



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71334** (13) **U**  
(51) МПК (2012.01)  
**A61B 5/00**  
**A61B 5/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2011 15528</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Рейдерман Юрій Ізраїлевич (UA),</b> <b>Яковлев Герман Михайлович (UA),</b> <b>Ардашев Вячеслав Миколайович (UA),</b> <b>Сухомлин Володимир Іванович (UA),</b> <b>Чибісов Віктор Іванович (UA),</b> <b>Юшкевич Людмила Іванівна (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>28.12.2011</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.07.2012</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.07.2012, Бюл.№ 13</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ</b> <b>ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл., 51918 Україна (UA)

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ В ПОРОЖНИНІ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ**

**(57) Реферат:**

Спосіб визначення тиску в порожнині лівого шлуночка серця шляхом двовірного ехокардіографічного обстеження з виміром товщини задньої стінки лівого шлуночка в діастолу, передньо-заднього розміру лівого шлуночка. Визначають товщину міокарду задньої стінки лівого шлуночка та кінцевий розмір порожнини лівого шлуночка в систолу. Середнє значення тиску в порожнині лівого шлуночка серця при закритих аортальних клапанах обчислюють за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \text{ОММ} \left( \left( \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 \right) / 2 - \mu \left( \sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z \right) \right) / (\Delta E \cdot \gamma O).$$

UA 71334 U



Корисна модель належить до медицини, а точніше до кардіології.

Відомий аускультативний спосіб Короткова неінвазивного визначення тиску в порожнині лівого шлуночка, який реалізується послідовним виконанням наступних операцій: накладання манжети на передпліччя, перетиск артерій, які проходять в передпліччі, за допомогою підвищення тиску повітря в манжеті, випускання повітря з манжети, фіксація за допомогою стетоскопа моменту появи звуків - хлопків, фіксація показників величини тиску в манжеті, що відповідають згаданому вище моменту [Фізіологія людини, за редакцією Н.В. Зимкіна, М., "Ф." і "С.", 1975, стр 241, Яковлев Г.М., Перспективи використання електронної апаратури для вимірювання артеріального тиску, "Збірник наукових праць Дніпродзержинського технічного університету, випуск 1" (14), 2010, стор. 109-113].

Недолік способу: він не дозволяє вимірювати тиск у порожнині лівого шлуночка при закритих аортальних клапанах, коли тиск в порожнині відрізняється від аортального.

Відомий неінвазивний спосіб визначення тиску крові в порожнині лівого шлуночка при закритих аортальних клапанах, який реалізується послідовним виконанням операцій: встановлення на грудній поверхні датчика - сфінгографа, вимірювання за допомогою датчика механічних коливань верхівки серця, перетворення механічних коливань верхівки серця в електричні, реєстрація електричних коливань на екрані і на стрічці електрокардіографа, розрахунок кінцевого діастолічного тиску за замірами амплітуди апекс кардіограми [А.В. Чоговадзе, Лікарняний контроль у фізичному вихованні і спорті, М, "Медицина", 1974, стр. 89].

Недолік відомого способу: невірогідність отриманих при використанні способу результатів через неадекватність обумовленого параметру, вимірюваного як вихідного, а саме величини амплітуди верхівки серця, тому що величина амплітуди верхівки серця залежить не тільки від внутрішнього тиску в порожнині шлуночка, але і від геометричних розмірів шлуночка, що за даним способом-прототипом узагалі не вимірюються і при розрахунку тиску не враховуються.

Недолік збільшується низькою роздільною здатністю пристрою для вимірювання, що не забезпечує точності виміру амплітуди коливань, тому що датчик-вимірника прямої дії не має безпосереднього контакту з верхівкою серця.

Відомий також, вибраний як прототип, неінвазивний спосіб діагностики діастолічної дисфункції лівого шлуночка серця [Патент України № 3805, А61В 5/02, 2004], при якому шляхом двомірного ехокардіологічного обстеження визначають товщину задньої стінки шлуночка та кінцевий розмір порожнини лівого шлуночка в діастолу, а наявність діастолічної дисфункції лівого шлуночка обчислюють за формулою та міжшлункової перегородки за формулою:

$$P_{\text{лд}} = T_{\text{зслш}} + T_{\text{мшп}} + 10(P_{\text{лп}}/K_{\text{ДР}}), \text{ де}$$

$P_{\text{лд}}$  - показник вірогідності діастолічної дисфункції лівого шлуночка;

$T_{\text{мд}}$  - товщина задньої стінки лівого шлуночка (ЛШ), мм;

$T_{\text{мшп}}$  - товщина міжшлункової перегородки, мм;

$ЛП$  - передньо-задній розмір лівого передсердя в парастернальній позиції, мм;

$КДР$  - кінцевий розмір порожнини лівого шлуночка в діастолу.

