



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61607 (13) A

(51) 7 A61B8/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ АДЕКВАТНОСТІ ГЕМОДІАЛІЗУ

1

2

(21) 2003032197

(22) 13 03 2003

(24) 17 11 2003

(46) 17 11 2003, Бюл. № 11, 2003 р.

(72) Рудницький Олександр Геннадійович,  
Гринченко Віктор Тимофійович, Макаренков Ана-  
толій Павлович, Майданник В'талій Григорович,  
Макаренков Олексій Анатолійович(73) ІНСТИТУТ ГІДРОМЕХАНІКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб контролю адекватності гемодіалізу, що базується на реєстрації коливального прискорення тонів серця з наступною комп'ютерною обробкою сигналів, який відрізняється тим, що коливальне прискорення тонів серця реєструють акселерометрами, розміщеними на поверхні грудної клітки пацієнта, після чого проводять фрактальний аналіз тонів серця на основі законів нелінійної динаміки, по результатах якого визначають об'єктивний стан гемодіалізного хворого

Винахід відноситься до галузі медичної техніки, а саме — до медичної акустики

Відомі засоби і прилади електронної аускультати (стет фонендоскопи, фонокардіографи) пульсоміри, електрокардіографи, електронні манометри [1-4]

В означених приладах з допомогою мікрофонів, датчиків електричних потенціалів та датчиків тиску вимірюються відповідно звуки життєдіяльності людини (звуки серця, дихальні звуки, звуки судинної системи та звуки тракту травлення), електрична проводимість (потенціал) або систолічний та діастолічний тиск. Подальша обробка отриманих сигналів, моніторинг та діагностика здійснюються безпосередньо діагностом або з допомогою персональних комп'ютерів, що дозволяє оцінювати стан здоров'я, і частково, адекватність гемодіалізу.

Найбільш близьким до способу, що пропонують автори, є спосіб оснований на використанні комп'ютерної системи реєстрації та аналізу дихальних шумів і серця [5], в якому реєстрація звуків серця та дихання людини проводиться мікрофонами, а наступна комп'ютерна обробка дозволяє формувати монохромне зображення зареєстрованих на грудній клітці звукових сигналів, у вигляді спектрограм. До недоліків цього способу треба віднести те, що виділення діагностичних ознак здійснюється на основі тільки спектрального аналізу звуків серця та дихальних шумів.

Дослідження, виконані авторами показали, що спектральна обробка, що використовується в означеному патенті, не здатна достовірно виявляти

зміни акустичних характеристик звуків серця пацієнтів у процесі діалізу. Це стало можливим лише при використанні фрактального аналізу тонів серця на основі методів нелінійної динаміки.

Задачею винаходу є підвищення ефективності неінвазивного моніторингу процесу гемодіалізу з метою відслідковування стану пацієнта в реальному масштабі часу на основі комп'ютерного фрактального аналізу тонів серця.

Поставлена задача вирішується тим, що при способі контролю адекватності гемодіалізу, що базується на реєстрації коливального прискорення тонів серця з наступною комп'ютерною обробкою сигналів, коливальне прискорення тонів серця реєструють акселерометрами, розміщеними на поверхні грудної клітки пацієнта, після чого проводять фрактальний аналіз тонів серця на основі законів нелінійної динаміки, по результатах якого визначають об'єктивний стан гемодіалізного хворого.

Використання в якості діагностичних признаков характеристик кореляційного інтегралу (як топологічних характеристик атратора), дає можливість в реальному масштабі часу підвищити ефективність моніторингу діалітичних пацієнтів.

