровадити термін "ЕКГ" на засіданні Dutch Medical Association.

Людина цікавої долі, Віллем Ейнтховен (рис. 20) народився в місті Семаранг на острові

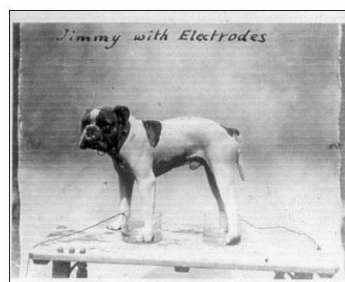


Fig. 3: Waller's dog, Jimmy, connected for electrogram with feet in saline.

Рис. 19. Augustus Waller (1876, St. Mary's Hospital, London) та собака "Джиму", яка стоїть у скляних банках з сольовим розчином

Ява (Нідерландська Східна Індія, нині – Індонезія) третім із шести дітей у сім'ї лікаря Іакова Ейнтховена і Луїзи Ейнтховен (де Вогель). Після повернення 1870 р. до міста Утрехт (Нідерланди) і закінчення школи Ейндховен вступає до медичного факультету Утрехтського університету, а в 1885 р. захищає дисертацію, присвячену проведенню стереоскопії за диференціації кольорів, і отримує докторський ступінь.

У віці 25 років Ейнтховена призначено на посаду професора фізіології Лейденського університету. Після відвідування дослідів Augustus



Prof. W. Einthoven.



Рис. 20. Віллем Ейнтховен – нідерландський фізіолог, засновник електрокардіографії, сконструював прилад для реєстрації електричної активності серця, вперше використав електрокардіографію з діагностичною метою, отримав Нобелівську премію з фізіології та медицини за 1924 р

D. Waller B. Ейнтховен упродовж 6 років розробляє струнний гальванометр, що складається з тоненького кварцового дроту, який утримується напруженою в магнітному полі та записує коливання електроденсностей. Бар'єр подолано, відкриття ідуть безперервно.

Так, у 1895 р. Віллем Ейнтховен використовує покращений електрометр і записує 5 зубців – PQRST (P – друга частина алфавіту, QRST – Декартові координати – O ..... X), 1901 р. – демонструє струнний гальванометр, який важить 600 фунтів (240 кг), 1902 р. – публікує першу ЕКГ, що зареєстрована струнним гальванометром, у 1903 р. демонструє здоровий підприємницький глузд і обговорює комерційний випуск струнних гальванометрів разом з Max Edelmann, а отже – ідея набула реального впровадження в практику (рис. 21). Історії відомо прізвище першого покупця промислової версії апарату Einthoven-Edelmann, що відбулося 1908 р., коли Edward Schafer з університету Edinburgh придбав струнний гальванометр для клінічного використання.

У 1905 р. Ейнтховен, по суті, формує передумови для телекардіографії і майбутньої амбулаторної фіксації ЕКГ, зареєструвавши ЕКГ у власному будинку на відстані 1,5 км від госпіталю Лейдена, та надає опис гіпертрофії шлуночків і передсердь, демонструє хвилю U, екстрасистолію, шлуночкову бігемінію, тріпотіння передсердь, блокади.

Так закінчується “десятиріччя монополії Ейнтховена”, і лише у 1909 р. D.F. Nicolai, A. Simons описують ознаки ЕКГ при стенокардії, а у 1911 р. Thomas Lewis друкує першу класичну мо-

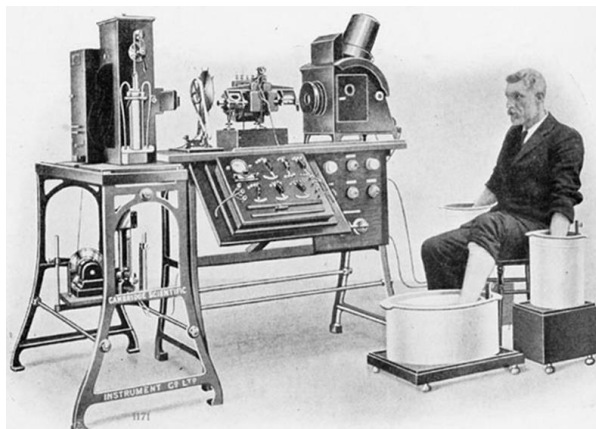


Рис. 21. Willem Einthoven з Max Edelmann (1901) та створеним струнним гальванометром (240 кг)

нографію “The mechanism of the heart beat” (рис. 22), що не заважає Ейнтховену створити поняття про “трикутник Ейнтховена”.

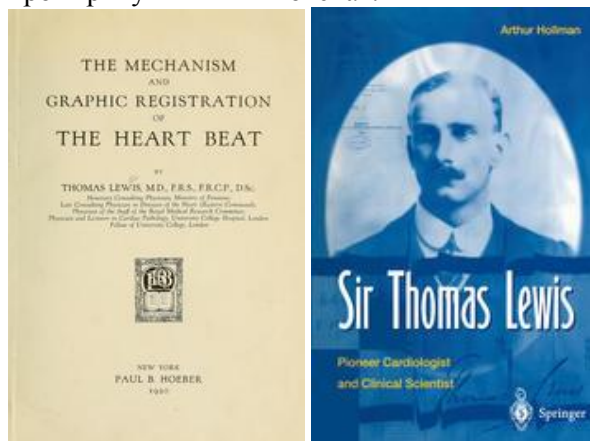


Рис. 22. Thomas Lewis і обкладинка монографії “The mechanism of the heart beat” (1911)

У 1886 р. Ейнтховен одружився зі своєю кuzиною Фредерікою Жанною Луїзою де Вогель (рис. 23). У сім'ї народилися три доньки і один син. Остання робота Ейнтховена, опублікована посмертно, була присвячена струмам дії серця. Помер у Лейдені 28 вересня 1927 р.



