



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90701 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
A61B 5/02  
A61B 5/0436 (2006.01)  
A61B 5/053

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ АНОРМАЛЬНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ШЛУНОЧКАХ СЕРЦЯ

1

(21) а200708616  
(22) 27.07.2007  
(24) 25.05.2010  
(46) 25.05.2010, Бюл.№ 10, 2010 р.  
(72) ЧАЙКОВСЬКИЙ ІЛЛЯ АНАТОЛІЙОВИЧ, БУД-  
НИК МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ, ВАСЕЦЬКИЙ  
ЮРІЙ МАКАРОВИЧ, НАДЖАФІАН МОХАММАД  
АЛІ, ІР  
(73) МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ  
ЦЕНТР ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИС-  
ТЕМ НАН ТА МОН УКРАЇНИ, ЧАЙКОВСЬКИЙ ІЛЛЯ  
АНАТОЛІЙОВИЧ, БУДНИК МИКОЛА МИКОЛАЙО-  
ВИЧ  
(56) UA 2004021170 A, 15.09.2005  
UA 13427 U, 15.03.2006  
UA a200602821 A, 16.03.2006  
WO 0217769 A2, 07.03.2002  
UA a200600584 A, 25.07.2007  
UA 40410 A, 16.07.2001  
UA 40411A, 16.07.2001  
Будник М.М. та ін. Діагностичні критерії хронічної  
ішемічної хвороби серця на основі реєстрації та  
аналізу магнітокардіограм. - К., 2002. - 49 с.  
(57) Спосіб оцінки ступеня аномальності електри-  
чних процесів у шлуночках серця шляхом прове-  
дження магнітокардіографічного картування, аналі-  
зу наборів карт розподілу густини струму від  
початку комплексу QRS до кінця зубця Т, визна-

2

чення для карт топологічних параметрів областей  
з підвищеною густиною струму та вихорів струму,  
обчислення ступенів їх відмінності від нормальної  
квазідипольної карти, його середнього значення  
для набору, який **відрізняється** тим, що прийма-  
ють до уваги області зі зниженою густиною струму  
і на цій основі визначають ступінь регіональної  
негомогенності (РНГ) по 3-значній шкалі - малий,  
середній, великий; обчислюють відношення амплі-  
туд R/T найбільших векторів струму на вершинах  
зубців R і T і на цій основі визначають ступінь гло-  
бальної негомогенності (ГНГ) по 3-значній шкалі:  
малий при  $4 < R/T < 6$ , середній при  $6 < R/T < 8$ , вели-  
кий при  $R/T > 8$ ; роблять висновок про ступінь ано-  
мальності по 5-значній шкалі - "норма" при мало-  
му ступені РНГ та ГНГ, "малий ступінь  
аномальності" при малому ступені РНГ та серед-  
ньому ступені ГНГ чи навпаки, "середній ступінь  
аномальності" при малому ступені РНГ та вели-  
кому ступені ГНГ чи навпаки або при середньому  
ступені РНГ та ГНГ, "великий ступінь аномально-  
сті" при середньому ступені РНГ та великому сту-  
пені ГНГ чи навпаки, "дуже великий ступінь ано-  
мальності" при дуже великому ступені РНГ та ГНГ;  
зазначені дії виконують із застосуванням комп'ю-  
терної програми з відображенням отриманих ре-  
зультатів на дисплеї комп'ютера та їх роздрукову-  
ванням на принтері.

Винахід належить до медицини, а саме - до  
кардіології і може бути використаний для діагнос-  
тики електрофізіологічних порушень та інших ура-  
жень міокарду.

На сьогоднішній надійна діагностика більшості кар-  
діологічних захворювань залишається клінічно  
актуальною проблемою. Причини полягають у то-  
му, що інструментальні методи діагностики мають  
певні недоліки. Так, електрокардіограма (ЕКГ) в  
стані спокою є нормальною приблизно у 50% ви-  
падків [за даними Connolly D.C., Elveback L.R.,  
Oxman H.A. Coronary heart disease in residents of  
Rochester, Minnesota: Prognostic value of the resting  
electrocardiogram at the time of initial diagnosis of  
angina pectoris Mayo.Clin.Proc.1984; 59:247-50], а

зміни на ній недостатньо специфічні для деяких  
найбільш розповсюджених патологій, наприклад -  
для ішемічної хвороби серця (ІХС).

З іншого боку прогностична цінність велоерго-  
метрії з точки зору виникнення значних серцево-  
судинних подій (інфаркт міокарду (ІМ), інсульт,  
раптова серцева смерть, тощо) теж не є достатньо  
високою. Методи формування медичних зобра-  
жень (МР та комп'ютерна томографія, ехокардіо-  
графія, ультразвукова інтроскопія) не дають інфо-  
рмації про електрофізіологічні процеси у міокарді.  
Різноманітні стрес-тести та інвазивні методи (че-  
резстравохідна електрокардіостимуляція, корона-  
рна ангіографія, сцинтиграфія) пов'язані з певним  
ризиком для пацієнтів, а тому не можуть проводи-

(13) C2  
(11) 90701  
(19) UA

тися так часто, як це потрібно [див. Виноградова Т.С., Акулова Ф.Д., Белоцерковский З.Б. и др., Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы - М.: Медицина, 1986. - 416с.]. Все це приводить до того, що приблизно у 50% випадків гострого ІМ госпіталізація з приводу ІМ є першим контактом хворого із кардіологом.