Спосіб, що пропонується, неінвазивний, бо при реєстрації тонів серця не відбувається порушення цілісності організму, і є пасивним способом контролю в зв'язку з тим, що він не потребує підв'язування енергії (будь-якого виду) до організму пацієнта. Аналіз здійснюється в реальному масштабі часу, що дає можливість корегувати процедуру гемоді-

(13) A

(11) 61607

(19) UA

лиза і при необхідності вчасно здійснювати необхідні лікувальні заходи (медикаментозну допомогу та керування апаратом "штучна нирка")

Практика використання розробленого способу в умовах стаціонару показала, що такий підхід, а саме, визначення нелінійно-динамічних характеристик тонів серця з наступним візуальним аналізом кореляційного інтегралу є найбільш ефективним способом контролю адекватності процедури діалізу, не лише в силу високої діагностичної ефективності, але й через практично абсолютну екологічну чистоту

Комп'ютерний комплекс на якому здійснюється діагностика (фіг. 1) складається з високочутливих мініатюрних п'єзокерамічних акселерометрів 1, багатоканальних малошумних підсилювачів з системою фільтрів високих і низьких частот 2, персонального комп'ютера зі спеціалізованим програмним забезпеченням 3, розробленим авторами винаходу. Для контролю якості сигналу використовуються головні телефони 4, підключені до виходу частотних фільтрів підсилювача, а також комп'ютерна мультимедійна периферія

Спосіб реалізується таким чином: реєстрація тонів серця проводиться в симетричних точках на поверхні грудної клітки пацієнта на рівні 2-го ребра праворуч і ліворуч від грудини. Оскільки сеанс діалізу триває біля 4 годин, тонокардіометричні сигнали реєструвалися через кожну годину. Було обстежено 12 пацієнтів з хронічною нирковою недостатністю в термінальній стадії, що знаходились на замісній нирковій терапії - програмному гемодіалізу. Крім того, додатково була протестована контрольна група пацієнтів, яка складалася з практично здорових людей. Реєстрація тонів серця у них проводилася в тих же точках і в тих же умовах, що й у основної групи, в лежачому положенні в контакт з працюючим апаратом "штучна нирка" (природньо без підключення до самого апарату). У цієї ж групи були записані сигнали на дельтоподібному м'язі, де звуки серця не прослуховувались, в подальшому це дало можливість простежити і виявити вплив фонових шумів на діагностичне значимі параметри. Окремо слід відзначити, велику варіабельність фізіологічних і клінічних показників основної групи пацієнтів, вік 18—65 років, 8 чоловіків і 4 жінки, стаж гемодіалітичної терапії від 1 року — 1 людина, 1—3 року — 6 людей, 3—6 років — 4 людини, понад 6 років — 1 людина, стан серцево-судинної системи: постінфарктний кардіосклероз — 1 людина, стенокардія напруги (1-й функціональний клас) — 1 людина, ренопаренхімна артеріальна гіпертензія — 4 людини, синдіалізна гіпотонія — 3 людини.

Характеристики тонокардіометричних сигналів, записаних у пацієнтів в процесі діалізу з періодичністю одна година (перший вимір, як вже згадувалось раніше, проводився через 15 хвилин після початку діалізу, а останній - четверте - безпосередньо, перед відключенням від апарату

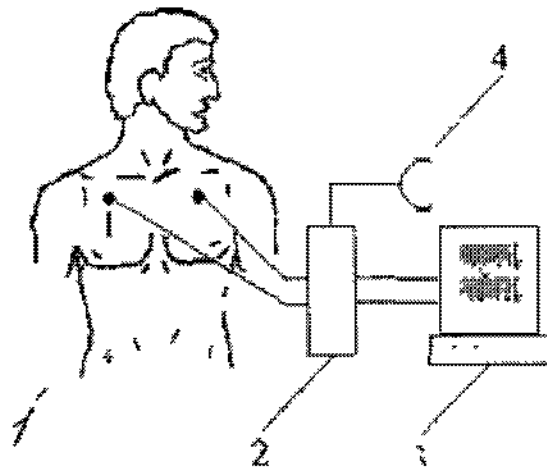
"штучна нирка"). Оскільки пацієнт в процесі діалізу залишався в одному й тому ж положенні, в одних і тих же умовах, вважаємо, що система замкнута і її стан визначається лише внутрішніми параметрами. Окрім нелінійно-динамічних характеристик розраховувався також спектр потужності для кожної тонокардіометричної реалізації.

