



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 115985

(13) U

(51) МПК

A61B 5/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 08430**

(22) Дата подання заявки: **01.08.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.05.2017**

(46) Публікація відомостей **10.05.2017, Бюл.№ 9**
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

**Лукаш Сергій Іванович (UA),
Будник Микола Миколайович (UA),
Вакал Лариса Петрівна (UA),
Лукаш Любов Леонідівна (UA)**

(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М.
ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ,**
просп. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-187,
03680 (UA),
Лукаш Сергій Іванович,
просп. Академіка Глушкова, 30, кв. 85, м.
Київ, 03187 (UA),
Будник Микола Миколайович,
вул. Миколи Юнкерова, 73, кв. 3, м. Київ,
04075 (UA),
Вакал Лариса Петрівна,
вул. Героїв Дніпра, 30, кв. 52, м. Київ, 04214
(UA),
Лукаш Любов Леонідівна,
просп. Академіка Глушкова, 30, кв. 85, м.
Київ, 03187 (UA)

(74) Представник:

Жук Віктор Олексійович, реєстр. №16

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ ПІД ДІЄЮ ДОЗОВАНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи людини під дією дозованого фізичного навантаження шляхом реєстрації ЕКГ серця людини не менш ніж в одному із 12-ти загальноприйнятих відведень згідно з тестами PWC170 та Руф'є-Діксона (РД) протягом 3-х періодів дослідження - з метою виявлення адаптаційних резервів ССС до дії фізичного навантаження, причому реєструють ЕКГ серця протягом всього тесту, включаючи стан спокою, періоди адаптації та відновлення; обчислюють тривалість R-R інтервалів та зберігають їх у пам'яті комп'ютера чи електрокардіографа; перераховують R-R інтервали в значення ЧСС за хвилину; будують графік залежності ЧСС від часу $P(t)$ з моменту початку реєстрації T_0 до моменту кінця реєстрації T_3 ;

розбивають інтервал часу на три ділянки: період спокою $T_0 < t < T_1$, період дії навантаження $T_1 < t < T_2$ та період відновлення $T_2 < t < T_3$;

на графіку визначають ЧСС людини в стані спокою P_1 , максимум ЧСС при навантаженні P_2 та значення ЧСС в кінці тесту P_3 .

UA 115985 U

Корисна модель належить до неінвазивних медичних способів діагностики, а саме до способів оцінювання стану серцево-судинної системи (ССС) та інших систем шляхом моніторингу електрокардіограми (ЕКГ) у реальному часі при фізичному навантаженні.

При визначенні функціонального стану (ФС) найбільш важливі зміни у людини відбуваються в системі кровообігу та дихання, що віддзеркалюється у зміні частоти серцевих скорочень (ЧСС), частоти та глибини дихання, і саме вони мають основне значення для вирішення питання про допуск до занять спортом та про рівень фізичної працездатності, зокрема школярів та студентів.

Визначити характеристики та зміни в ФС дають змогу різноманітні тести або проби. Відомо багато тестів аналізу стану СССР, пов'язаних з вимірами пульсу:

1. Визначення рівня фізичної працездатності по PWC170 (Physical Working Capacity).

2. Функціональна проба Гарвардський степ-тест.

3. Проба Руф'є-Діксона.

4. Комбіновані тести із вимірюванням додаткових характеристик: артеріальний тиск, споживання кисню та інших.

Відомий спосіб визначення рівня фізичної спроможності за допомогою проби Руф'є-Діксона (РД). Останнім часом цю пробу як найбільш просту і дешеву в застосуванні запроваджено в Україні на державному рівні для оцінювання стану СССР при розподілі учнів на групи здоров'я для занять фізкультурою [1].

Тест Руф'є-Діксона полягає в наступному - 5 хв учень перебуває у спокої, пульс спокійний та рівномірний $P1^*$ (індекс * означає виміри пульсу за 15 с з наступним перерахунком на хвилину). Потім він виконує 30 присідань за 45 сек. Одразу після присідань підраховується величина $P2^*$ за перші 15 с, та величина $P3^*$ теж за 15 с в проміжок часу між 45 та 60 секундами після зняття навантаження в період відновлення. Тест може потребувати повторення, тому що на результати впливає нервовий стан дитини перед обстеженням або недостатнє відновлення після попереднього фізичного навантаження. Індекс Руф'є (ІР) обчислюють як:

$$IP = (4 \cdot (P1^* + P2^* + P3^*) - 200) / 10 - (1)$$

де $P1^* = P1/4$, $P2^* = P2/4$, $P3^* = P3/4$, тобто, пульс у відповідному стані за перші 15 секунд. Значення пульсу $P1$, $P2$, $P3$ вимірюється в прийнятих одиницях - ударів за хвилину (1/хв).

ІР для кожного пацієнта повинен знаходитися в проміжку показників від 0 до 21. Стан СССР при значенні ІР для людей середнього віку наступний:

- менше 3 - відмінне серце (високий рівень);

- 4-6 - добре серце (рівень вище середнього);

- 7-9 - середній рівень;

- 10-14 - серцева недостатність середнього ступеня (задовільний рівень);

- понад 15 - серцева недостатність сильного ступеня (низький рівень). Однак, обчислюючи ІР по традиційній методиці і порівнюючи з даними спеціальних таблиць, лікарі отримують хибні (малодостовірні) оцінки стану СССР та фізичної працездатності, що пов'язано як з технічними похибками при самих вимірах пульсу, так і не завжди врахованими віковими, статевими особливостями, видами діяльності, історією захворювань, значним діапазоном відхилень значень індексу Руф'є при характеристиці певного стану.