Крім того, на сьогодні більшість способів діагностики захворювань серця стосуються окремих захворювань, для чого використовують певні інструментальні методи. Проте актуальним завданням є розробка способів оцінки електрофізіологічного стану серця, здатних проводити його оцінку у загальному. Це потрібно як для виявлення захворювань на ранніх стадіях, так і з метою автоматизованої комп'ютерної обробки ЕКГ

Серед методів діагностики найбільш перспективні неінвазивні, гуманні та безпечні методи, що не спричиняють негативних впливів на людину, не мають протипоказань, а отже - можуть багаторазово повторюватися в різних клінічних ситуаціях, наприклад, для моніторингу ефективності медикаментозної терапії чи хірургічного втручання. У цьому зв'язку магнітокардіографія (МКГ) є повністю неінвазивним та безпечним методом, який, як показано у ряді досліджень, має додаткову інформацію у порівнянні з переліченими вище методами діагностики (Complementary Nature of Electrocardiographic and Magnetocardiographic Data in Patients with Ischemic Heart Disease / J. Lant. G. Stroink, B. Voorde et al. // J. Electrocardiology. - 1990. - V.23. - p.315-322).

Аналіз на основі дипольної моделі не дозволяє виявити окремі джерела збудження у міокарді, тому необхідно застосовувати більш складні розподілені представлення джерела у вигляді карт розподілу густини струмів (РГС) у фронтальній площині, яка січе серце на глибині залягання диполя. Карта РГС є векторним полем, де кожен вектор відображає густину струму у даній точці, а області карти, що мають локальні максимуми і оточені векторами меншої амплітуди відображають окремі області електричної активності міокарду.

Перспективність використання методу МКГ для діагностики патологій серця полягає у тому, що ніякий інший метод не дозволяє отримати напрямок та величину локальних струмів у міокарді. Розподіл потенціалу збудження можна отримати за допомогою методу потенціального картування тіла людини, однак реконструювати відповідний розподіл струмових джерел неможливо. Причина полягає у тому, що на розподіл електричних потенціалів на поверхні тіла впливає неоднорідність та анізотропія електропровідності різних шарів та органів тіла. Крім того розподіл електропровідності по об'єму міокарду точно невідомий, варіюється від людини до людини і змінюється під впливом патологій серця.

На противагу цьому, неінвазивний метод МКГ, який реєструє магнітне поле породжене струмами у серці, дозволяє безпосередньо реконструювати розподіл густини струмів (РГС) у серці (так звана обернена задача (ОЗ)) з огляду на те, що тіло людини практично магнітно однорідне [див. Діагнос-

тичні критерії хронічної ішемічної хвороби серця на основі реєстрації та аналізу магнітокардіограм / М.М. Будник, І.Д. Войтович, В.І. Козловський та ін. // Препринт НАН України. Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова; - 2002. №5. - 49с].

Відомо ряд патентів та заявок, що ґрунтуються на властивості МКГ давати нову корисну інформацію, що може слугувати маркером наявності певних порушень електрофізіологічних процесів у серці.

1. WO 0217769, Ischemia identification, quantification and partial localization in MCG, A. Bakharev, Cardiomag Imaging Inc., USA. 2002.

2. UA 74466, Спосіб діагностики ішемічної хвороби серця (Інститут кардіології ім. М.Д. Стражески, Козловський В., Будник М., Стаднюк Л, Риженко Т., Бюл. №12, 2005).

3. UA 13427, Спосіб оцінки гетерогенності процесів електричного збудження та відновлення у серці (ТОВ "Київська медична група", Захрובה О., Будник М., Стаднюк Л. та ін., Бюл. №3, 2006).

4. UA a200600584, Спосіб оцінки аномальності розподілу струмів у серці (Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова, Міжнародний науково-навчальний центр ІтіС, Чайковський І., Будник М., 23.01.2006).

5. UA a200602821. Спосіб оцінки аномальності процесу реполяризації шлуночків серця. (Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, Міжн. науково-навчальний центр ІтіС, Чайковський І., Будник М., 16.03.2006).

У патенті WO 0217769 розглядається спосіб діагностики ІХС. при якому ІХС класифікується на 4 ступені важкості по наявності змін вертикальної координати (глибини залягання) ефективного диполя на протязі ST-сегменту. При цьому має місце 1-а ступінь ІХС, якщо глибина залягання диполя змінюється тільки на протязі 1-ї чверті вказаного сегменту, 2-й ступінь - змінюється протягом 2-х перших четвертей і т.д. У здорових людей без ІХС глибина залягання є практично постійною величиною.

Недоліками зазначеного способу є те, що: ОЗ вирішена в дипольному наближенні, тому не може виявити декілька джерел активності, крім того, це наближення магнітного, а не струмового диполя. Це не відповідає реальним електрофізіологічним процесам у серці а також даний спосіб стосується діагностики тільки однієї хвороби - ІХС.

В той же час патент UA 74466 стосується діагностики таких форм ІХС, при яких є порушення процесу реполяризації, але при цьому форма хвилі Т на ЕКГ не змінюється, а інші зміни на ЕКГ неспецифічні. Недоліком є те, що даний винахід ґрунтується на аналізі карт магнітного поля (КМП), а не струмів, а тому не може визначити локалізацію і напрям патологічних джерел і відноситься тільки до однієї патології - ІХС.

З іншого боку, корисна модель UA 13427 захищає спосіб виявлення аномальної гетерогенності при протіканні процесів де- та реполяризації міокарду на основі виділення на довільному інтервалі 2-х під-інтервалів та визначенні процентного відношення (ПВ) тривалості 1-го під-інтервалу до тривалості всього інтервалу. Але вона також ґрун-

тується на аналізі наборів КМП, а не струмів, а отже - не може локалізувати декілька окремих джерел, пов'язаних з патологічними процесами у міокарді і також відноситься тільки до однієї патології - ІХС.