Рис. 23. Сидячи – Віллем Ейнтховен і його дружина (1924). Стоячи – сестра його дружини

Людство гідно оцінило надбання Ейнтховена – у 1924 р. він отримує Нобелівську премію за відкриття ЕКГ.

Незважаючи на велике відкриття київського професора В.П. Образцова і доцента М.Д. Стражеска (академіку М.Д. Стражеску в 2010 р. виповнилося б 100 років), лише у 1920 р. Harold Pardee з міста New York реєструє першу ЕКГ при гострому інфаркті міокарда (ГІМ) [12], як наведено на рисунку 24.

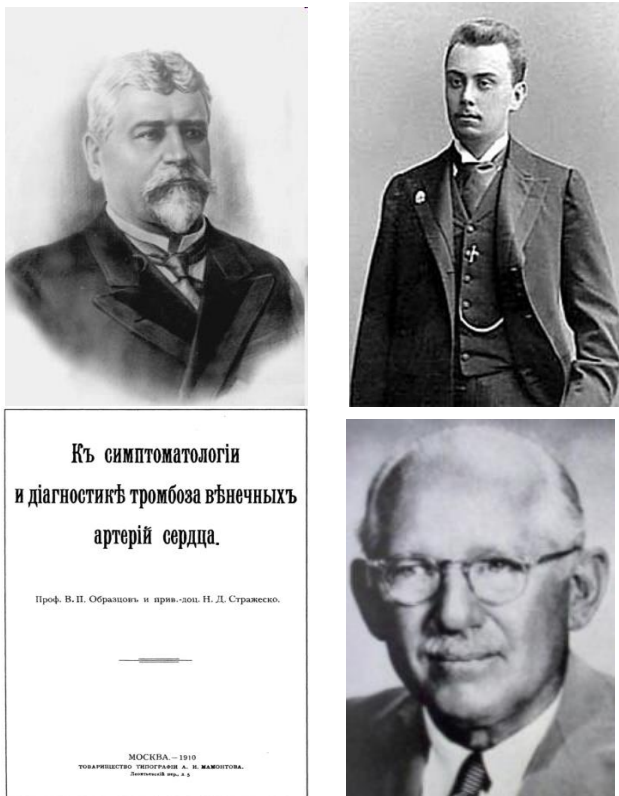


Рис. 24. В.П. Образцов і М.Д. Стражеско 2010 року вперше клінічно діагностують гострий інфаркт міокарда. Harold Ensign Bennet Pardee (1920) – перша реєстрація ЕКГ при інфаркті міокарда

Надалі прогрес ЕКГ пов’язується з прізвищами L. Wolff, J. Parkinson, P.D. White (1930 р.), які репрезентують синдром WPW (Paul Duddle White – спортсмен зі скороченим PQ і аритмією, ще 6 випадків становив архів, до якого John Parkinson додає ще 5 випадків), що наведено на рисунку 25.

Продувжуються дискусії з створення стрес-тестів – Charles Wolferth і Francis Wood, які 1931 р. зазначали про небезпеку провокаційних ЕКГ-тестів стенокардії, а S. Goldhammer і D. Scherf (1932 р.), навпаки, підтримали і запропонували провокаційні стрес-тести при стенокардії.

Триває формування системи реєстрації ЕКГ, у 1934 р. N.F. Wilson описує підсилені відведення

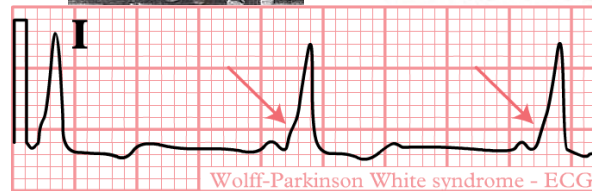


Рис. 25. L. Wolff, J. Parkinson, P.D. White

VR, VL і VF з індиферентним електродом, у 1938 р. American Heart Association і Cardiac Society of Great Britain описують стандартну позицію ЕКГ і систему V1-6.

У подальшому Emanuel Goldberger збільшує вольтаж Wilson’s уніполярних відведень на 50% і створює систему aVR, aVL в aVF, а отже – сформовано систему реєстрації 12 відведень ЕКГ.

Іншими словами, ЕКГ-апарат фіксує на папері/екрані величину проекції електрорушійної сили серця на яке-небудь відведення.

Сучасна стандартна ЕКГ записується в 12 відведеннях:

- 3 стандартних відведення (I, II, III),
- 3 посилених відведення від кінцівок (AVR, AVL, AVF),
- 6 грудних відведення (V1, V2, V3, V4, V5, V6).

1) Стандартні відведення (запропонував Ейнтховен в 1913 році).

- I - між лівою рукою і правою рукою,
- II - між лівою ногою і правою рукою,
- III - між лівою ногою і лівою рукою.

Найпростіший (одноканальний, тобто в будь-який момент часу записуючий не більше 1 відведення) кардіограф має 5 електродів: червоний (накладається на праву руку), жовтий (ліва рука), зелений (ліва нога), чорний (права нога) та грудний (присоска). Чорний електрод позначає “землю” і потрібен з метою безпеки для заземлення (рис. 26).

2) Посилені відведення від кінцівок (запропонувані Гольдбергером в 1942 році).

Використовуються ті ж самі електроди, що і для запису стандартних відведень, але кожен з електродів по черзі з’єднує відразу 2 кінцівки, і виходить “об’єднаний електрод Гольдбергера”. На практиці запис цих відведень проводиться

простим перемиканням тумблера на одноканалному електрокардіографі (тобто електроди переставляти не потрібно).

- aVR – посилене відведення від правої руки (скорочення від “augmented voltage right” – посилений потенціал справа);
- aVL – посилене відведення від лівої руки (left – лівий);
- aVF – посилене відведення від лівої ноги (foot – нога).