Відомі, способи оцінки стану СССР [2-5]. Так, в [2] дають кількісну оцінку стану СССР шляхом обчислення коефіцієнта адаптації як відношення зміни часу затримки дихання на видиху $Ka = Kc \times [(T1-T2)/T1]$, де Kc - коефіцієнт серцевих скорочень; $T1$ - час затримки дихання на видиху, $T2$ - час відновлення частоти серцевих скорочень до початкового рівня. Однак параметр $T2$ математичної моделі, який реєструється, недостатньо об'єктивно відображає стан СССР, бо при відновленні рівня дихання до початкового рівня, ЧСС, яка є інтегральним показником діяльності СССР, в більшості випадків проявляє неадекватні властивості, не враховується вплив нейровегетативних і рефлексорних механізмів на синусовий ритм серця. Разом з цим, спірографічні дані не зовсім об'єктивні щодо оцінки СССР у вигляді її графічних оцінних параметрів.

В способі оцінки функціонального стану СССР людини [3] шляхом реєстрації ЕКГ не менш ніж в одному ЕКГ відведенні, обчислення кількісних параметрів усередненого кардіоциклу, варіабельності ритму серця (ВРС), порушень частоти, ритмічності та послідовності скорочень серця, оцінки форми усередненої ЕКГ на основі різних математичних методів, у якому: обчислюють нормовані показники шляхом нормування кількісних параметрів на шкалу від 0 до 100 умовних одиниць - балів, формують зазначені показники та ДК в ієрархічну структуру з 4-х рівнів, в якій кожний наступний рівень утворюють шляхом усереднення показників, отриманих на попередньому рівні. Далі формують 1-й рівень як множину нормованих показників, формують 2-й рівень як 6 груп споріднених показників з близьким фізіологічним змістом, які включають

групу амплітудно-часових показників ЕКГ (1), які відповідають за оперативний контроль стану міокарда, групу показників ВРС (2), які відповідають за оперативний контроль регуляції ССС, групу показників порушень ритму серця (3), які відповідають за оперативний контроль стану ССС, групу амплітудно-часових показників ЕКГ (4), які відповідають за оцінку стану резервів міокарда, групу показників ВРС (5), які відповідають за оперативний контроль оцінки резервів регуляції ССС, групу показників порушень ритму серця (6), які відповідають за оцінку стану резервів ССС, обчислюють 6 узагальнених показників шляхом усереднення значень окремих показників кожної групи. На 3-му рівні обчислюють 3 інтегральні ДК, які включають ДК оцінки стану міокарда як середнє від показників (1) та (4), ДК оцінки регуляції ССС як середнє від показників (2) та (5), ДК діагностики порушень ритму серця як середнє від показників (3) та (6), на 4-му рівні обчислюють узагальнений ДК функціонального стану ССС шляхом усереднення 3-х ДК, отриманих на 3-му рівні. В результаті формулюють висновок, що функціональний стан ССС нормальний, порушений незначно, помірно чи суттєво, якщо значення узагальненого ДК для поточного стану знаходиться в діапазоні $75 < \text{ДК} < 100$, $50 < \text{ДК} < 75$, $25 < \text{ДК} < 50$ чи $\text{ДК} < 25$ відповідно, всі дії виконують на комп'ютері з відображенням результатів на дисплеї комп'ютера та їх роздрукуванням на принтері.

Проте, недоліком способів [2, 3] є те, що вони не передбачають застосування фізичного навантаження на особу при обстеженні. Натомість в способах оцінки фізіологічної ціни чи функціонального стану ССС під дією психоемоційного чи фізичного навантаження [4, 5] виконують не менш ніж 20-ти ЕКГ кардіоциклів в одному чи декількох загальноприйнятих ЕКГ відведеннях у 3-х станах - спокою, на максимумі навантаження та після закінчення періоду реституції, визначали усередненням ЧСС і інших амплітудно-часових параметрів ЕКГ та обчислювали відношення показників для станів "максимум навантаження/стан спокою" та "максимум навантаження/після закінчення періоду реституції". В кінці роблять висновок, що фізіологічна ціна навантаження низька (середня чи висока), якщо ціни наростання та спадання низькі, не менш ніж одна ціна середня чи висока.

В цих винаходах вирішувалась задача вдосконалення способу оцінки механізму адаптації ССС до психоемоційного чи фізичного навантаження на основі вивчення процесів адаптації ССС при переході: 1) від спокою до навантаження та 2) від навантаження до реституції. Основний недолік [3, 4] - це технічна апаратна складність та застосування простого порогового вирішувального правила з якісною оцінкою, яка може лише виявити наявність/відсутність скорочувального чи коронарного резерву адаптації. На противагу цьому в тесті Руф'є-Діксона оцінка стану в якісному виразі виконується на основі 5-значної шкали градацій індексу від 0 до >20 .