У заявці UA а 2006 00584, яка взята за аналог, розглядається спосіб оцінки аномальності РГС у серці, суть якого полягає у проведенні аналізу карт РГС та обчисленні кількості, напрямку, координат, відносної інтенсивності окремих областей струму, а також інтенсивність та геометричну форму вихорів струму. Знайдено, що у нормі протягом хвили Т карта має вигляд квазідипольного розподілу, струмовий диполь направлений ліво-вниз (з точки зору пацієнта, на карті це відповідає напрямку вправо-вниз), а два вихори струму майже симетричні та мають правильну овальну форму. На основі ступеня відмінності вказаних показників від таких у нормального розподілу роблять висновок про можливість захворювань серця та їх ступінь.

Недолік цієї заявки полягає у тому, що не приймаються до уваги топологічні параметри областей з пониженою густиною струму, а також те, що він не відноситься до якоїсь конкретної патології. Крім того, вказаний спосіб порівнює карти з картою «ідеального дипольного розподілу», що є певним спрощенням тому, що карти РГС у нормі мають певні відмінності від ідеальної дипольної моделі, а тому для діагностики хвороб необхідно застосовувати поняття «нормальної квазідипольної карти» РГС.

На противагу цьому у заявці UA а200602821 яка взята за прототип, розглядається спосіб діагностики, у якому обчислюють величину ступеня відмінності кожної карти РГС від нормальної квазідипольної карти РГС, потім обчислюють середню величину ступенів відмінності для всіх карт з послідовності.

Але вказаний вище винахід має той недолік, що розглядаються діагностичні показники, що стосуються оцінки тільки регіональної негомogeneousності, в той час як глобальна та загальна негомogeneousності залишаються поза увагою. Крім того, заявка UA а200602821 стосується тільки процесу реполяризації шлуночків, а процес їх деполаризації не розглядається.

Таким чином, аналіз сучасного стану показав, що відсутній загальний метод аналізу карт РГС у міокарді, здатний провести класифікацію карт РГС і оцінку ступеня різних видів негомogeneousності (регіональної, глобальної та загальної), а також застосованого до діагностики різних форм порушень, наприклад, інших ніж ішемічна хвороба серця (ІХС).

В основу даного винаходу поставлена задача вдосконалення способу діагностики патологій серця, в якому шляхом виконання нових дій по оцінці карт РГС, обчислення нових діагностичних параметрів а також застосування емпірично визначених границь цих параметрів стає можливою оцінка всіх 3-х відомих з електрофізіології типів негомogeneousності електричних процесів у шлуночках серця, в результаті чого підвищується прогностичність та достовірність діагностики на основі методу МКГ

кардіологічних хвороб, спричинених порушеннями електричних процесів у шлуночках серця.

Новим у способі порівняно із сучасним рівнем є те, що для оцінки електричних процесів у шлуночках серця:

- 1) аналізують карти РГС, а не КМП;
- 2) враховують топологічні параметри областей не тільки з підвищеною, а й з пониженою густиною струму;
- 3) визначають не тільки регіональну, а також глобальну та загальну негомogeneousності;
- 4) ступінь глобальної негомogeneousності визначають на основі різниці між напрямками найбільших векторів струму на вершинах зубців R і T та/або відношення їх амплітуд;
- 5) ступінь загальної негомogeneousності визначають на основі суми величин ступенів регіональної та глобальної негомogeneousностей;
- 6) розглядають не тільки реполяризацію, а і деполаризацію шлуночків.

У загальному новизна винаходу полягає у поєднанні дій, передбачених у способі-прототипі UA а200602821 та дій, описаних у способі-аналозі UA а200600584 так, щоб розширити виконання дій згідно способу-прототипу шляхом застосування нових параметрів, запропонованих у заявці UA а200600584. З іншого боку, запропонований винахід також вдосконалює способи, запропоновані у винаході UA 74466 та корисній моделі UA 13427 в тому, що здійснюється перехід від аналізу карт КМП до аналізу карт РГС, а результати аналізу застосовані не лише до ІХС.

В результаті для оцінки електричних процесів у шлуночках серця обчислюються узагальнені діагностичні параметри, на основі яких визначається, чи має місце аномальність де- чи реполяризації шлуночків. Ці параметри не обмежені лише обчисленням номеру карти (згідно UA 74466) чи процентного відношення (згідно UA 13427), а включають багато інших параметрів, запропонованих у способі-прототипі.

Суть винаходу полягає в обчисленні ступенів регіональної, глобальної та загальної негомogeneousностей шляхом аналізу двовимірних карт РГС у фронтальній площині. Вказана регіональна негомogeneousність обраховується за допомогою топологічних параметрів областей з підвищеною та пониженою густиною струмів. Під останніми тут розуміють певні характеристики геометричної форми та положення (локалізації) згаданих областей, наприклад кількість, напрям, координати та відносна інтенсивність, форма областей та вихорів, що їх оточують (витягнутість, овальність (опуклість), незв'язність, дотичність до краю карти та інші).

Ці характеристики запропоновані у способі-прототипі та аналозі UA а 2006 00584 і, як підтверджено в їх реалізації, можуть свідчити про наявність у міокарді зон (регіонів), у яких внаслідок патологічного процесу деградує електрична провідність міокарду.

Згідно винаходу, глобальна негомogeneousність визначається на основі різниці між напрямками найбільших векторів струму на вершинах зубців R і T та/або відношення їх амплітуд. Мінімальна відмінність (різниця напрямків чи відношення амплітуд)

між цими векторами означає, що глобальна (основа-верхівка, епікард-ендокард) послідовність реполяризації шлуночків у головних рисах повторює послідовність деполяризації у зворотному напрямку, тобто, - міоцити, які деполяризуються останніми, реполяризуються першими. Середня (велика) відмінність означає що відмінність у послідовності розповсюдження потенціалу дії між реполяризацією та деполяризацією є середньою (максимальною). Визначення глобальної негомogeneousності засновано на відомій концепції шлуночкового градієнту Вільсона [Wilson et al. The T deflection of the electrocardiogram. Trans. Assoc. Am Physicians 46: 29-38. 1931].