Рис. 26. Сучасний стандартний ЕКГ і принципи реєстрації

3) Грудні відведення (запропоновані Вільсоном в 1934 році) записуються між грудним електродом і об'єднаним електродом від усіх 3-ох кінцівок. Точки розташування грудного електрода знаходяться послідовно по передньо-боковій поверхні грудної клітини від середньої лінії тіла до лівої руки (рис. 27).

V1 – в IV міжребер'ї по правому краю грудни.

V2 – напроти V1 по лівому краю грудни.

V3 – між V2 і V4.

V4 – на рівні верхівки серця в V міжребер'ї.

V5 – в V міжребер'ї між V4 і V6.

V6 – по лівій середньопахвовій лінії на рівні верхівки серця.

Розвиток уявлень про ЕКГ з 1949 р. є неможливим без прізвища Norman Jeff Holter (Montana), який створює 75-фунтовий (30 кг) рюкзак з апаратним забезпеченням реєстрації ЕКГ – розпочинається ера амбулаторного моніторингу за методом Холтера (рис. 28).

Також тривають фундаментальні досліджен-

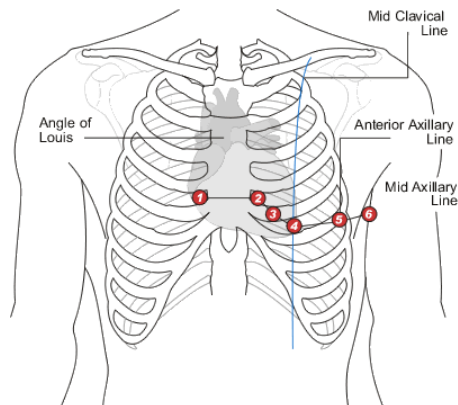


Рис. 27. Місцезнаходження 6 грудних електродів при записі ЕКГ

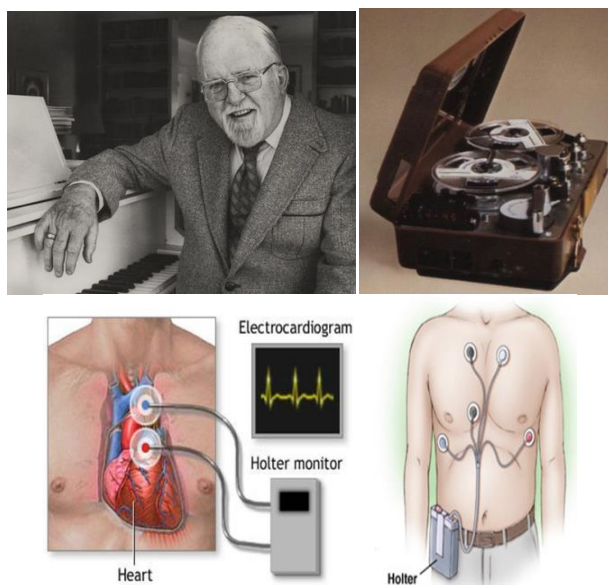


Рис. 28. Норман Джеффері (“Джефф”) Холтер – американський інженер, винахідник, фізик, хімік, перший холтерівський монітор реєстрації ЕКГ, сучасні принципи

ня. Так, у 1942 р. Anton Jervell і Fred Lange-Nielsen (Oslo) запроваджують автосомно-рецесивний синдром Jervell-Lange-Nielsen з глухотою і раптовою серцевою смертю, 1959 р. Myron Prinzmetal описує варіантну стенокардію з елевациєю сегмента ST, у 1960 р. F.H. Smirk і D.G. Palmer видають нарис про фібриляцію шлуночків за феномену “R на T”, 1961 р. T. James описує додатковий шлях, а B. Lown – синдром слабкості синусового вузла, в 1963 р. італійський і ірландський педіатри Chroming і O’Conor Ward представляють автосомно-домінантний синдром Romano-Ward, у 1963 р. Robert Bruce запроваджує “мультисходиноквий” тредміл-тест з “протоколом Брюса”, в 1966 р. Francois Dessertenne вперше акцентує, як причину смерті, розвиток “torsade de pointes” із шлуночковою тахікардією.

Наступний прорив ЕКГ технологій пов'язується з наближеним до нас часом, коли в 1992 р. R.J. Cohen пропонує неінвазивне картування серця, Pedro Brugada і Josep Brugada (рис. 29) описують комбінацію блокади правої ніжки пучка Гіса, ST елевації у відведеннях V1-V3 у вигляді раптової смерті – синдром Бругада.

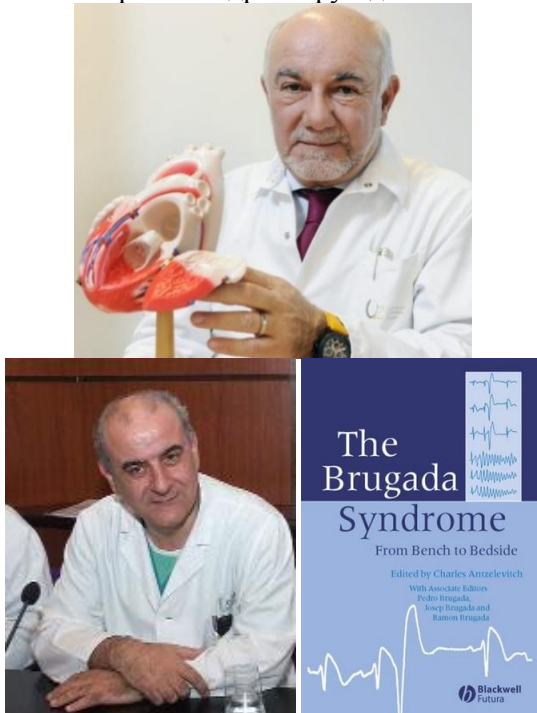


Рис. 29. Автори “синдрому Бругада” Pedro Brugada і Josep Brugada

А отже метод ЕКГ завдяки своєму інтегральному підходу у діагностиці терапевтичного хворого залишається надзвичайно актуальним.