При аналізі тонокардіометричних сигналів було виявлено, що поведінка серцево-судинної системи пацієнтів, що знаходяться на гемодіалізі, визначається нелінійно-динамічними закономірностями. Для кількісної оцінки нами використовувалась кореляційний інтеграл.

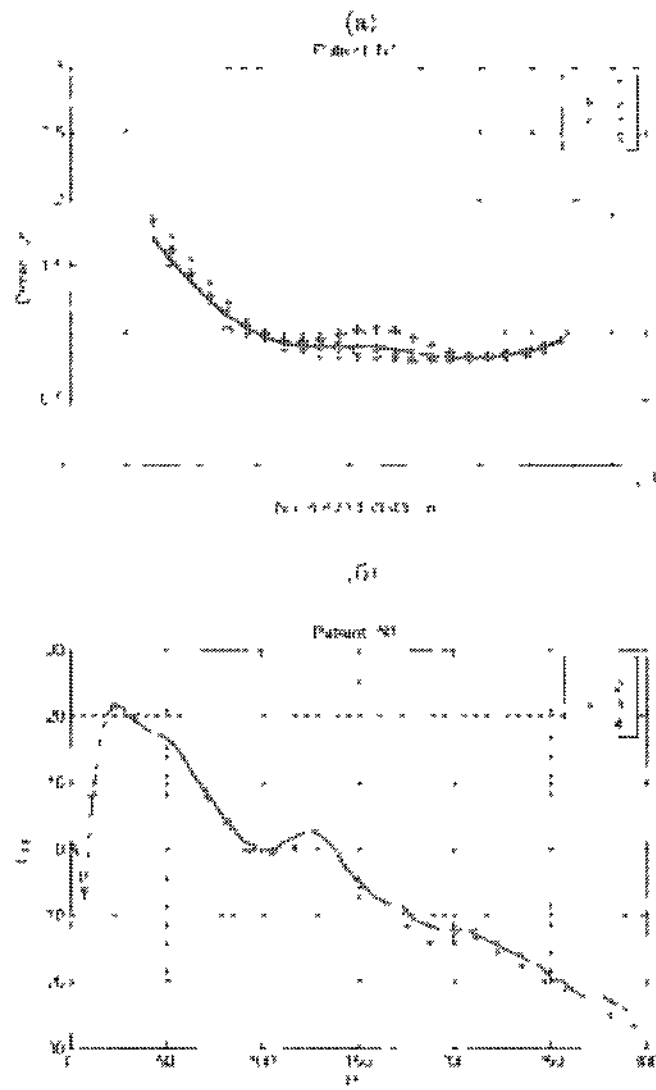
Дослідженнями встановлено, що всю робочу вибірку пацієнтів можна поділити на дві групи. В першу групу входять ті пацієнти, у яких під час діалізу виявлені варіації кореляційного інтегралу. Клінічно у цих хворих спостерігалось загальне погіршення самопочуття, скарги на головний біль, зміни АТ в сторону підвищення чи зниження від тиску, що називається "робочим", вегетативні розлади у вигляді потіння, гіперсалівації, нудоти, запаморочення, шкіряний зуд, синдром "неспокійних ніг". Це вимагало проведення симптоматичної терапії під час сеансу гемодіалізу. В другу групу входять пацієнти, кореляційний інтеграл яких у діагностичне значимому скейлінговому діапазоні не виявляє істотних варіацій. Вони, як правило, порівняно легше переносили діаліз, мали стабільні показники АТ і не подавали суб'єктивних скарг під час гемодіаліза.