Основна ідея винаходу полягає у тому, що на основі ступеня відмінності вказаних показників від таких у дипольного розподілу формують висновки про можливість чи ймовірність різних видів негомogeneousності електричних процесів у шлуночках серця. Підґрунтя таких висновків полягає у тому, що фізіологічною причиною появи вказаних областей є наявність зон міокарду з різною провідністю збудження, які можуть з'являтися внаслідок патологічних порушень електрофізіологічних процесів у міокарді, наприклад, внаслідок ішемії, запалення чи дистрофії серцевого м'язу.

Поставлене у винаході завдання оцінки регіональної глобальної та загальної негомogeneousності електричних процесів у шлуночках серця вирішується шляхом проведення МКГ картування у фронтальній площині та реконструкції набору карт РГС на інтервалі кардіоциклу від початку комплексу QRS до кінця зубця Т, визначеному на основі МКГ кривої. Потім для кожної карти РГС визначають топологічні параметри областей та вихорів струму, обчислюють ступені відмінності даної карти від нормальної квазидипольної карти та середню величину ступеня для набору карт, а також обчислюють напрямки найбільших векторів струму на вершинах зубців R і Т.

Ступінь регіональної негомogeneousності визначають на основі відхилень значень вказаних параметрів для областей з підвищеною та пониженою густиною струму від нормальних значень та/або ступеня відмінності даного набору карт від нормальної квазидипольної карти. Ступінь глобальної негомogeneousності визначають на основі різниці між напрямками найбільших векторів струму на вершинах зубців R і Т, а ступінь загальної негомogeneousності - на основі суми величин ступенів регіональної та глобальної негомogeneousностей.

З метою досягнення достовірної класифікації карт ступені їх відмінності (мінімальна, середня, максимальна), як і ступені регіональної (глобальної) негомogeneousності (малий, середній, великий), оцінюють по 3-значній шкалі. Для більш детальної стратифікації пацієнтів ступінь загальної негомogeneousності (анормальності) оцінюють вже по 5-значній шкалі: малий (норма), нижче середнього (мала анормальність), середній (середня анормальність), вище середнього (велика анормальність), великий (дуже велика анормальність).

Пропонований спосіб підтверджено статистичним аналізом, проведеним на основі МКГ даних репрезентативних груп пацієнтів з різними кардіо-

логічними захворюваннями та здорових волонтерів.

Короткий опис ілюстрацій:

Фіг.1 - Карти РГС різного ступеня регіональної негомogeneousності:

- а - малий ступінь регіональної негомogeneousності;
- б - середній ступінь регіональної негомogeneousності;
- в - великий ступінь регіональної негомogeneousності.

Фіг.2 - Карти РГС та діаграми кутів з мінімальним ступенем глобальної негомogeneousності (різниця між напрямками найбільших векторів струму на вершинах зубців R і Т та/або відношення їх амплітуд є мінімальними):

- а - карта РГС на вершині зубця R;
- б - діаграма кутів на вершині зубця R;
- в - карта РГС на вершині зубця Т;
- г - діаграма кутів на вершині зубця Т.

Фіг.3 - Карти РГС та діаграми кутів з середнім ступенем глобальної негомogeneousності (різниця між напрямками найбільших векторів струму на вершинах зубців R і Т та/або відношення їх амплітуд є середніми):

- а - карта РГС на вершині зубця R;
- б - діаграма кутів на вершині зубця R;
- в - карта РГС на вершині зубця Т;
- г - діаграма кутів на вершині зубця Т.

Фіг.4 - Карти РГС та діаграми кутів з великим ступенем глобальної негомogeneousності (різниця між напрямками найбільших векторів струму на вершинах зубців R і Т та/або відношення їх амплітуд є максимальними):

- а - карта РГС на вершині зубця R;
- б - діаграма кутів на вершині зубця R;
- в - карта РГС на вершині зубця Т;
- г - діаграма кутів на вершині зубця Т.

Фіг.5 - Таблиця діагностичних висновків згідно 5-значного вирішувального правила:

- а - ступені загальної негомogeneousності;
- б - ступені анормальності.

Конкретна реалізація пропонованого у винаході способу передбачає попереднє виконання МКГ обстеження з одночасною реєстрацією ЕКГ у 2-му стандартному відведенні та обробку отриманих даних. Остання включає декілька етапів: попередня обробка (фільтрація, вибірка комплексів з імпульсними перешкодами, відбір кардіоциклів одного типу і усереднення), реконструкція наборів карт КМП у квадраті 20X20 см. а також реконструкція наборів карт РГС. Ці процедури аналогічні методам, що захищені і детально описані в патентах UA 77722 (обстеження), UA 77723 ( картування), UA 20101 (попередня обробка), UA 21299 (реєстрація) і не є предметом даного винаходу.

Потім проводиться аналіз карт РГС на основі обчислення ряду числових параметрів. Детально технологія обчислення, смисл багатьох параметрів, їх інтерпретація та застосування до виявлення патологій багато в чому подібна до описаних у патентах WO 0200108 (виявлення анізотропії на основі співставлення ЕКГ і МКГ даних), UA 74466 (діагностика ІХС на основі КМП), UA 13427 (оцінка гетерогенності електричних процесів на основі КМП) і не є предметом даного винаходу. Застосу-

вання шкали градацій для визначення різних ступенів тяжкості патології на основі багатозначного вирішувального правила, яке включає 3 часткових діагнози, аналогічно наведеним у заявках UA a200604123, UA a200604937, UA a200612268 і також не є предметом даного винаходу

Згідно реалізації спочатку визначається рівень регіональної негомogeneousності. Для кожної карти вона визначається згідно 3-значної шкали -мала, середня та велика ступені. На Фіг.1а подана карта РГС з малим ступенем регіональної негомogeneousності. Це означає, що карта має:

1) тільки одну область, де має місце максимум густини струмів (виділена зеленим-кольором);

2) вказана область охоплюється системою векторів, що мають вигляд двох близьких до симетричних вихорів струму;

3) вказана область має нормальний напрям, тобто вліво-вниз (з боку пацієнта, як це прийнято в електрокардіології; на карті для спостерігача це напрямок вправо-вниз);

4) вказана область розташована приблизно посередині карти;

5) присутні тільки дві області зі зниженою густиною струму (виділені світло-сірим кольором), але вони невеликі за площею, не є витягнутими, прилягають до краю карти, а тому не вказують на регіональну негомogeneousність міокарду.