В Європейських і Американських рекомендаціях триває обговорення методу. Так, визначено ішемію в якості горизонтальної/косонизхідної депресії або елевації сегмента ST  $\geq 1$  мм (0,1 мВ) тривалістю  $\geq 60$ –80 мс після QRS комплексу, особливо коли ці зміни супроводжуються грудним болем.

За використання ЕКГ у діагностиці стабільної стенокардії зазначається можливість початкової оцінки ЕКГ спокою при відсутності болю (клас доказів IC), покращується для початкової оцінки ЕКГ спокою при епізоді болю (клас доказів IB), менш інформативна для рутинної повторної оцінки в спокої за відсутності болю (клас доказів Ib C), збільшується при діагностиці за нападу при вазоспастичній стенокардії клас доказів (I B) [13, 14].

Важливою є трансформація визначення ГІМ залежно від ЕКГ-змін у двох формах – інфаркт, що розвивається у формі синдрому з/без елевації сегмента ST, та клінічно підтверджений інфаркт

[15, 16]. Основу розподілу також становить використання ЕКГ. За визначення ГІМ, що розвивається, діагностика відбувається при наявності клінічних симптомів та визначенні елевації сегмента ST після J-точки на 0,2 мВ у відведеннях V1-3 і 0,1 мВ в інших відведеннях або без ST елевації, тобто за депресії сегмента ST та аномалії зубця T, а клінічно підтверджений ГІМ діагностується за появи зубця Q у відведеннях V1-3 або Q-зубця  $\geq 0,03$  с у відведеннях I, II, III, avL, aVF, V4-6 [17].

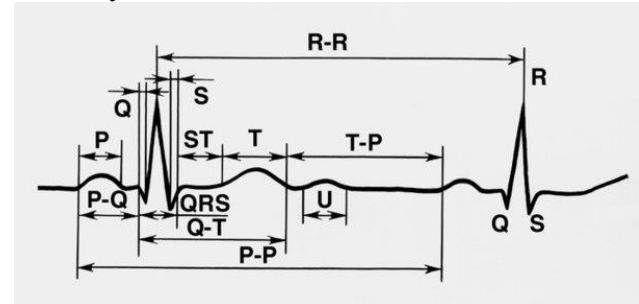


Рис. 30. Схематичне зображення нормальної електрокардіограми: P - зубець, що відображає перебіг поширення збудження по передсердях; інтервал P-Q - час від початку збудження передсердь до початку порушення шлуночків; інтервал Q-T – час електричної систоли шлуночків, що включає поширення збудження по шлуночках серця – комплекс QRS, сегмент ST і зубець T; хвиля U, яка в нормі спостерігається не завжди, R-R (P-P) – межцікловий інтервал; T-P – діастолічний інтервал

Широко використовується в діагностиці ГІМ і система передачі ЕКГ на відстані, як вже згадуваний досвід Ейнтховена [18], але на більш віддалену відстань за використання сучасних технологій.

Метод дистанційного аналізу ЕКГ почав розвиватися в середині 60-х років минулого століття, коли технічні можливості дозволили досягнути якісного прийому ЕКГ за розгортання мережі приймальних станцій ЕКГ-системи “Хвиля”, яка функціонувала на базі кардіодиспансерів, однак для передачі однієї ЕКГ витрачалося в середньому 20-30 хв залежно від якості телефонного зв'язку, що негативно впливає на кількість переданих ЕКГ. У рамках програми розвитку сільської медицини впроваджено систему транселефонної електрокардіографії “Телекард” розробленої “ООО Компанія Tredex” (м. Харків). Комплекс складається з центральної прийомної станції на базі персонального комп'ютера і реєстраторів-передатчиків ЕКГ. Переваги системи “Телекард” полягають саме в поєднанні її ефективності й простоти для користувача. Ним може бути не лише лікар будь-якого фаху, а й фельдшер – система яраз і розрахована передусім на обслуговування подібних лікарняних закладів. Унікальність ком-

плексу “Телекард” в тому, що він забезпечує реєстрацію якісної стандартної 12-канальної ЕКГ у будь-якому населеному пункті та її передавання на будь-яку відстань через будь-які канали зв’язку. За 90 с зареєстровану ЕКГ (запис триває 20 с) можна передати в центри спеціалізованої допомоги (рис. 31), фахівці якого обговорюють можливу тактику лікування, здійснюють диференційну діагностику змін на ЕКГ, а отже знижується кількість необґрунтованих викликів спеціалістів, зменшується вартість висококваліфікованої медичної допомоги, оптимізується дистанційне навчання лікарів [19].



Рис. 31. К.мед.н І.І. Плацук під час роботи з системою “Телекард”. У відділенні кардіореанімації Чернівецького обласного кардіологічного диспансеру

Однак в сьогоденній практиці ЕКГ система передачі ЕКГ на відстані продовжує розвиватися. Наступним етапом є використання додатків до смартфонів на кшталт AliveCor™ Heart Monitor – автори вважають [20] відмінною кореляцією смартфон-ЕКГ з золотом стандартом ЕКГ у 12 відведеннях у всіх обстежених пацієнтів, а технологію – перспективною (рис. 32).



Рис. 32. Смартфон-ЕКГ (AliveCor™ Heart Monitor, \$74.99 для iPhone 4 u 4s, <http://alivecor.com/>)

Отже використання ЕКГ-діагностики продовжує залишатися надзвичайно актуальним, в першу чергу, для діагностики гострих форм ІХС [15, 16], запровадження методичних підходів потребує обговорення [21], що якраз і ґрунтується на можливості реалізації телемедицини [22] та дозволяє використовувати об’єктивний метод діагностики [23], впровадження якого є високоефективним та інформативним новітнім підходом, що дозволяє покращити можливості медичної допомоги населенню та оптимізувати навчання лікарів курсів післядипломної освіти за використання технологій телемедицини.