У способі-прототипі визначення механізму адаптації ССС до фізичного чи психоемоційного навантаження [6] реєструють ЕКГ послідовно у 3-х станах, обчислюють усереднену ЧСС та набір 10-ти кількісних амплітудно-часових ЕКГ параметрів, аналогічно [4, 5], відрізняється тим, що ці параметри нормують на ЧСС, знаходять їх відношення для станів "максимум навантаження/спокій" та після закінчення періоду "реституції/максимум навантаження". Далі визначають ступінь активації різних механізмів до наростання та спадання навантаження. Висновок роблять згідно з 3-значним правилом, - механізм хронотропно-дротропний, коли середній ступінь активації дротропного механізму більший за такий для ізотропного механізму даного рівня, хронотропно-інотропний, коли для даного рівня середній ступінь активації інотропного механізму перевищує такий для дротропного механізму не менше ніж на 0,2 або хронотропно-інотропно-дротропний, коли для даного рівня середній ступінь активації інотропного механізму перевищує такий для дротропного механізму менше ніж на 0,2.

Вибір прототипу [6], як найбільш близького за сукупністю суттєвих ознак об'єкта аналогічного функціонального призначення, дозволило визначити сукупність суттєвих відмітних ознак, викладених у формулі корисної моделі.

В основу даної корисної моделі поставлено задачу - розробити кількісний спосіб визначення стану ССС, підвищити точність оціночного критерію на основі графічного відображення залежності ЧСС під дією навантаження, її апроксимації, введення нових кількісних показників, що надає можливість прогнозування змін у часі стану ССС, спрощення вимірювань та обчислень (див. наприклад, [7]).

Поставлена задача вирішується шляхом:

1) реєструють ЕКГ серця протягом всього тесту, включаючи стани спокою та дії навантаження, обчислюють тривалість R-R інтервалів та зберігають їх у пам'яті комп'ютера чи електрокардіографа, перераховують R-R інтервали в значення ЧСС за хвилину,

2) будують графік залежності ЧСС від часу $P(t)$ з моменту початку реєстрації ТО до моменту кінця реєстрації ТЗ;

3) розбивають інтервал часу на три ділянки: період спокою $T0 < t < T1$, період дії навантаження (адаптації) $T1 < t < T2$ та період відновлення (реституції) $T2 < t < T3$;

4) на графіку визначають ЧСС людини в стані спокою $P1$, максимум ЧСС при навантаженні $P2$ та значення ЧСС в кінці тесту $P3$, які визначаються згідно з виразами відповідно (2-4), де t - поточний час;

$$P(t = T1) = P1, (2)$$

$$P(t = T2) = P_{\max} \equiv P2, (3)$$

$$P(t = T3) = 1,2 \cdot P1 = P3, (4)$$

5) для спрощення обчислень при масових обстеженнях людей та застосуванні дозованих навантажень, для періодів адаптації та відновлення використовують лінійну апроксимацію залежності ЧСС, відповідно (5) та (6):

$$f_2(t) = P1 + VA \cdot t, (5)$$

$$f_3(t) = P2 - VB \cdot t, (6)$$

де VA та VB - швидкість адаптації та відновлення ССС під дією навантаження, які

6) обчислюють згідно з виразами відповідно (7) та (8):

$$VA = (P2 - P1) / (T2 - T1), (7)$$

$$VB = (P_{\max} - P3) / (T3 - T2), (8)$$

7) обчислюють час адаптації TA та час відновлення TB згідно з виразами

$$TA = \frac{60}{VA}, TB = \frac{60}{VB}, (9)$$

8) обчислюють індикативний пульс PIH згідно з виразом

$$PIH = C - Age, (10)$$

де Age - біологічний вік особи, постійна $C = 220/205$ для осіб старше/молодше 50 р,

9) обчислюють резерв ЧСС згідно з виразом

$$P_{ЧСС} = PIH - P1, (11)$$

10) обчислюють інтенсивність фізичного навантаження ($I\Phi H$) згідно з виразом

$$I\Phi H = \frac{P_{\max} - P1}{P_{ЧСС}} \cdot 100\%, (12)$$

11) приймають отримані значення показників $P1$, P_{\max} , VA , VB , PIH , $P_{ЧСС}$, $I\Phi H$, TA , TB за первісну індивідуальну норму ФС ССС даної людини,

12) повторно обстежують особу, обчислюють зазначені показники $P1$, P_{\max} , показники (7-12), та приймають їх за поточну індивідуальну норму,

13) порівнюють зазначені показники із первісною індивідуальною нормою і на цій основі роблять оцінку ФС ССС людини під дією навантаження, а саме, якщо показники зменшилися не більш ніж на 20 %, діагностують, що ФС знаходиться у нормі, якщо один з показників змінився більш ніж на 20 %, то ФС погіршився незначно, якщо два і більше показників змінилися більш ніж на 20 %, то ФС погіршився суттєво.

Технічний результат полягає у можливості:

1) визначити ЧСС у динаміці;

2) оцінити кількісно параметри адаптації та відновлення організму людини під дією навантаження, тривалість адаптації та відновлення в реальному часі;

3) визначити інтенсивність навантаження для людини відповідно статі, віку, виду занять, існуючого стану здоров'я;

4) прогнозувати можливий розвиток стану здоров'я;

5) надавати рекомендації щодо допустимого рівня навантажень в різних умовах праці чи режимах тренувань, в медицині праці або в спортивній медицині;

6) оптимально керувати інтенсивністю навантаження для запобігання негативних проявів перевантаження на основі порівняння кількісних параметрів адаптації та відновлення ССС у даної людини;

7) підвищити достовірність визначення індексу Руф'є-Діксона.