Кarti здорових волонтерів показують гомогенний (однорідний) РГС, при цьому карти характеризуються властивостями 1)-5) Тобто, існує одна основна область струму, яка охоплена симетричними векторами, знаходиться приблизно в центрі та направлена вліво-вниз, а області зі зниженою густиною струму невеликі за площею, не є видовженими та знаходяться тільки на краю карти. Властивості 1)-4) були застосовані нами раніше у аналізі UA a200600584.

3 точки зору електрофізіології людини це означає, що електричний генератор серця при реполяризації є розподілене джерело, локалізоване в межах зони, де наявне електричне збудження міокарду. Межа, що відокремлює збуджені і незбуджені зони, є фронтом хвилі збудження. При реполяризації шлуночків цей фронт у нормі направлений вліво-вниз.

В області збудження присутній градієнт трансмембранного потенціалу (ТМП), що породжує: так звані "первинні струми". Ця область знаходиться у міокарді, який, з точки зору електродинаміки, є провідним середовищем. Тому у частині міокарда за межами області первинних струмів, з'являться породжені ними пасивні об'ємні (так звані вторинні) струми. У нормі міокард має досить однорідну електричну провідність. Первинні струми локалізовані в одній області, що вказує на те, що основне джерело збудження в першому наближенні є струмовим диполем. Тоді вторинні струми мають вигляд двох вихорів струму, які є симетричними і рівними (Фіг.1а).

Відхилення від карти з властивостями 1)-5) спотворюють дипольну картину порівняно з "ідеальною" (при незначних порушеннях) або приводять до недипольної картини РГС, тобто появи не менш, ніж одної додаткової області струму з різ-

ними напрямками найбільших векторів та значних видовжених зон з пониженою густиною струму (при значних порушеннях).

Фіг.1б-в демонструють різні типи відхилень у порядку збільшення ступеня відмінності від "ідеальної" карти РГС. Так, на Фіг.1б приведена карта недипольної структури з двома зонами найбільших векторів різного напрямку та двома видовженими зонами пониженої густини струму, розташованими посередині карти. На Фіг.1в наведена карта ще більш недипольної структури з декількома видовженими областями пониженої густини струму, які займають більшу частину площі карти. Згідно пропонуваного правила, вказані карти класифіковані як такі, що мають середню та велику ступінь регіональної негомogeneousності.<sup>у</sup>

Далі згідно пропонуваної реалізації винаходу обчислюється ступінь глобальної негомogeneousності. Фіг.2-4 демонструють карти різного ступеня глобальної негомogeneousності (а, в) та відповідні кутові діаграми (б, г), на яких наведено напрям найбільшого вектора даної карти. На Фіг.2 (3, 4) представлені карти РГС на вершинах зубців R (а) і T (в) з мінімальною (середньою, великою) різницею між напрямками найбільших векторів.

При цьому для карт, поданих на Фіг.3а, в, вказана різниця становить 70 градусів, а на Фіг.4а, в - вона є найбільшою і досягає 170 градусів. Згідно пропонуваного винаходу, карти на Фіг.2, 3, та 4 класифіковані як такі, що мають, відповідно, малу, середню та велику ступінь глобальної негомogeneousності.

Крім того, подані на Фіг.2-4 карти відрізняються також і відношенням амплітуд максимальних векторів на вершинах зубців R і T. У даній реалізації прийнято, що має місце мала відмінність, якщо відношення амплітуди на вершині зубця R до амплітуди на вершині зубця T лежить в діапазоні 4÷6. При цьому середня чи велика відмінність має місце, якщо вказане відношення амплітуд лежить в діапазоні, відповідно 6÷8 чи більше 8.

Таким чином, пропонуваний метод дає можливість на основі порівняння вигляду карт РГС здорових (Фіг.1а, 2) та хворих на кардіологічні патології (Фіг.1б, в, 3, 4) зробити висновок про наявність електричної негомogeneousності міокарду різного типу.

Насамкінець, реалізація передбачає на основі суми ступенів регіональної та глобальної негомogeneousностей визначення ступеня загальної негомogeneousності електричних процесів у шлуночках серця, а потім - ступеня аномальності вказаних процесів. Для цього у даній реалізації застосовано 5-значну шкалу: 1) малий ступінь загальної негомogeneousності - норма; 2) нижче середнього - мала аномальність; 3) середній - середня аномальність; 4) вище середнього - велика аномальність; 5) великий - дуже велика аномальність.

На Фіг5 приведені таблиці, які пояснюють спосіб утворення 5-значного вирішувального правила зі застосуванням двох показників (два типи негомogeneousності - регіональна та глобальна), для кожного із яких застосовано 3-значне правило Аналогічне 5-значне правило було застосовано також і в реалізації способу-прототипу, але воно не було

відображено у його формулі. Інша суттєва відмінність, від прототипу полягає у тому, що для вироблення 5-значного правила у даному підході використано два параметра що відображають фізіологічно різні типи неомогенності, а в прототипі - всього лише один. Тому з прототипу не впливає, чому часткові діагнози повинні мати саме таку, а не іншу, інтерпретацію. На противагу цьому, із представленого у даній реалізації способу синтезу 5-значного правила, логічно слідує, що пропоновані діагностичні висновки можуть мати саме такий, а не інший смисл.

