



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18953 (13) U  
(51) МПК (2006)  
A61B 5/00  
A61B 5/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОЇ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНІВ

1

2

(21) u200607111

(22) 26.06.2006

(24) 15.11.2006

(46) 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006 р.

(72) Чистякова Юлія Сергіївна

(73) Чистякова Юлія Сергіївна

(57) 1. Спосіб диференційованої оцінки та прогнозування функціонального стану спортсменів, що включає реєстрацію електрокардіограми у стані спокою, який **відрізняється** тим, що додатково проводять фрактальний аналіз серцевого ритму з обчисленням кількісного показника - Hurst-індекса та якісного показника - оцінки щільності та конфігурації атрактора, причому показник Hurst-індекса обчислюють за формулою

$$H = \lg(R/S) / \lg(\tau/b),$$

де H - Hurst-індекс;

$\tau$  - змінна функція;

R - розмах;  $R = \max R - R(t, \tau) - \min R - R(t, \tau)$ ;

S - стандартне відхилення;

b - поправковий коефіцієнт ( $b = 2$ ).

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що значення Hurst-індексу оцінюють за наступною градацією:

$H < 0,70$  - низьке;

$0,71 \leq H < 0,73$  - нижче середнього;

$0,73 \leq H \leq 0,76$  - середнє;

$0,76 < H \leq 0,79$  - вище середнього;

$H > 0,73$  - високе.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що кількісний показник оцінюють в балах від 1 до 3.

Корисна модель відноситься до спортивної медицини і може бути використаний в практиці лікарського контролю для оцінки та прогнозування функціонального стану спортсменів.

Відомі способи оцінки функціонального стану спортсменів на основі досліджень крові [наприклад, патент РФ №2056860, публ.] або на основі реєстрації біосигналів організму людини [патент України №4724, A61B 5/04]. Але за окремими показниками не можна повністю оцінити готовність спортсмена до виконання тренувальних і змагальних навантажень.

Відомі способи оцінки функціонального стану спортсменів на основі проведення ЕКГ-досліджень в стані спокою і з різними фізичними навантаженнями [наприклад, патент України №57675 A]. Але ці способи також не дають повної картини про функціональний стан спортсмена, бо внаслідок постійних тренувань і великих навантажень досить часто у спортсменів спостерігається аномальна ЕКГ.

В основу корисної моделі поставлена задача створити такий спосіб оцінки та прогнозування функціонального стану спортсменів, який давав би

можливість оцінювати стан як при нормальній, так і при аномальній ЕКГ.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі диференційованої оцінки та прогнозування функціонального стану спортсменів, який включає реєстрацію електрокардіограми в спокої, згідно корисній моделі, додатково проводять фрактальний аналіз серцевого ритму з обчисленням кількісного показника - Hurst-індекса та якісного показника - оцінки щільності та конфігурації атрактора, причому показник Hurst-індекса обчислюють за формулою:

$$H = \lg(R/S) / \lg(\tau/b),$$

де H - Hurst-індекс;

$\tau$  - змінна функція;

R - розмах;  $R = \max R - R(t, \tau) - \min R - R(t, \tau)$

S - стандартне відхилення;

b - поправковий коефіцієнт ( $b = 2$ )

Задача вирішується також тим, що значення Hurst-індексу оцінюють за наступною градацією:

$H < 0,70$  - низьке;

$0,71 \leq H < 0,73$  - нижче середнього;

(13) U

(11) 18953

(19) UA

$0,73 \leq H \leq 0,76$  - середнє;

$0,76 < H \leq 0,79$  - вище середнього;

$H > 0,79$  - високе.

Кількісний показник оцінюють в балах, від 1 до

3.

На фігурах 1-5 представлені різні варіанти атракторів.

Приклад здійснення способу.