За даним способом визначення показника вірогідності діастолічної дисфункції лівого шлуночка виконується за формулою, одержаною емпіричним методом, ніяк не враховують зміну кінцевого розміру порожнини лівого шлуночка в систолу в результаті дії тиску в порожнині лівого шлуночка, що є причиною кінцевої похибки обчислення.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу визначення тиску в порожнині лівого шлуночка серця шляхом ехокардіологічних вимірів геометричних розмірів лівого шлуночка серця як в діастолу, так і в систолу, що дасть можливість, прирівняв енергію деформації міокарду за фазу вигнання роботі, чиненої при наповненні порожнини лівого шлуночка, знайти середній тиск у фазу наповнення при закритих аортальних клапанах.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення тиску в порожнині лівого шлуночка серця шляхом двомірного ехокардіографічного обстеження з виміром товщини задньої стінки лівого шлуночка в діастолу, передньо-заднього розміру лівого шлуночка, визначають товщину міокарду задньої стінки лівого шлуночка та кінцевий розмір порожнини лівого шлуночка в систолу, а середнє значення тиску в порожнині лівого шлуночка серця при закритих аортальних клапанах обчислюють за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \text{ОММ} \left( \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2}{2} - \mu(\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) \right) / (\Delta E \cdot \text{УО}),$$

де  $P_{\text{ср}}$  - середній тиск в мм.рт.ст.,

ОММ - обсяг маси міокарда лівого шлуночка  $\text{см}^3$ ,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  - напруження в тілі міокарда в 3-х взаємно перпендикулярних площинах,

УО - ударний обсяг,

$\mu$  - модуль Пуассона,

$\Delta E$  - модуль пружності міокарда.

Ця задача вирішується за допомогою алгоритму в основі якого покладене твердження, що впливає з першого закону термодинаміки, а саме, що енергія деформації міокарда за фазу вигнання дорівнює роботі, чиненої при наповненні порожнини лівого шлуночка, тобто пропорційна середньому тиску у фазі наповнення.

5 Перелік операцій запропонованого способу:

За допомогою аускультативного способу Короткова визначають артеріальний діастолічний і систолічний тиск

10 За допомогою ехокардіографа визначають розміри внутрішньої порожнини та товщини стінки лівого шлуночка в кінцеві моменти систоли та діастолі [Н.М. Мухарлямов, Ю.Н. Беленков. Ультразвукова діагностика в кардіології, "Медицина", М., стор. 17-20, 33] Бойко В.І., Досвід конструювання, виготовлення і результати використання апаратно-програмного діагностичного комплексу, [Вісник Сумського державного університету, 3, 2010, том 2, стор. 121-133].

15 За заданим алгоритмом визначаємо значення тиску в порожнині лівого шлуночку при закритих аортальних клапанах.

При складанні алгоритму використані залежності теорії пружності для товстостінних судин, деформованих у результаті напруження їхнім внутрішнім тиском [А.И. Лурье, Пространственные задачи теории упругости, Гостехтеоретизад, М., 1979, стр. 247].

$$P_{cp} = OMM \left( (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2) / 2 - \mu (\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) \right) / (\Delta E \cdot YO),$$

20 де  $P_{cp}$  - середній тиск в мм.рт.ст.,

ОММ - обсяг маси міокарда лівого шлуночка  $см^3$ ,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  - напруження в тілі міокарда в 3-х взаємно перпендикулярних площинах,

УО - ударний обсяг,

$\mu$  - модуль Пуассона,

25  $\Delta E$  - модуль пружності міокарда.