Пропонований метод має переваги і в тому, що за допомогою його можна напівкількісно оцінити ступінь загальної неомогенності міокарду чи ступінь аномальності електричних процесів у шлуночках. Для цього необхідно використати ваги ступенів регіональної та глобальної неомогенності: малий - 0, середній - 1, великий - 2. Тоді ступеням загальної неомогенності (анормальності) можна приписати такі числа згідно 5-ти значної шкали: 0 - малий (норма), 1 - нижче середнього (мала аномальність), 2 - середній (середня аномальність), 3 - вище середнього (велика аномальність), 4 - великий (дуже велика аномальність).

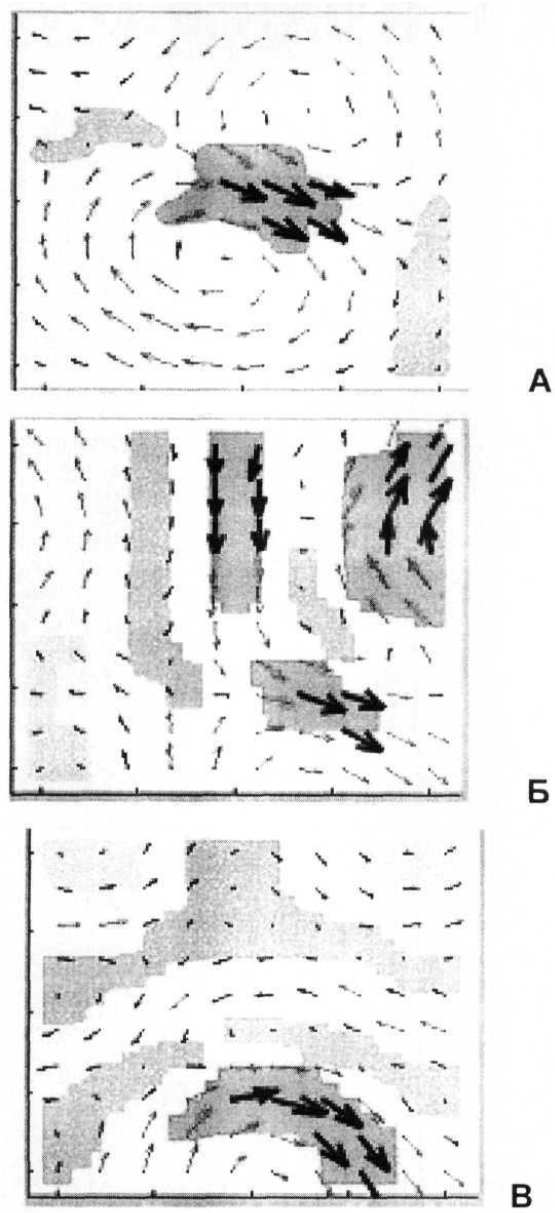
Інша перевага пропонованого винаходу полягає в тому, що він не обмежений певною патологією, а тому може бути застосований (при наявності відповідних атласів карт для кожної патології) до аналізу порушень, спричинених різними патологіями.

Додатковою перевагою пропонованого підходу є можливість його застосування до аналізу не карт РГС, а двомірних карт КМП. У цьому випадку не

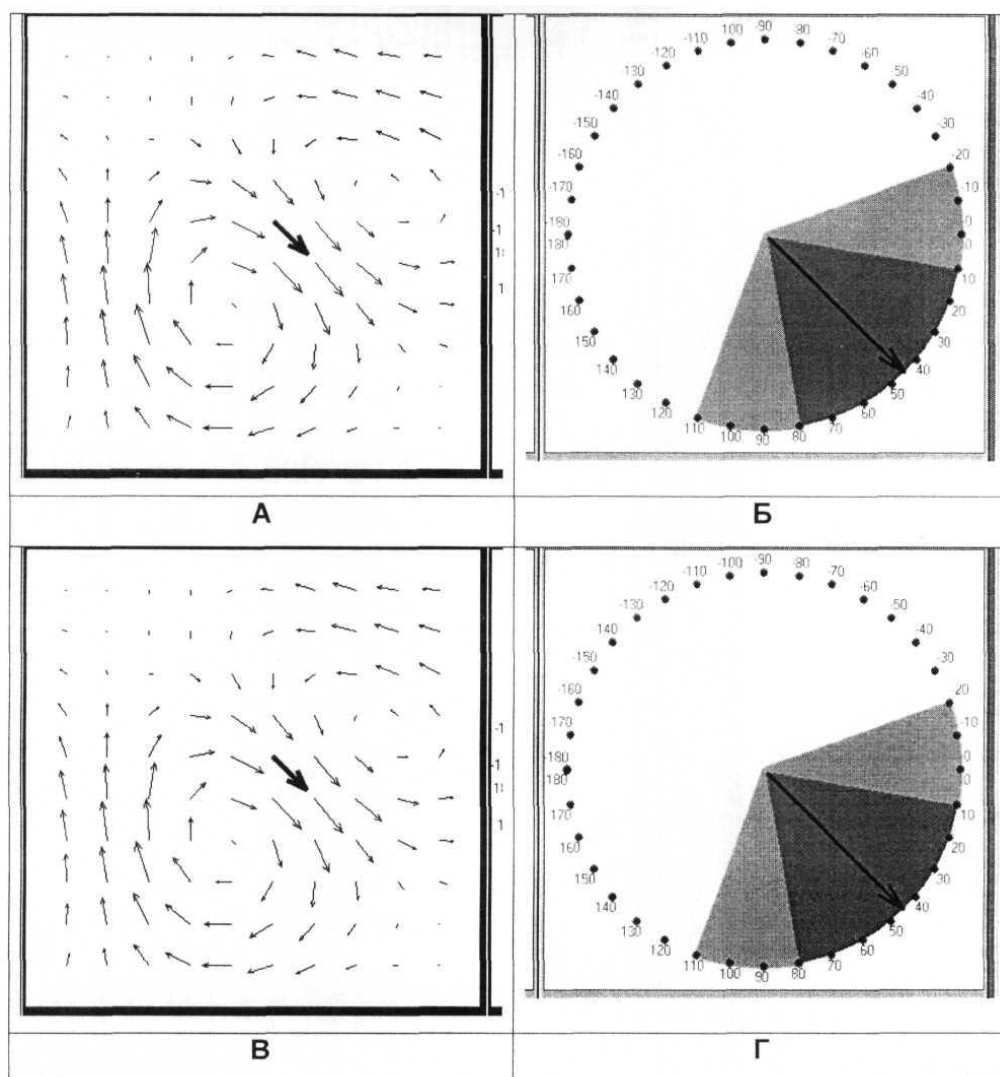
потрібно вирішувати обернену задачу, а замість областей струму аналізуються області екстремумів магнітного поля. Але магнітне поле дає дуже опосередковану картину розподілу збудження міокарду, тому його інформативність для медичного аналізу значно нижча.