Такий спосіб обчислення та представлення індексу Руф'є з кількісними параметрами дозволить більш повно, рівномірно та достовірно розподіляти школярів по групах для спортивних занять відповідно їх фізичному стану.

Короткий опис ілюстрацій:

5 Фіг. 1. - Апроксимація зміни ЧСС у часі для різних періодів згідно з тестом Руф'є-Діксона: вісь "ЧСС" - значення ЧСС, 1/хв, вісь "Час" - поточний час, Т1, Т2, Т3 та цифрові позначки - моменти часу у секундах, що визначаються згідно з тестом РД, Ртах - максимальне значення ЧСС при навантаженні, Р1, Р2*, Р3, Р3* - значення ЧСС, обчислені в моменти часу, які визначаються згідно з тестом РД.

10 Фіг. 2. - Таблиця результатів оцінки стану ССС на основі тесту Руф'є-Діксона згідно з пропонованим способом у групи людей при навантаженні: ІР - індекс Руф'є, обчислений по традиційній методиці; вікові групи: 1-25-50 років, 2-50-70 років; вид діяльності: наукові співробітники; ♥ - серцеві хвороби різної важкості; РІН - індикативне значення ЧСС людини певного віку; Р1/Рмах - значення ЧСС на початку/в кінці дії навантаження; РЧСС - резерв ЧСС; ІФН - інтенсивність фізичного навантаження; VА та VВ - швидкість адаптації до навантаження та відновлення після навантаження; ТА та ТВ - періоди адаптації та відновлення.

Фіг. 3. - Залежність значення індексу Руф'є від віку обстежених людей.

Фіг. 4. - Залежність швидкості адаптації ССС до дії навантаження від віку.

Фіг. 5. - Залежність швидкості відновлення ССС після дії навантаження від віку.

20 Фіг. 6. - Залежність періоду відновлення ССС після дії навантаження від віку.

Слід врахувати, що величина навантаження при виконанні тесту Руф'є значно менше, ніж в тесті РWC170, і максимально досягнуте значення ЧСС Рмах теж буде менше. Це дозволяє при апроксимації даних на малих інтервалах часу дії навантаження використати лінійні функції (5-6), кут нахилу яких характеризує швидкість протікання процесу адаптації або відновлення організму конкретної людини до та після дії навантаження.

25 Основна реалізація способу включає виконання такої послідовності дій згідно з методикою виконання тесту Руф'є [7]:

1) за допомогою електрокардіографа виконують реєстрацію ЧСС із записом даних в пам'ять ПК протягом усього дослідження;

30 2) в стані спокою - визначають моменти часу Т0, Т1 та значення пульсу Р1;

3) після моменту Т1 виконують навантаження у вигляді 30 присідань за 45 с;

4) припиняють дію навантаження і фіксують час Т2 та ЧСС Рмакс = Р2;

5) після досягнення величини ЧСС, що дорівнює значенню $P3=1,2P1$, фіксують момент часу Т3, запис ЕКГ припиняють;

35 6) за допомогою програмного забезпечення визначають тривалість R-R інтервалів, виконують обробку та аналіз вимірів статистичним та геометричним методами;

7) кожне значення R-R інтервалу перераховують в ЧСС за хвилину;

8) на графік залежності ЧСС у часі наносять значення, що відповідають Р1, Рмакс=Р2, Р3 в моменти Т1, Т2, Т3 відповідно (Фіг. 1);

40 9) протягом періоду адаптації Т1-Т2 залежності ЧСС апроксимують лінійним рівнянням (5), звідки визначають швидкість адаптації VА згідно з виразом (7);

10) аналогічно для інтервалу Т2-Т3 залежності ЧСС апроксимують лінійним рівнянням (6), звідки - швидкість відновлення VВ визначаємо згідно з виразом (8);

11) визначають періоди адаптації та відновлення згідно з виразами (9),

45 12) визначають середнє значення ЧСС по запису кардіограми Р2* для проміжку часу Т2-(Т2+15 с) та Р3* для проміжку часу (Т2+45 с) - (Т2+60 с) для підрахунку ІР по традиційній методиці як орієнтовного;

13) додатково обчислюють індекс Руф'є ІР по відомій формулі (1) [7];

50 14) за формулою (10) визначають РІН - індикативне значення ЧСС людини певного віку - менше чи більше 50 років;

15) визначають резерв ЧСС згідно з (11) та інтенсивність фізичного навантаження по формулі (12);

16) приймають отримані значення показників Р1, Рмакс, VА, VВ, РІН, РЧСС, ІФН, ТА, ТВ за первісну індивідуальну норму ФС ССС даної людини,

55 17) повторно обстежують особу, обчислюють зазначені показники Р1, Рмакс, показники (7-12), та приймають їх за поточну індивідуальну норму,

18) заповнюють таблицю, що показана на Фіг. 2, отриманими даними, порівнюють зазначені показники із первісною індивідуальною нормою і на цій основі роблять оцінку ФС ССС людини під дією навантаження, а саме, якщо показники зменшилися не більш ніж на 20 %, діагностують, що ФС знаходиться у нормі, якщо один з показників змінився більш ніж на 20 %, то ФС

погіршився незначно, якщо два і більше показників змінилися більш ніж на 20 %, то ФС погіршився суттєво.