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{R_1^3 (R_0^3 - R_{cp}^3) \cdot \Delta P}{2 \cdot R_{cp}^3 \cdot (R_0^3 - R_1^3)};$$

$$\sigma_z = \frac{R_1^3 (R_0^3 - R_{cp}^3) \cdot \Delta P}{R_{cp}^3 \cdot (R_0^3 - R_1^3)};$$

$\Delta P = P_c - P_d$ ;

$YO = KDO - KCO$ ;

30  $K = 0,75 (KCO + OMM) \cdot KCP \cdot 1,33 / ((KDP - KCP) \cdot OMM)$ ;

$\Delta E = K \cdot AP$ ;

$R_1 = KDP / 2$ ;

$R_0 = R_1 + TMD$

$$KCO = \frac{7 \cdot (KCP)^3}{2,4 + KCP}$$

35  $KDO = 7 \cdot (KDP)^3 / (2,4 + KDP)$ ;

$KDO1 = 7 \cdot (KDP + TMD)^3 / (2,4 + KDP + TMD)$ ;

$OMM = (KDO1 - KDO) \cdot 1,05$ ;

$KKD = 100 \cdot (P_c + P_d - 2 \cdot P_{cp}) / (P_c + P_d)$ ;

40  $KCO, KDO$  - кінцеві систолітичний і діастолічний об'єми,

$KCP, KDP$  - кінцеві систолітичний і діастолічний розміри,

$TMD$  - товщина міокарда в діастолу,

$P_c, P_d$  - тиск по Короткову,

$TMS$  - товщина міокарда в діастолу,

$KKD$  - коефіцієнт корисної дії роботи лівого шлуночка.

45 Таким чином, визначають середній тиск в порожнині лівого шлуночка при закритих аортальних клапанах у фазу наповнення, використовуючи алгоритм трактування результатів виміру геометричних параметрів відділів серця, в основу якого покладений перший закон термодинаміки, що встановлює тотожність чиненої у фазі наповнення роботи з виштовхування крові з лівого шлуночка енергії деформації міокарда у фазу наповнення.

50 Приклад.

Результат визначення інвазивним методом тиску у фазу наповнення в обстежуваного: 15 мм ртутного стовпа.

Дані ехокардіографії, проведеної при цьому: кінцеві діастолічний і систолічний розміри порожнини лівого шлуночка відповідно 6,1 і 3,25 см, товщини міокарда в діастолу і систолу 1,1 і 1,3 см, тиск по Короткову 160/100 мм ртутного стовпа.

Результат розрахунку з використанням даних ехокардіографії: середній тиск у фазу наповнення 12 мм ртутного стовпа, тобто розходження даних отриманих експериментально і розрахунком за допомогою заявленого пристрою  $100 \cdot (15-12)/15=20\%$ .

Згідно даних з лівосторонньої вентрикулографії [Кутів Ф.Г., Ю.Ф. Некласов, В.А. Герасин. Катеризація серця і селективна ангіокардіографія, Л., "Медицина", 1974, мал. 14] у практично здорових тиск у фазу наповнення складає 5 мм ртутного стовпа. Для тієї ж групи по Н.М. Мухарлямову (див. назва вище, стор.65) дані ехокардіографії 4.8, 3.1, 1.4, 1.1, 120/80, середній тиск у фазу наповнення 4 мм ртутного стовпа.

Запропонований спосіб вирішує задачу визначення середнього тиску у фазу наповнення за вимірними ехокардіографом геометричними розмірами шлуночка. Можливо одержувати дані, що можуть бути використані з метою діагностики функціонального стану серцево-судинної системи. Зокрема, використовуючи дані про тиск по Короткову й тиск у фазу наповнення, визначають коефіцієнт корисної дії роботи лівого шлуночка, тобто використання способу визначення внутрішнього тиску в порожнині лівого шлуночка дозволяє одержати позитивний сумарний ефект.

## 20 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення тиску в порожнині лівого шлуночка серця шляхом двовірного ехокардіографічного обстеження з виміром товщини задньої стінки лівого шлуночка в діастолу, передньо-заднього розміру лівого шлуночка, який **відрізняється** тим, що визначають товщину міокарду задньої стінки лівого шлуночка та кінцевий розмір порожнини лівого шлуночка в систолу, а середнє значення тиску в порожнині лівого шлуночка серця при закритих аортальних клапанах обчислюють за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \text{ОММ} \left( (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2) / 2 - \mu (\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) \right) / (\Delta E \cdot \text{УО}),$$

де  $P_{\text{ср}}$  - середній тиск в мм рт.ст.,

30  $\text{ОММ}$  - обсяг маси міокарда лівого шлуночка  $\text{см}^3$ ,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  - напруження в тілі міокарда в 3-х взаємно перпендикулярних площинах,

$\text{УО}$  - ударний обсяг,

$\mu$  - модуль Пуассона,

$\Delta E$  - модуль пружності міокарда.

35