До переваг даного підходу відноситься також те, що він орієнтований на застосування відносно дешевого малоканалного магнітокардіографа. Наприклад, у даній реалізації застосовано прилад з 4-ма каналами та дозволяє виконувати обстеження в умовах звичайного приміщення без використання магнітоекранованої кімнати, що значно спрощує та здешевлює впровадження МКГ технології у клінічну практику.

Конкретна реалізація способу у винаході детально описана з метою ілюстрації. Зрозуміло, що на практиці, люди, досвідчені в кардіології та аналізі МКГ даних можуть внести деякі зміни і модифікації, наприклад, інший часовий інтервал кардіоциклу, інші варіанти поєднання різних типів відхилень від норми, ввести в розгляд більш, ніж 3 кількість областей з підвищеною та пониженою густиною струму або інші кількісні чи напівкількісні топологічні параметри вказаних областей, модифікувати вирішувальне правило, збільшивши чи зменшивши кількість діагностичних висновків та їх інтерпретацію, застосувати описаний спосіб до автоматизованого комп'ютерного аналізу, до оцінки карт розподілу магнітного поля та інше. Проте, ми вважаємо, що вказані зміни і модифікації є такими, що зроблені без суттєвих відхилень від даного винаходу, а тому вони підпадають під дію цього винаходу.



Фиг. 1.