У діагностиці ішемічної хвороби серця (ІХС) широко використовуються стрес-тести, до яких, згідно з даними літератури [24], належать такі.

1. Проби з підвищенням потреби в кисні (черезстравохідна електрокардіостимуляція, велоергометрія, тредміл-тест).

2. Проби з гіперсимпатикотонією та подальшим підвищенням потреби в кисні (психоемоційні навантаження).

3. Проби зі зменшенням венозного повернення крові та зменшенням переднавантаження (ортостатична проба).

4. Проби з моделюванням гіпоксії міокарда (гіпервентиляційна проба).

5. Проби з провокацією спазмів судин з елементами феномена “обкрадання”, гіперсимпатикотонії та ішемії міокарда (холодова проба та фармакологічні стрес-тести – дипіридамовий, аденозиновий, добутаміновий, ергометриновий, ацетилхоліновий, компламіновий, арбутаміновий, епінефринний, ізопротереноловий).

6. Проби з покращанням метаболізму міокарда, зменшенням інтенсивності адренергічних впливів, позитивними хроно- і дромотропними ефектами (нітрогліцерінова проба, тести з  $\beta$ -адреноблокаторами, атропіном).

Слід відмітити комбіновану відповідь, яку можна отримати при проведенні черезстравохідної електрокардіостимуляції – окрім неінвазивної оцінки коронарного резерву з реєстрацією депресії сегмента ST, вона надає можливість оцінити стан зубця Р за аналізу черезстравохідної ЕКГ (ЧСЕКГ), провідної системи з визначенням часу відновлення функції синусового вузла (ЧВФСВ), визначити дисфункцію синусового вузла (рис. 33).

Отже, відомо, що ЕКГ стрес-тесту за дотестової стенокардії і ймовірної коронарної хвороби серця (КХС) є високоінформативною (клас доказів I B), що за депресії сегмента  $ST \geq 1$  мм на тлі дигоксину значно втрачає інформативність (клас



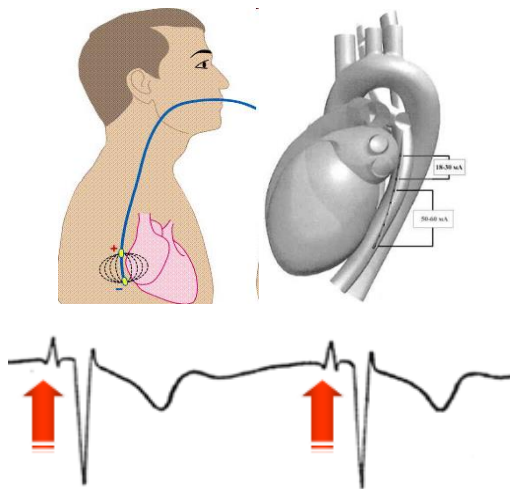


Рис. 33. Принципи використання черезстраховідної електрокардістимуляції

доказів ІІв В) з аналогічним рівнем доказової медицини за неймовірної дотестової КХС (клас доказів ІІв В), а в останньому випадку при рутинній парній діагностиці зменшується (клас доказів ІІв С) [25]. При цьому слід зазначити досить високу

**Відношення максимальних швидкостей для комплексів з негативними Т і згідно середніх показників зубця Т у хворих на ішемічну хворобу серця (ІХС), гострий інфаркт міокарда (ГІМ), перенесений в анамнезі ІМ з формуванням постінфарктного кардіосклерозу (П/і К/з), гіпертонічної хвороби (ГХ) та гіпертрофічної кардіоміопатії (ГКМП)**

	ІХС "нег"	неQ-ГІМ	Q-ГІМ	П/і К/з	ГХ	ГКМП
ВМШ <sub>сер</sub>	1,46+0,05	1,10+0,02	1,09+0,03	1,17+0,05	1,81+0,10	1,41+0,26
ВМШ <sub>негТ</sub>	1,50+0,15	0,97+0,04	0,94+0,04		1,99+0,13	2,05+0,28

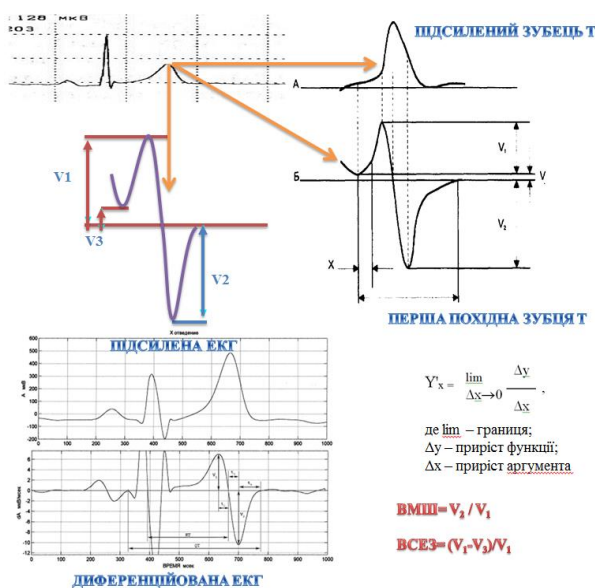


Рис. 34. Принципи побудови першої похідної ЕКГ та диференціації зубця Т ЕКГ

інформативність (68%) і чутливість (77%) ЕКГ стрес-тесту проти такого високоінформативного підходу, як стрес-ехокардіографія (80-85 і 84-86 %, відповідно).

Кількісна оцінка ЕКГ [26] використовується за розрахунку сумарного зміщення сегмента ST ( $\Sigma$ ST), кількості відведень з депресією сегмента ST (NST), середньої депресії сегмента ST, як співвідношення  $\Sigma$ ST/NST (AST), сумарної глибини негативних зубців Т ( $\Sigma$ T), кількості відведень з негативними зубцями Т (NT), середньої глибина зубця Т, як співвідношення  $\Sigma$ T/NT (AT), сумарного зубця Q ( $\Sigma$ Q), кількості патологічних зубців Q (NQ).