При аналізі таблиці Фіг. 2 приймають до уваги різницю показників адаптації VA, TA та відновлення VB, TB первісного та поточних результатів. В цій таблиці представлено результати вимірювань та кількісні показники, що описують отримані дані. Ця сукупність є індивідуальною і характеризує особливості стану ССС конкретної людини. Аналіз їх змін у часі дає змогу виявити причини та прогнозувати можливі наслідки, надати рекомендації. Обчислення параметрів виконують за допомогою комп'ютерних програм.

Приклад: проведено обстеження групи людей різного віку, статі та стану здоров'я, але з близьким родом занять, визначено IP за стандартною методикою [10, 11], дані оброблено згідно з пропонуваним способом. Порівняльний аналіз даних Фіг. 2 демонструє чутливість пропонуваних параметрів швидкості адаптації та відновлення організму до таких факторів, як вік, стать, стан здоров'я, вид занять.

На Фіг. 3 подано залежність індексу Руф'є від віку. Видно, що для обстежених 7-ми осіб IP лежить в діапазоні 10-14. Такі малі зміни з віком дають недостатню інформацію про стан ССС, бо цей діапазон відповідає серцевій недостатності середнього ступеня (задовільний рівень), в той час як різниця значень швидкостей адаптації та відновлення (Фіг. 4-5) та періоду відновлення (Фіг. 6), свідчать про наявність патологій в організмі, різницю у віці. Значення параметрів пропонуваної моделі VA, TA та VB, TB від віку для обстежених осіб змінюються в рази.

Це пояснюється тим, що організм кожної людини є унікальним із властивими тільки їй особливостями, а моніторинг її стану, визначення тенденцій в змінах емпіричних показників дає більш достовірну інформацію про реальний стан здоров'я. Тому необхідний постійний моніторинг стану здоров'я людей медичним персоналом та сучасні портативні прилади медичної діагностики.

Згідно з експериментальними даними існує чіткий зв'язок запропонованих показників із віком осіб, видом діяльності, величиною навантаження та станом здоров'я. Відхилення від середнього значення індексу Руф'є для осіб з різним станом здоров'я складає +20-50 %, тому використання пропонуваного способу із відносною похибкою біля +5-10 %, можливістю подати результат в кількісному вигляді та прогнозувати зміни стану ССС на основі зміни значень запропонованих кількісних показників, є обґрунтованим та перспективним.

Лікар, що має можливість періодично робити вимірювання стану ССС пацієнта при помірних навантаженнях і шляхом аналізу визначати зміни в параметрах поточного стану порівняно з попереднім, може не лише виявити погіршення стану ССС, а й прогнозувати динаміку його розвитку, надавати потрібні рекомендації.

Спосіб дозволяє об'єктивно, точно і за короткий відрізок часу (5-10 хв) провести оцінку стану адаптаційних резервів ССС як у здорових осіб, так і у хворих пацієнтів, що дозволяє ще на доклінічному рівні визначити функціональні відхилення, провести діагностику і реалізувати відповідні реабілітаційні заходи.

В іншій реалізації для більш точного визначення показників адаптації/відновлення ССС використовують експоненціальну апроксимацію залежності ЧСС від часу у вигляді відповідно (13) та (14) для періодів адаптації та відновлення

$$f_2(t) = P \max \cdot [1 - \exp(-VA \cdot t)] + P1, \quad (13)$$

$$f_3(t) = (P \max - P3) \cdot [1 - \exp(VB \cdot t)], \quad (14)$$

а швидкості адаптації та відновлення обчислюють згідно з (15) та (16)

$$VA = \ln(P \max / P1) / (T2 - T1), \quad (15)$$

$$VB = \ln((P \max - P3) / P3) / (T3 - T2). \quad (16)$$

У ще іншій реалізації для обчислення ЧСС замість ЕКГ реєструють пульсометричний сигнал, наприклад, фотоплетизмограму чи інший подібний сигнал.

Таким чином, наведені відомості інформують про виконання наступної сукупності умов при використанні корисної моделі: засіб, який втілює пропонуваний спосіб при його здійсненні, призначено для використання в медицині, а саме у функціональній діагностиці. Спосіб промислово придатний, згідно з формулою корисної моделі підтверджується можливість його здійснення за допомогою вказаних або відомих засобів і методів.

1. Інструкція про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури. МОЗ України, МОН України; Наказ, Інструкція від 20.07.2009 № 518/674.

2. Патент UA 28831. Спосіб оцінки функціонального стану серцево-судинної системи, Кондратьєв В.О., Бюл. № 5, 2000 р.

3. Патент UA 108766. Спосіб оцінки функціонального стану серцево-судинної системи людини, Чайковський І., Денисюк В., опубл. 10.06.2015, Бюл. № 13.

4. Патент UA 54185U. Спосіб оцінки фізіологічної ціни психоемоційного чи фізичного навантаження, Будник М., Чайковський І., опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20.