Фиг.2



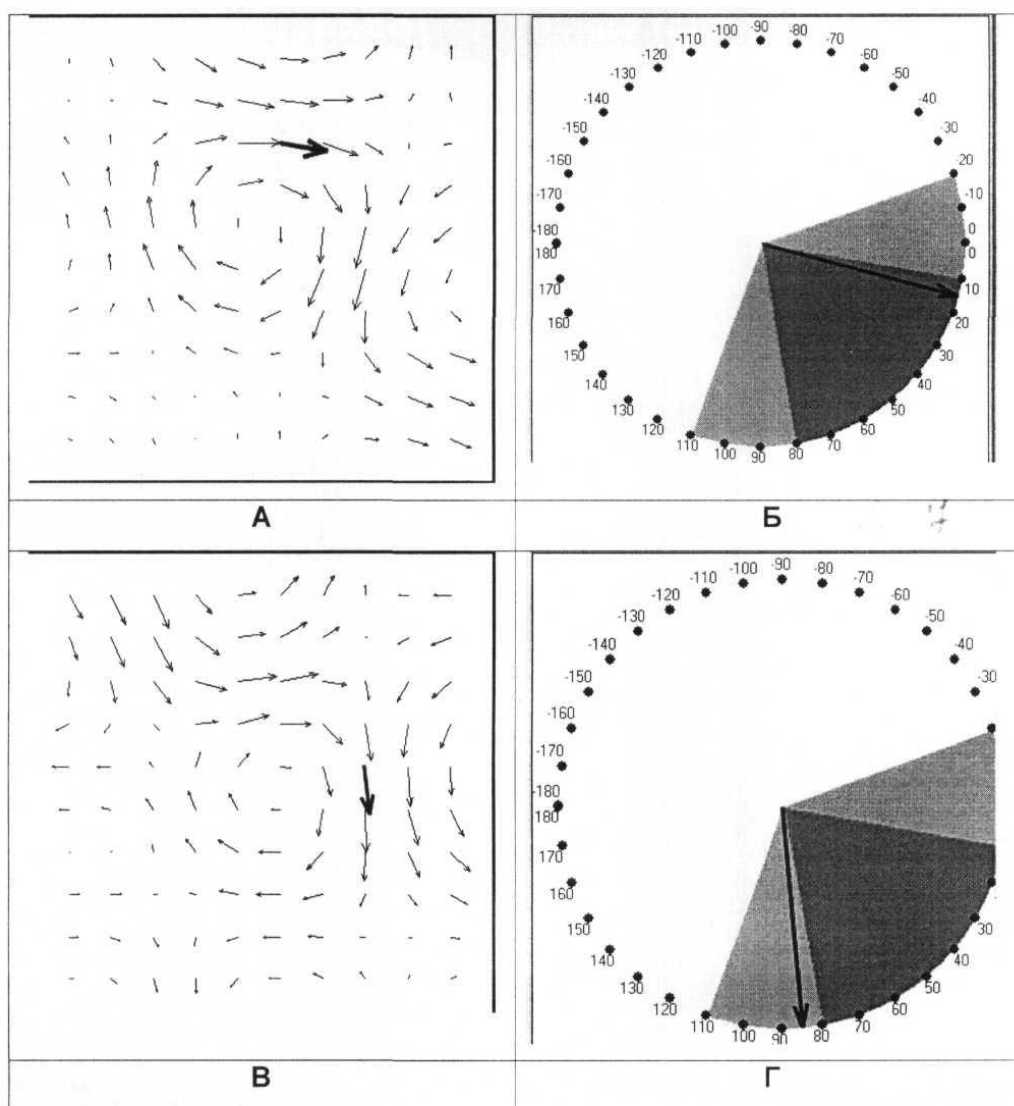


Fig. 3

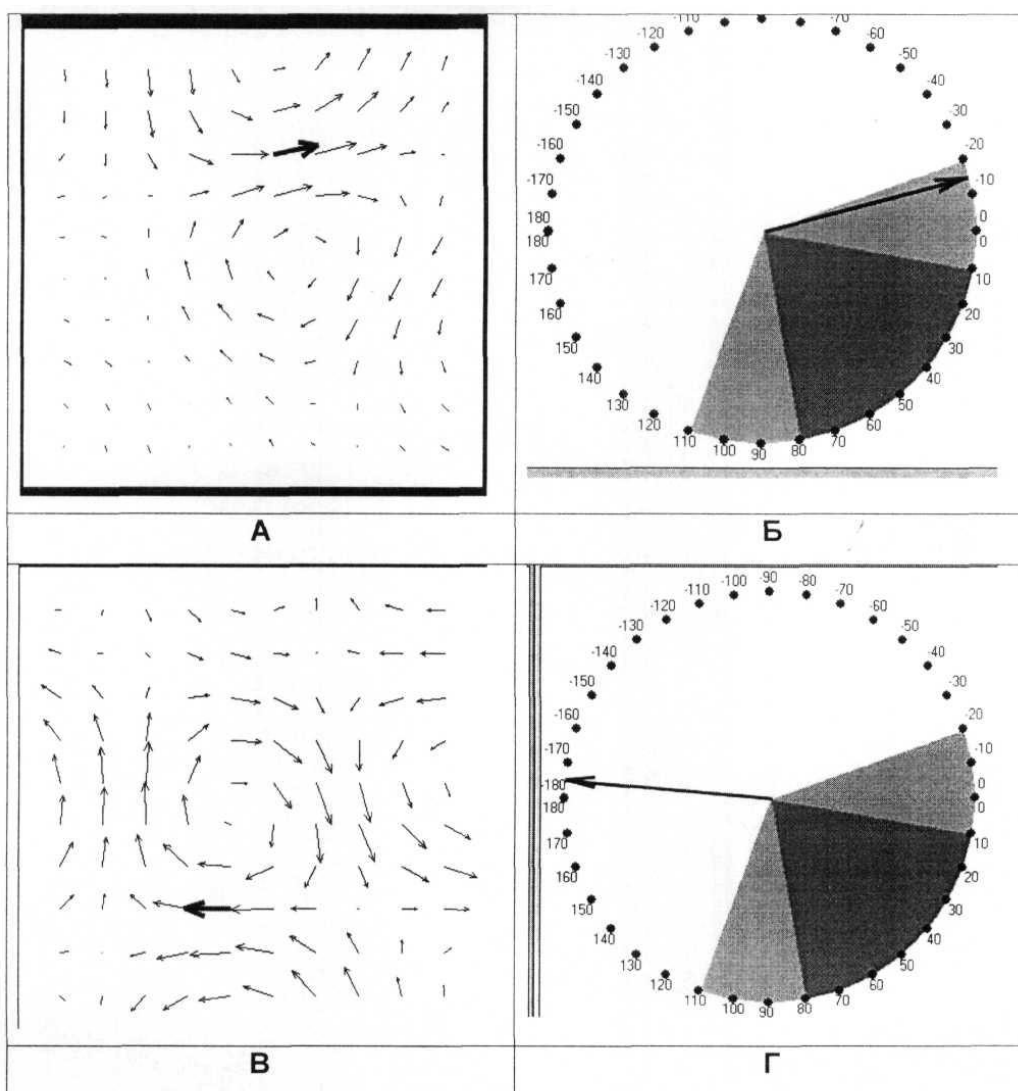


Fig.4

ТИП ГЕННОСТІ	НЕГОМО-	РЕГІОНАЛЬНА		
	СТУПІНЬ	МАЛА	СЕРЕДНЯ	ВЕЛИКА
ГЛО-	МАЛА	МАЛА	НИЖЧЕ СЕРЕДНЬОГО	СЕРЕДНЯ
БА-	СЕРЕДНЯ	НИЖЧЕ СЕРЕДНЬОГО	СЕРЕДНЯ	ВИЩЕ СЕРЕДНЬОГО
ЛЬ-	ВЕЛИКА	СЕРЕДНЯ	ВИЩЕ СЕРЕДНЬОГО	ВЕЛИКА
НА				

А

ТИП ГЕННОСТІ	НЕГОМО-	РЕГІОНАЛЬНА		
	СТУПІНЬ ТА ВАГА	МАЛА 0	СЕРЕДНЯ 1	ВЕЛИКА 2
ГЛО-	МАЛА 0	НОРМА 0	МАЛА 1	СЕРЕДНЯ 2
БА-	СЕРЕДНЯ 1	МАЛА 1	СЕРЕДНЯ 2	ВЕЛИКА 3
ЛЬ-	ВЕЛИКА 2	СЕРЕДНЯ 2	ВЕЛИКА 3	ДУЖЕ ВЕЛИКА 4
НА				

Б

Фіг. 5