У той же період виник метод реєстрації диференційованої ЕКГ [27, 28, 29], який дозволяє розрахувати за аналізу першої похідної зубця Т величини відношення максимальних швидкостей (ВМШ) як співвідношення фаз V2 до V1 та відношення сусідніх екстремальних значень (ВСЕЗ) за формули  $ВСЕЗ=(V1-V3)/V1$ , в тому числі для зубців з негативними Т та згідно середніх показників (рис. 34, табл).

Таблиця

Наведений в літературі концепт [8], свідчить про суттєву розбіжність показника ВМШ (на відміну від ОСЕЗ) залежно тяжкості коронарної патології, як наведено в таблиці 1.

Відомо, що при гострій коронарній катастрофі параметри ВМШ зменшуються, при гіпертрофії лівого шлуночка – зростають [30].

За аналізу ширини зубців Q та R і співвідношення амплітуд R і Q та R і S у 12 відведень можливим є розрахунок електрокардіографічного балу Сельвестра [31, 32].

Якісна/кількісна оцінка ЕКГ покращується за використання сучасних методів (рис. 35), в тому числі за комп'ютерного підсилення, усереднення і фільтрації різних ділянок ЕКГ з їх математичною обробкою, що дозволяє вибирати і аналізувати низькоамплітудні сигнали, які недоступні для аналізу при традиційній реєстрації ЕКГ з визначенням потенціалів повільної деполяризації міокарда – пізніх потенціалів шлуночків і передсідь [33].

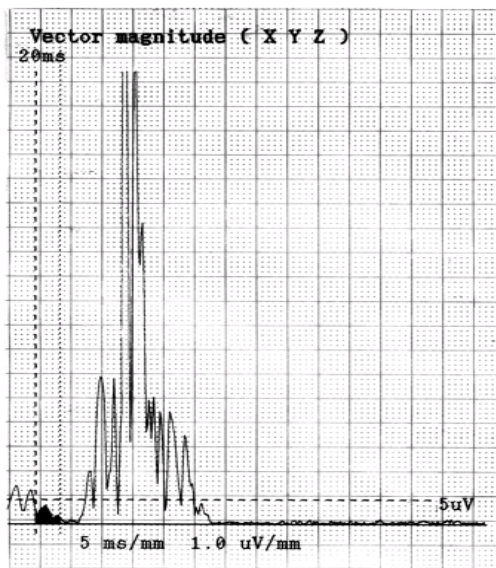


Рис. 35. Комп'ютерне підсилення, усереджування і фільтрація різних ділянок ЕКГ, з їх математичною обробкою, що дозволяє вибрати і аналізувати низькоамплітудні сигнали, недоступні для аналізу при традиційній реєстрації ЕКГ з визначенням потенціалів повільної деполяризації міокарда – пізніх потенціалів шлуночків і передсердь

Існує висока доказова база [34] використання ЕКГ для невизначених синкопальних станів, нез'ясованого серцебиття (клас доказів I); менший – для епізодичного обмеження дихання, нез'ясованої втоми, неврологічних проявах з підозрою фібриляції передсердь, синкопальних станів, що ідентифіковані без ефекту лікування, постінфарктної дисфункції лівого шлуночка та ризику майбутніх подій (клас доказів IIb) та цереброваскулярних епізодів без доведеної ішемії (клас доказів III).

Стратифікація ризику при холтерівському моніторингу зростає за стенокардії і ймовірної аритмії (I B) або вазоспастичної стенокардії (клас доказів IIa C) [13, 14]. В той самий час, при наявній шлуночкової екстрасистолії, ризику раптової смерті ЕКГ спокою або холтерівський моніторинг набувають надзвичайно високого рівня доказової медицини (клас доказів I A), як і ЕКГ стрес-тесту при наявній КХС (клас доказів I B), можливим є оцінка ЕКГ за електрофізіологічного обстеження при постінфарктному кардіосклерозі, пре- або синкопе, абляції, тахікардії з широкими комплексами QRS невідомого генезу (клас доказів I C) [35].

Отже, ЕКГ спокою є доцільною і високоінформативною всім пацієнтам (клас доказів I B), як і ЕКГ стрес-тесту пацієнтам без значних змін ЕКГ-спокою (I B), ЕКГ стрес-тесту після реваскуляризації та погіршення стану (IIa B) або ЕКГ стрес-

тесту за змін ЕКГ спокою, блокади лівої ніжки пучка Гіса, ST-депресії >1 мм (I C) [13, 14].

Суттєво підвищується доказова база за використання ЕКГ з оцінкою антиаритмічних ефектів лікування (клас доказів I A) [34]. Цікаво, що використання ЕКГ для оцінки ефектів кордарону в зіставленні холтерівського моніторингу проти електрофізіологічного обстеження свідчить, що ризик зворотної шлуночкової тахікардії/фібриляції шлуночків згідно з аналізом ЕКГ електрофізіологічного тестування менший, ніж за холтерівського моніторингу, особливо за збереженої фракції викиду ( $\geq 30\%$ ) [36].

При серцевій недостатності ЕКГ залишається першим пунктом неінвазивної функціональної діагностики, а стрес-ехокардіографія – доцільним методом діагностики, 6-хв тест – можливим, тоді як велоергометрія/тредміл потребують зміненого протоколу з повільним збільшенням навантаження [25].

Залишається інформативним скринінгове дослідження гіпертрофії лівого шлуночка за використання ЕКГ і аналізу індексів Sokolow-Lyon >38 мм та Cornell >2440 мм/мс (рис. 36) згідно з останніми рекомендаціями [37].