Дослідження проводять з використанням комп'ютерної системи триканального керованого фізіологічного експерименту з автоматичним записом показників "Ведун". Запис ЕКГ-даних здійснюють протягом 15 хв (у стані спокою протягом 5хв; при функціональній пробі із затриманням дихання на видиху протягом 35с, у період відновлення після затримання дихання протягом 5хв). Положення обстежуваних - сидячи, не менше ніж через 2 год. після прийняття їжі, в інтервалі часу від 10 до 13 годин. Реєструють ЕКГ у II стандартному відведенні не менше, ніж 5хв., з допомогою кардіоскопа, з аналогового виходу якого сигнал поступає на 21-канальний АЦП у реальному часі з чотирьохканальним контролем ацифрованого сигналу на моніторі, можливістю управління зворотним зв'язком з об'єктом при швидкості обміну 0,002с.

На вході вибирають до 16 каналів і 3 канали зворотного зв'язку, задають частоту дискретизації (до 400Гц по кожному каналу), автоматично записують дату, протокол дослідження, паспортні дані й антропометричні показники випробуваного спортсмена. Цифрові дані передають в персональний комп'ютер IBM, де вони записуються на жорсткий диск і опрацьовуються в режимі "off-line" з допомогою розробленого пакета програм "Ведун" і "Cardio-95" Windows. Отримані результати запису ЕКГ-сигналу трьох періодів спокою, навантаження і відновлення - опрацьовуються методом фракталів, статистичними методами з побудовою гістограм розподілу. Для аналізу фракталів серцевого ритму використовуються: кількісний показник Hurst-індекс (індекс самоподібності коливань серцевого ритму) і якісний показник - оцінка атрактора в балах (від 1 до 3).

Вирахування Hurst-індексу (індексу самоподібності або стохастичності системи) у проводиться за формулою, яка відома як формула Е. Федера:

$$H = \lg(R/S) / \lg(\tau/b),$$

де  $H$  - Hurst-індекс;

$\tau$  - змінна функція;

$R$  - розмах;  $R = \max R - R(t, \tau) - \min R - R(t, \tau)$

$S$  - стандартне відхилення;

$b$  - поправковий коефіцієнт ( $b = 2$ ).

Оцінювання значення Hurst-індексу проводиться за такою градацією:

$H < 0,70$  - "низьке";  $0,71 \leq H < 0,73$  - "нижче середнього";  $0,73 \leq H \leq 0,76$  - "середнє";  $0,76 < H \leq 0,79$  - "вище середнього";  $H > 0,79$  - "високе".

Зображення атрактора отримують на екрану монітору.

Оцінювання атрактора проводять за формалізованою оцінкою його щільності і конфігурації в балах наступним чином. При отриманні атрактора,

що характеризується хаосом, з малою щільністю і широкою конфігурацією (Фіг.1) - 3 бали;. При отриманні "перехідного" атрактора, що містить у своїй основі правильну геометричну фігуру зі збільшенням його щільності і зменшенням конфігурації (Фіг.4) (стійкий граничний цикл системи) з можливою появою нерівномірного спектра розподілу за рахунок формування позамежних циклів - 2 бали; при отриманні атрактора у вигляді точки (Фіг.2 і 5) з високою щільністю й вузькою конфігурацією (стійкий стаціонарний стан системи) - 1 бал.

Нижче описані атрактори спортсменів з різними морфофункціональним станом серцево-судинної системи за даними ЕКГ та успішністю змагальної діяльності. Фіг.1 - атрактор, що характеризується "хаосом" спортсмена високої кваліфікації (боротьба вільна, КМС) з ЕКГ-ознаками метаболічної КМП (аномальною ЕКГ) та позитивною динамікою успішності змагальної діяльності. Hurst-індекс дорівнює 0,7918 - "вище середнього". Такий спортсмен, хоч і має аномальну ЕКГ, здатний досягати високих результатів і може тренуватись з повним навантаженням.