На фіг. 2-3 наведені репрезентативні зразки розрахованих характеристик кожної із згаданих груп. На фіг. 2(а) і 3(а) зображені локальні значення кореляційної вимірності (похідна кореляційного інтегралу в скейлінговому діапазоні, що цікавить). Криві 1, 2, 3 і 4 відповідають першому, другому, третьому та четвертому виміру відповідно. На кожному з малюнків для 1-х вимірів наведені також значення середньоквадратичних відхилень. В діагностичне значущому скейлінговому інтервалі (інтервал II) значення кореляційної вимірності  $D$  при вкладеній вимірності  $n=16$  дорівнювали  $D=0,8\pm0,3$  для першої групи пацієнтів (стабільної). В той же час у другій групі значення кореляційної вимірності варіювали від 0,7 до 2,1. На фіг. 2(б) і 3(б) наведені усереднені спектри потужності відповідні описаним вище вимірам. Оскільки майже всі вони для кожного з пацієнтів співпадають з графічною точністю, тест на еквівалентність отриманих спектрів проводився у відповідності з алгоритмом, запропонованим у роботі [6].

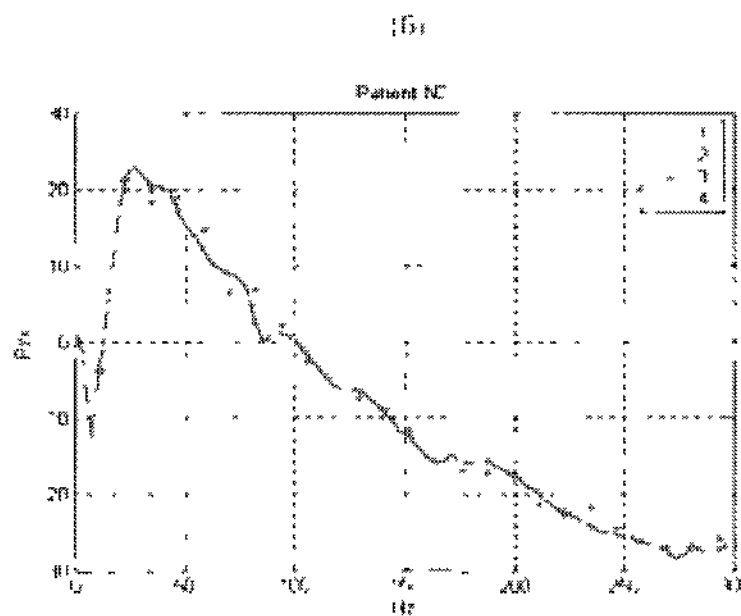
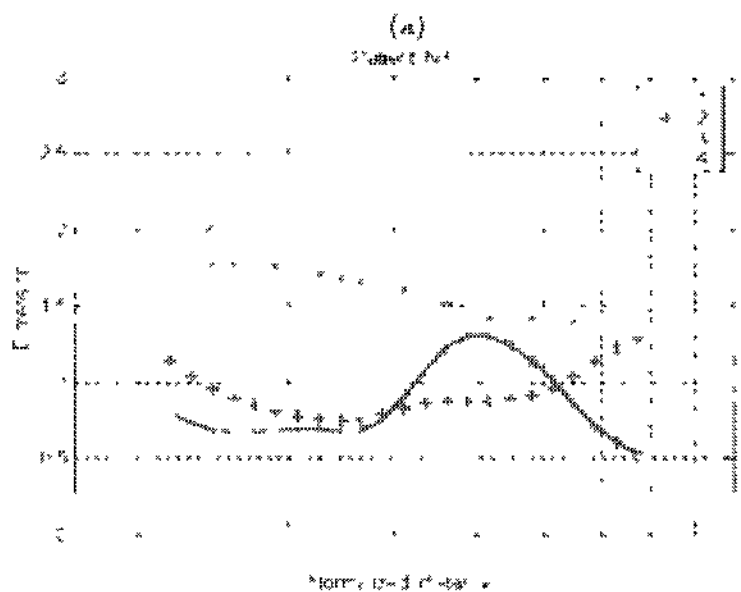
Таким чином, запропонований нами спосіб адекватності гемодіалізу не тільки дозволяє об'єктивно оцінювати переносимість пацієнтом цієї процедури, але й дозволяє вчасно вносити корективи в лікувальний процес, як в плані надання необхідної медикаментозної допомоги, так і в плані зміни режиму роботи апарату "штучна нирка".



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3