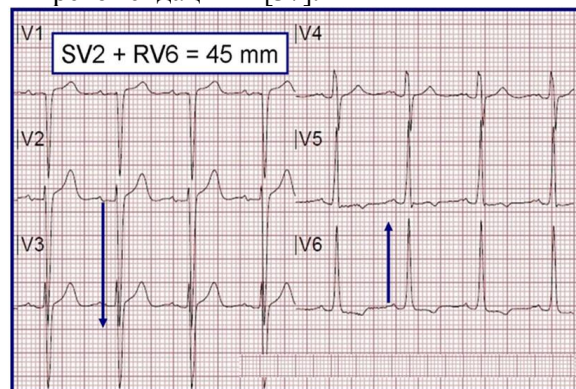


Рис. 36. Критерії гіпертрофії лівого шлуночка за використання ЕКГ і аналізу індексів Sokolow-Lyon ( $SV1 + RV5$  або  $V6 > 38$  (мм) та  $RaVL > 11$  (мм)) та Cornell (чол.  $[RaVL$  (мм) +  $SV3$  (мм)]  $\times$  QRS (мс), жін.  $[RaVL$  (мм) +  $SV3$  (мм) + 6]  $\times$  QRS (мс))

**Висновок та перспективи подальших досліджень.** Існуючі перспективи та подальші цікаві можливості використання простого, неінвазивного, безпечного та економічно необтяжливого метода. Сучасним напрямком дослідження є створення математично обґрунтованих задач, що реалізують кількісну та якісну оцінку ЕКГ та суттєво спростять діагностику суперечливих питань скринінгової кардіології. Розвиток електрокардіографічних підходів триває, метод потребує вивчення, подальші дослідження беззаперечно перебувають у площині якісних методів.

## Список використаної літератури

1. Коваленко В.Н. Диагностическая ценность электрокардиографии в фазовом пространстве для скрининга ишемической болезни сердца / В.Н. Коваленко, И.А. Чайковский, Л.С. Файнзильберг // Укр. кардіолог. ж. – 2007. – № 6. – С. 13-19.
2. Moyer V.A. U.S. Preventive Services Task Force Screening for coronary heart disease with electrocardiography: U.S. Preventive Services Task Force recommendation statement / V.A. Moyer // *Ann. Intern. Med.* – 2012. – Vol. 157, № 7. – P. 512-518.
3. Accuracy and prognostic significance of electrocardiographic markers of left ventricular hypertrophy in a general population: findings from the Pressioni Arteriose Monitorate E Loro Associazioni population / C. Cuspidi, R. Facchetti, M. Bombelli [et al.] // *J. Hypertens.* – 2014. – Vol. 32, № 4. – P. 921-928.
4. Man S. Acute coronary syndrome with a totally occluded culprit artery: relation of the ST injury vector with ST-elevation and non-ST elevation ECGs / S. Man, C. Rahmattulla, A.C. Maan [et al.] // *J. Electrocardiol.* – 2014. – Vol. 47, № 2. – P. 183-190.
5. Ownbey M. Prevalence and Interventional Outcomes of Patients with Resolution of ST-segment Elevation between Prehospital and In-hospital ECG / M. Ownbey, B. Suffoletto, A. Frisch [et al.] // *Prehosp. Emerg. Care.* – 2014. – Vol. 18, № 2. – P. 174-179.
6. Вишневский В.В. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека / В.В. Вишневский, М.В. Рагульская, Л.С. Файнзильберг // *Биомед. технологии и радиоэлектроника.* – 2003. – № 3. – С. 3-12.
7. Халфен Э.Ш. Диагностическое значение исследования скорости изменения разности потенциалов в период реполяризации желудочков у больных ишемической болезнью сердца / Э.Ш. Халфен, Л.С. Сулковская, В.А. Клочков // *Кардиолог.* – 1978. – № 6. – С. 55-62.
8. Малиновская И.Э. Дифференцированная ЭКГ и чрезпищеводная электрокардиостимуляция в диагностике ишемической болезни сердца / И.Э. Малиновская, В.К. Тащук, В.А. Шумаков // *Врачебное дело.* – 1990. – № 3. – С. 50-52.
9. Тащук В.К. Электрокардіографія / В.К. Тащук // *Мистецтво лікування.* – 2009. – № 6(62). – С. 78-81.
10. Cooper J.K. Electrocardiography 100 years ago. Origins, pioneers and contributors / J.K. Cooper // *New Eng. Med. J.* – 1986. – Vol. 315, № 7. – P. 461-464.
11. Waller A.D. An introductory address on the electromotive properties of the human heart beat / A.D. Waller // *Br. Med. J.* – 1888. – Vol. 2. – P. 751.
12. Pardee H.F.B. An electrocardiographic sign of coronary artery abstraction / H.F.B. Pardee // *Arch. Int. Med.* – 1920. – Vol. 26. – P. 244-257.
13. Guidelines on the management of stable angina pectoris. The Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology / K. Fox, M.A.A. Garcia, D. Ardissino [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2006. – Vol. 27, № 11. – P. 1341-1381.
14. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology / G. Montalescot, U. Sechtem, S. Achenbach [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2013. – Vol. 34, № 38. – P. 2949-3003.
15. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation / P.G. Steg, S.K. James, D. Atar [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2012. – Vol. 33, № 20. – P. 2569-2619.
16. Management of acute myocardial infarction in patients presenting with persistent ST-segment elevation. The Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology / F.V. de Werf, J. Bax, A. Betriu [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2008. – Vol. 29, № 23. – P. 2909-2945.
17. Thygesen K. Universal definition of myocardial infarction / K. Thygesen, J.S. Alpert, H.D. White et al. // *Eur. Heart J.* – 2007. – Vol. 28, № 20. – P. 2525-2538.
18. Einthoven W. Le Telecardiogramme / W. Einthoven // *Arch. Internat. Physiol.* – 1906. – Vol. 4. – P. 132.
19. Шкробанець І.Д. Клінічний досвід використання транселефонної електрокардіографії в Чернівецькій області / І.Д. Шкробанець, В.К. Тащук // *Укр. ж. телемед.* – 2009. – Т. 7, № 1. – С. 92-94.
20. Smartphone ECG for evaluation of STEMI: Results of the ST LEUIS Pilot Study / J.B. Muhlestein, V. Le, D. Albert [et al.] // *J. Electrocardiol.* – 2014, Dec 21 / In press, available online. – Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022073614004440>
21. Устаткування для телемедичної діяльності лікувально-профілактичних установ / [А.В. Владзимирський, В.Г. Клімовицький, Д.К. Каліновський та ін.] // *Методичні рекомендації.* – Донецьк: ТОВ “Цифрова друкарня”, 2007. – 44 с.
22. Владзимирський А.В. Організація телемедичної діяльності та телеконсультування в лікувально-профілактичних закладах / А.В. Владзимирський, В.Г. Клімовицький, О.С. Коваленко // *Методичні рекомендації.* – Донецьк: ТОВ “Цифрова друкарня”, 2008. – 84 с.
23. Wireless ECG monitoring by telephone / O.I. Orlov, D.V. Drozdov, C.R. Doarn, R.C. Merrell // *Telemed. J.E. Health.* – 2001. – Vol. 7. – P. 33-38.
24. Аронов Д.М. Функциональные пробы в кардиологии / Д.М. Аронов // *МЕДпресс-информ*, 2007. – 296 с.
25. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008 / K. Dickstein, A. Cohen-Solal, G. Filippatos [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2008. – Vol. 29, № 19. – P. 2388-2442.
26. Гватуа Н.А. Нерешенные вопросы диагностики острой очаговой дистрофии и мелкоочагового инфаркта миокарда