5 5. Патент UA 61285. Спосіб оцінки функціонального стану серця на основі аналізу форми електрокардіограми та варіабельності ритму серця, Чайковський І., Будник М. опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13, 2011 р.

6. Патент UA 98187. Спосіб визначення механізму адаптації серцево-судинної системи до фізичного чи психоемоційного навантаження, Чайковський І., Будник М. опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8, 2012 р.

7. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е. Мониторинг сердечной деятельности в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте /М.: Триада-Х, 2011. 176 с., ISBN 978-5-8249-0166-5.

8. Тест Руф'є-Діксона. <https://ru.wikipedia.org/>

15 9. Dr. Patrick Basquaert. Test de Ruffier-Dickson <http://www.irbms.com/test-de-ruffier-dickson>

10. Лукаш С.І., Фролов Ю.А., Вакал Л.П. Дослідження змін ЧСС людини в процесі вимірів при навантаженні /Мат. школи-семінару "Біологічна і медична інформатика та кібернетика для системи охорони здоров'я", ФМШ Жукин, 2014, с. 50-53. - <http://www.irtc.org.ua/seminary.html>

20 11. Лукаш С.І., Будник М.М. Моделювання впливу фізичного навантаження на зміну функціонального стану людини /Комп'ютерні засоби, мережі та системи, 2014, № 13, с. 87-96.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи людини під дією дозованого фізичного навантаження шляхом реєстрації ЕКГ серця людини не менш ніж в одному із 12-ти загальноприйнятих відведень згідно з тестами PWC170 та Руф'є-Діксона (РД) протягом 3-х періодів дослідження - до навантаження, тобто стан спокою, під час навантаження, тобто період адаптації та після закінчення навантаження, тобто період відновлення чи реституції, обчислення частоти серцевих скорочень (ЧСС) та відображення залежності ЧСС від часу, індексу Руф'є (ІР) та інших кількісних показників функціонального стану (ФС) серцево-судинної системи (ССС) протягом періодів адаптації та відновлення, оцінки ФС ССС з метою виявлення адаптаційних резервів ССС до дії фізичного навантаження, який **відрізняється** тим, що реєструють ЕКГ серця протягом всього тесту, включаючи стан спокою, періоди адаптації та відновлення; обчислюють тривалість R-R інтервалів та зберігають їх у пам'яті комп'ютера чи електрокардіографа; перераховують R-R інтервали в значення ЧСС за хвилину; будують графік залежності ЧСС від часу $P(t)$ з моменту початку реєстрації ТО до моменту кінця реєстрації $T3$; розбивають інтервал часу на три ділянки: період спокою $T0 < t < T1$, період дії навантаження $T1 < t < T2$ та період відновлення $T2 < t < T3$;

на графіку визначають ЧСС людини в стані спокою $P1$, максимум ЧСС при навантаженні $P2$ та значення ЧСС в кінці тесту $P3$, які визначаються згідно з виразами відповідно (1-3), де t - поточний час;

$$P(t = T1) = P1, (1)$$

$$P(t = T2) = P_{\max} \equiv P2, (2)$$

$$P(t = T3) = 1,2 \cdot P1 = P3, (3)$$

45 для спрощення обчислень при масових обстеженнях людей та застосуванні дозованих навантажень для періодів адаптації та відновлення використовують лінійну апроксимацію залежності ЧСС від часу, відповідно, згідно з (4) та (5):

$$f2(t) = P1 + VA \cdot t, (4)$$

$$f3(t) = P2 - VB \cdot t, (5)$$

50 де VA та VB - швидкість адаптації та відновлення ССС до та після навантаження, які обчислюють, відповідно, згідно (6) та (7):

$$VA = (P2 - P1) / (T2 - T1), (6)$$

$$VB = (P_{\max} - P3) / (T3 - T2), (7)$$

обчислюють час адаптації TA та час відновлення TB згідно з виразами

$$TA = \frac{60}{VA}, TB = \frac{60}{VB}, (8)$$

обчислюють індикативний пульс PIH згідно з виразом

$$PIH = C - Age, (9)$$

де Age - біологічний вік особи, постійна $C = 220/205$ для осіб старше/молодше 50 р,

5 обчислюють резерв ЧСС згідно з виразом

$$PЧСС = PIH - P1, (10)$$

обчислюють інтенсивність фізичного навантаження ($I\Phi H$) згідно з виразом

$$I\Phi H = \frac{P_{\max} - P1}{PЧСС} \cdot 100\%, (11)$$

приймають отримані значення показників $P1, P_{\max}, VA, VB, PIH, PЧСС, I\Phi H, TA, TB$ за

10 первісну індивідуальну норму ФС ССС даної людини, повторно обстежують особу та обчислюють зазначені показники (1,2,5,7-11), порівнюють зазначені показники із первісною індивідуальною нормою і на цій основі роблять оцінку ФС ССС людини під дією навантаження, а саме, якщо показники зменшилися не більш ніж на 20 %, діагностують, що ФС знаходиться у нормі, якщо один з показників збільшився більш ніж на 20 %, то ФС погіршився незначно, якщо два

15 і більше показників змінювалися більш ніж на 20 %, то ФС погіршився суттєво.