Фіг.2 - атрактор у вигляді граничного циклу спортсмена високої кваліфікації (легкоатлет, МС) з аномальною ЕКГ, Hurst-індекс дорівнює 0,6992 - "низький", такий спортсмен погіршує спортивний результат.

Фіг.3 - атрактор, що характеризується "хаосом", спортсмена високої кваліфікації (баскетбол, МС) з нормальною ЕКГ та позитивною динамікою успішності змагальної діяльності. Hurst-індекс дорівнює 0,7915 - "вище середнього".

Фіг.4 - атрактор "перехідний" спортсмена високої кваліфікації (футзал, КМС) з нормальною ЕКГ, Hurst-індекс 0,6874 - "низький". Такий спортсмен, хоч і має нормальну ЕКГ; погіршує спортивний результат.

Фіг.5 - атрактор у вигляді граничного циклу з нормальною ЕКГ спортсмена високої кваліфікації (футзал, КМС), який погіршує спортивний результат. Hurst-індекс дорівнює 0,6904 - "низький".

Спортсмен з порушеннями процесів реполяризації міокарда на ЕКГ, який має Hurst-індекс "вище середнього" і "високий", а також атрактор з малою щільністю і широкою конфігурацією, що відповідає оцінці "3 бали", допускається до тренувально-змагального процесу за відсутності інших протипоказань.

Спортсмена, який має Hurst-індекс "нижче середнього" або "низький" і атрактор у вигляді точки з високою щільністю й вузькою конфігурацією, що відповідає оцінці "1 бал", необхідно відсторонити від тренувально-змагального процесу навіть при наявності нормальної ЕКГ з послідовним моніторингом та ретельною діагностикою його функціонального стану, фармакологічною корекцією.

Апробація результатів дослідження у практиці лікарського контролю функціонального стану спортсменів показала суттєву ефективність фрактального аналізу серцевого ритму для прогнозування динаміки успішності їх змагальної діяльності, а також диференційованої оцінки ЕКГ-змін, що дозволяє використовувати метод фракталів під час скринінгу й індивідуального моніторингу функ-

ціонального стану спортсменів.



Fig. 1

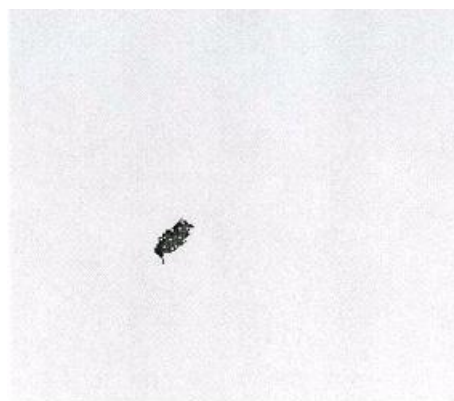


Fig. 2

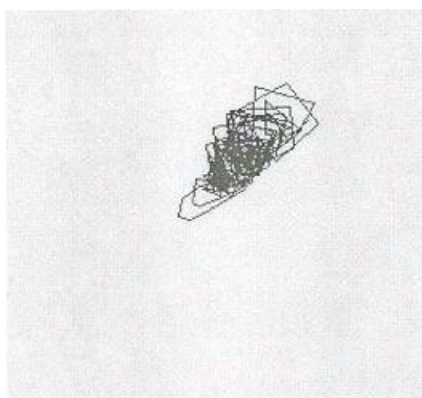


Fig. 3

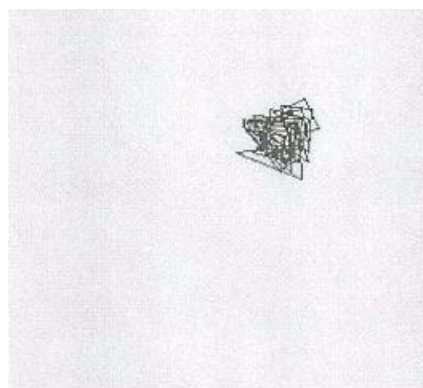


Fig. 4



Fig. 5