- / Н.А.Гватуа, И.Н. Солоненко, И.Ч. Мону // Кардиолог. – 1985. – № 10. – С. 44-47. 27. Носова О.Р. Возможности первой производной ЭКГ в дифференциальной диагностике пораженной миокарда / О.Р. Носова // Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.01.11 “Кардіологія”. – М., 2009. 28. Тащук В.К. Особенности электро- та ехокардіографічних проявів ГЛШ / В.К. Тащук, І.Т. Найда // Бук. мед. вісн. – 2008. – № 3. – С. 3-9. 29. Халфен Э.Ш. Скоростные показатели зубца Т ЭКГ у больных инфарктом миокарда / Э.Ш. Халфен, Л.В. Сулковская // Кардиолог. – 1984. – № 10. – С. 30-35. 30. Тащук В.К. Диференційована електрокардіографія як критерій діагностики в умовах ішемічної хвороби серця та артеріальної гіпертензії / В.К. Тащук, І.Т. Найда // Здобутки та перспективи внутрішньої медицини: матер. Всеукр.наук.-практ. конф. (Тернопіль, 13–14 жовтня 2008 р.). – Тернопіль, 2008. – С. 59-61. 31. Прогностичне значення балу Сельвестра при гострому інфаркті міокарда / В.З. Нетяженко, О.В. Лапшин, Ю.В. Березняк [та ін.] // Укр. кардіолог. ж. – 2001. – № 6. – С. 22-25. 32. Comparison of the Selvester QRS scoring system applied on standard versus high-resolution electrocardiographic recordings / G.S. Wagner, J.C. Greenfield, J.C. Rembert [et al.] // J. Electrocardiol. – 2007. – Vol. 40, № 3. – P. 288-291. 33. Сычев О.С. Динамика показателей ЭКГ высокого разрешения у больных с пароксизмальной и персистирующей формами фибрилляции предсердий / О.С. Сычев, О.В. Коркушко, В.Ю. Лушневская [и др.] // Укр. кардіолог. ж. – 2005.–№ 3. – С. 23-29. 34. Crawford M.H. ACC/AHA Guidelines for Ambulatory Electrocardiography: Executive Summary and Recommendations / M.H. Crawford, S.J. Bernstein, P.C. Deedwania [et al.] // Circ. – 1999. – Vol. 100, № 8. – P. 886-893. 35. Zipes D.P. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death) / D.P. Zipes, A.J. Camm, M. Borggrefe [et al.] // Eur. Heart J. – 2006. – V. 27, № 17. – P. 2099-2140. 36. Electrophysiologic study-guided amiodarone for sustained ventricular tachyarrhythmias associated with structural heart diseases / T. Aiba, K. Yamagata, W. Shimizu [et al.] // Circ. J. – 2008. – Vol. 72, № 1. – P. 88-93. 37. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) / G. Mancia, R. Fagard, K. Narkiewicz [et al.] // J. Hypertens. – 2013. – Vol. 31, № 7. – P. 1281-1357.

#### ЕЛЕКТРОКАРДИОГРАФІЯ: КЛІНІЧЕСЬКІЕ ВОЗМОЖНОСТІ І ДОСТИЖЕННЯ В ІСТОРИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ

**Резюме.** Історія розвитку електрокардіографії розглянута через призму видаючихся імен і подій і не обмежується тільки іменем нобелівського лауреата В. Ейнтховена. Сучасні методи діагностики ЕКГ – це поєднання якісної і кількісної оцінки результатів.

**Ключові слова:** електрокардіографія, серцево-судинні захворювання, історія.

#### ELECTROCARDIOGRAPHY: CLINICAL POSSIBILITIES AND ACHIEVEMENTS IN HISTORICAL ASPECT

**Abstract.** The history of development of electrocardiography is viewed through the prism of prominent names and events and is not limited to the name of Nobel laureate W. Einthoven. Modern methods of ECG diagnostics are the combination of qualitative and quantitative evaluation of the results.

**Key words:** electrocardiography, cardiovascular diseases, history.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Надійшла 19.06.2015 р.  
Рецензент – проф. Хухліна О.С. (Чернівці)