2. Спосіб оцінки стану ССС за п. 1, який **відрізняється** тим, що для більш точного визначення показників адаптації/відновлення ССС до навантаження використовують експоненціальну апроксимацію залежності ЧСС від часу у вигляді відповідно (12) та (13) для періодів адаптації та відновлення

$$20 f_2(t) = P_{\max} \cdot [1 - \exp(-VA \cdot t)] + P1, (12)$$

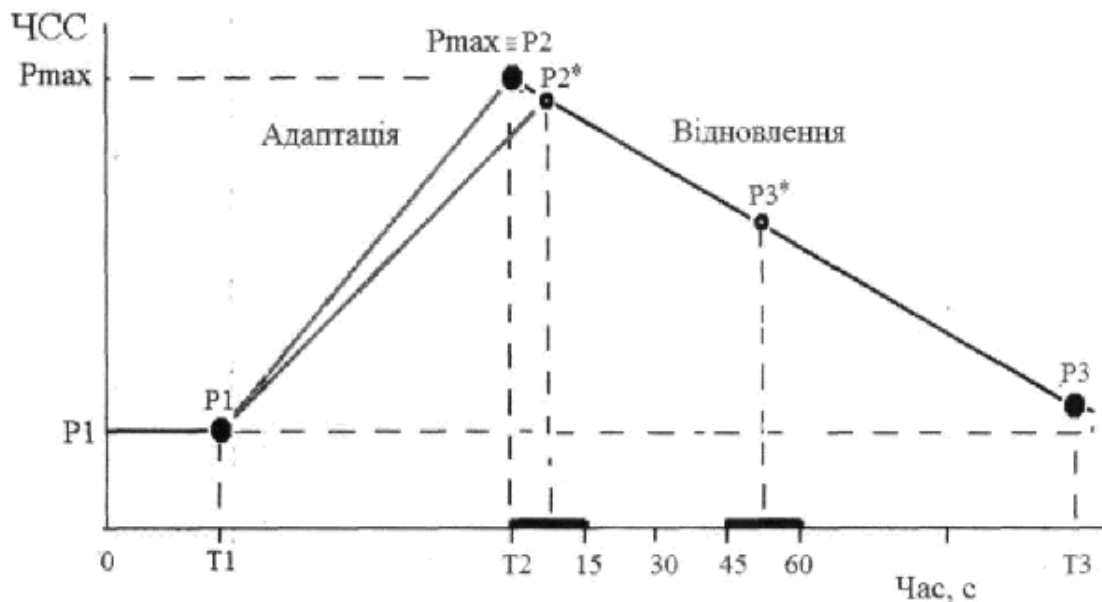
$$f_3(t) = (P_{\max} - P3) \cdot [1 - \exp(VB \cdot t)], (13)$$

обчислюють швидкості адаптації та відновлення відповідно згідно з (14) та (15)

$$VA = \ln(P_{\max} / P1) / (T2 - T1), (14)$$

$$VB = \ln((P_{\max} - P3) / (P2 - P3)) / (T3 - T2), (15)$$

25 3. Спосіб за пп. 1-2, який **відрізняється** тим, що для обчислення ЧСС реєструють пульсометричний сигнал, наприклад, фотоплетизмограму чи інший подібний сигнал.

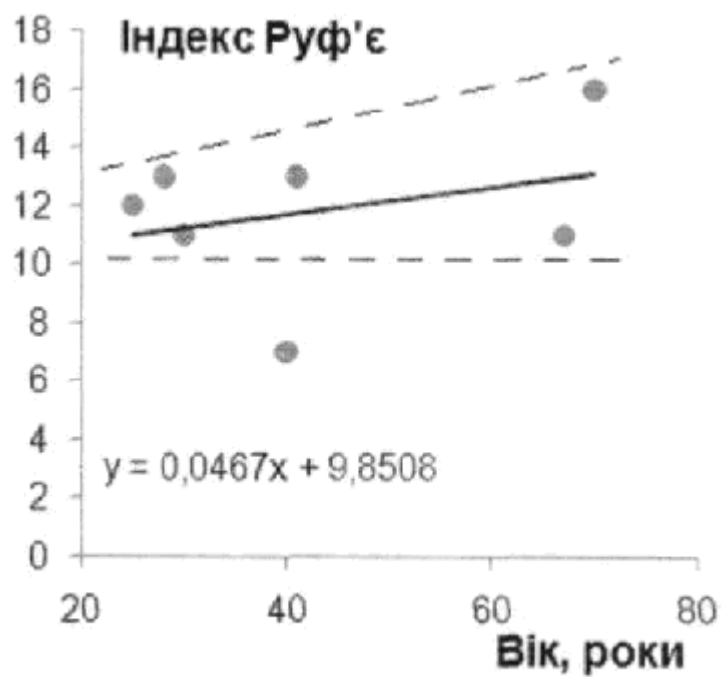


Фіг. 1

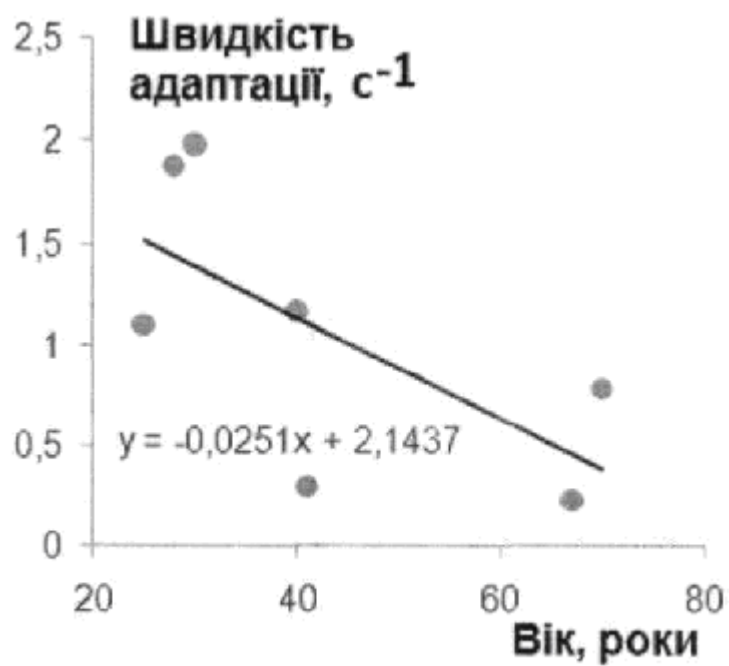
№ особи	Група, вік, роки	ІР	РІН уд/хв	Р1/Рmax уд/хв	РЧСС, уд/хв	ІФН %	VA, 1/с	TA, с	VB, 1/с	TB, с
1	(1) 25	12	195	82/135	113	47	1,104	54,3	0,500	120
2	(1) 28 (*)	13	192	75/150	117	64	1,875	32	0,875	68,6
3	(1) 30	11	190	70/150	120	67	1,982	30,3	0,814	73,7
4	(1) 40	7	180	77/105	103	27	1,172	51,2	0,266	113
5	(1) 41 (*)	13	179	89/135	90	51	0,295	203,4	0,589	103
6	(2) 67 (*)	11	138	86/120	52	65	0,229	262,0	0,413	145
7	(2) 70 (*)	16	135	103/135	32	100	0,786	76,3	0,625	96

Примітки: (*) – обтяженість хворобами.

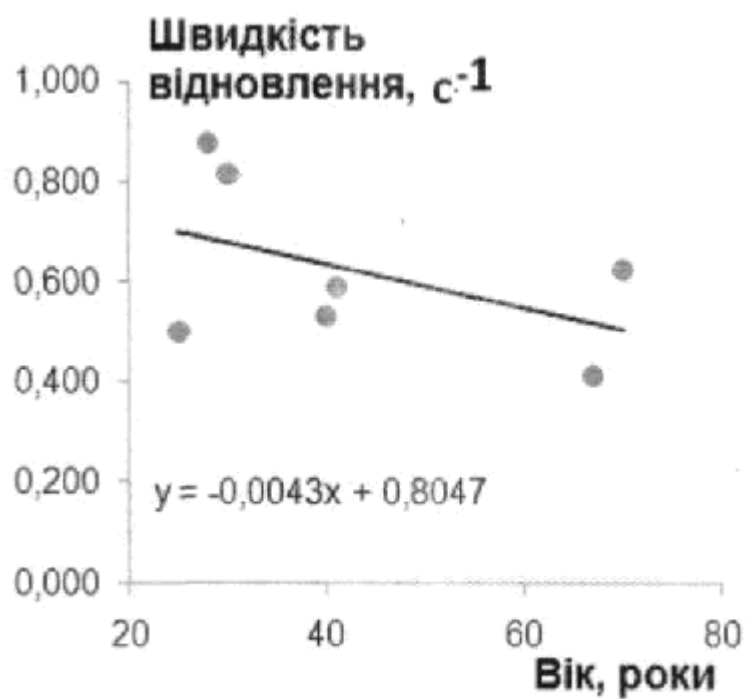
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

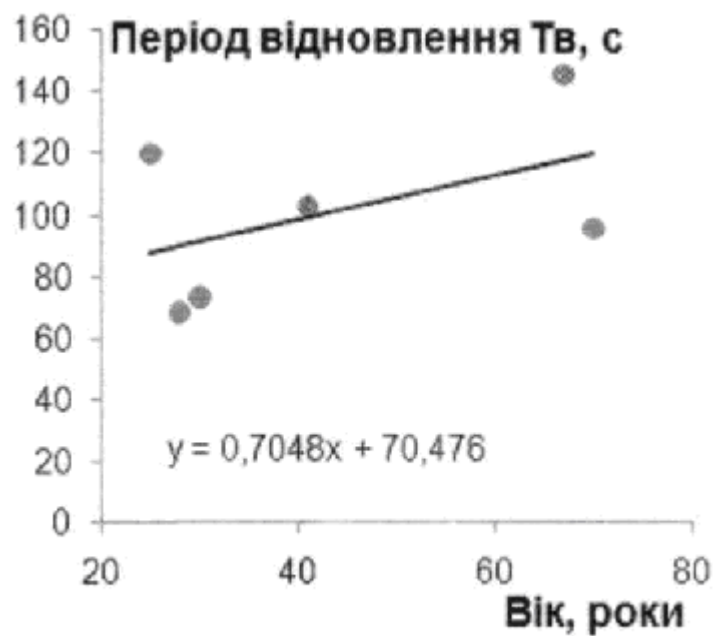


Fig. 6

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601