



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114122** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
A61B 8/00
A61B 8/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 09914	(72) Винахідник(и): Кости́в Михайло Володимирович (UA), Матя́шук Андрій Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.09.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.02.2017	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ ХІРУРГІЇ ТА ТРАНСПЛАНТОЛОГІЇ ІМЕНІ О.О. ШАЛІМОВА НАМН УКРАЇНИ, вул. Героїв Севастополя, 30, м. Київ, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.02.2017, Бюл.№ 4	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КІНЦЕВОДІАСТОЛІЧНОГО ДІАМЕТРА ЛІВОГО ШЛУНОЧКА

(57) Реферат:

Спосіб визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка включає ультразвукове дослідження серця та визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка. Ультразвукове дослідження серця виконують із картуванням деформації методом "2D speckle tracking", обводять внутрішній контур лівого шлуночка у парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів, отриманий контур згладжують методом "Catmull-Rom" і формують із нього множину із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такий контур, у якому кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала би кінцевому контуру, вимірюють найбільший розмір лівого шлуночка та позначають центр отриманого відрізка як центральну точку контуру і обчислюють середній кінцеводіастолічний діаметр лівого шлуночка КДР за співвідношенням:

$$\text{КДР} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2},$$

де: x_i - абсциси точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;

y_i - ординати точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;

\bar{x} - координата центральної точки контуру за віссю X;

\bar{y} - координата центральної точки контуру за віссю Y;

n - кількість точок контуру.

UA 114122 U

Корисна модель належить до медицини, а саме до діагностики і може бути використана для визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка (ЛШ) серця.

Найближчим аналогом є спосіб визначення кінцеводіастолічного діаметра ЛШ, який включає ультразвукове дослідження серця та вимірювання кінцеводіастолічного діаметра ЛШ у М- або В- режимі в парастернальній позиції за короткою віссю.

[Lang RM, Bierig M, Devereux RB et al. Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology //Journal of the American Society of Echocardiography. - 2012. - V. 18, № 12. - P. 1440-1463].

Недоліком аналога є недостатня точність діагностики, так як враховується вимір тільки в одній проекції.

В основу корисної моделі поставлена задача визначення кінцеводіастолічного діаметра ЛШ, який за рахунок обведення внутрішнього контуру лівого шлуночка у парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів, згладжування методом "Catmull-Rom" та обчислення із них середнього кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка забезпечував би підвищення точності виміру.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка, який включає ультразвукове дослідження серця та визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка, згідно з корисною моделлю, ультразвукове дослідження серця виконують із картуванням деформації методом "2D speckle tracking", обводять внутрішній контур лівого шлуночка у парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів, отриманий контур згладжують методом "Catmull-Rom" і формують із нього множину із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такий контур, у якому кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала би кінцевому контуру, вимірюють найбільший розмір лівого шлуночка та позначають центр отриманого відрізка як центральну точку контуру і обчислюють середній кінцеводіастолічний діаметр лівого шлуночка КДР за формулою:

$$\text{КДР} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2},$$

де: - x_i - абсциси точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;

y_i - ординати точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;

\bar{x} - координата центральної точки контуру за віссю X;

\bar{y} - координата центральної точки контуру за віссю Y;

n - кількість точок контуру.

Виконання ультразвукового дослідження серця із картуванням деформації методом "2D speckle tracking", обведення внутрішнього контуру лівого шлуночка у парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів, згладжування отриманого контуру методом "Catmull-Rom" і формування із нього множин із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такий контур, у якому кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала би кінцевому контуру і обчисленням середнього кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка за формулою (1) дозволяє підвищити точність діагностики, оскільки вимір кінцеводіастолічного діаметра виконується не в одній площині, а по всьому трансмуральному перерізу ЛШ на рівні папілярних м'язів.

Математичне співвідношення (1), наведене в формулі корисної моделі, виведено за допомогою математичних розрахунків.

У середовище "2D speckle tracking" завантажують кінопетлю із парастернальної проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів, обводять внутрішній контур ЛШ і вимірюють його найбільший діаметр. Центр отриманого діаметра вважають за центр контуру і позначають як $M(\bar{x}, \bar{y})$. В результаті обведення контуру отримується масив координат зовнішнього контуру

$I = \{x_{i1}; y_{i1}; x_{i2}; y_{i2}; \dots; x_{in}; y_{in}\}$, $n \geq 3$, $n \in \mathbb{Z}$. Оскільки цей контур створений користувачем, то щільність точок і їх взаємне розташування може бути будь-яким. Отже, спочатку роблять контур замкненим, згладжують, підвищують щільність точок, та роблять їх рівновіддаленими.

Для того, щоб контур став замкненим, в його кінець додають ще одну точку і координатами першої. Згладжування контуру I ЛШ виконують сплайном, кожен фрагмент якого описується

функцією $f_i(x)$. Далі кожен фрагмент отриманої кривої $\tilde{I}(x_{ia}; y_{ia}) - (x_{ia+1}; y_{ia+1})$ розбивають на k'

відрізків, утворивши, таким чином, ламану l' , кожна побудована точка якої буде належати \tilde{l} . У випадку, коли значення k' достатньо велике в порівнянні із роздільною здатністю зображення, що обробляється, вважають що $\Delta x \rightarrow 0$. Тобто, судні пари точок є найближчими, які можна отримати на даному обладнанні. В цьому випадку січна, що з'єднує будь-які сусідні точки, буде прагнути зайняти місце дотичної, яка, як відомо, описується лінійною функцією. В такий спосіб

при заміні кривої \tilde{l} на ламану l' похибкою нехтують.

Для згладжування контуру використовують метод "Catmull-Rom", що є особливим випадком кубічних сплайнів Ерміта:

$$p_i(t) = h_{00}(t)p_i + h_{10}(t)m_i + h_{01}(t)p_{i+1} + h_{11}(t)m_{i+1}, t \in [0;1], \quad (2)$$

де - $h_{00}, h_{10}, h_{01}, h_{11}$ чотири базисні функції Ерміта:

$$h_{00}(t) = 2t^3 - 3t^2 + 1$$

$$h_{10}(t) = t^3 - 2t^2 + t$$

$$h_{01}(t) = -2t^3 + 3t^2$$

$$h_{11}(t) = t^3 - t^2$$

А m - контрольний тангент:

$$m_i = \frac{p_{i+1} - p_{i-1}}{2}$$

Оскільки t належить інтервалу від 0 до 1, для побудови ламаної l' із рівняння (2) отримують координати точок з кроком t у $\frac{1}{k'}$. Значення k' встановлюють рівним 50.

При $\Delta x \rightarrow 0$ відстань між кожними сусідніми парами точок визначають як

$$l_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}, \quad 1 < i \leq n. l_{i1} \text{ першої точки } (x_{i1}; y_{i1}) \text{ дорівнює } 0. \text{ Загальну довжину контуру}$$

визначають як суму відстаней між усіма сусідніми точками $L = \sum_{i=1}^n l_i$.

Для додаткового підвищення щільності точок та вирівнювання відстаней між ними, контур l'

поділяють на k рівних відрізків, довжина кожного з яких дорівнює $l_u = \frac{L}{k}$, і з отриманих $k+1$ рівновіддаленої точки $\{x_{u1}; y_{u1}, x_{u2}; y_{u2}, \dots, x_{uk+1}; y_{uk+1}\}$ будують контур U , ідентичний l' - тій самій довжині L , із тою самою площею внутрішньої фігури і таким чином, щоб будь-яка точка, що належить l' , одночасно належала U .

Далі розраховують координати усіх його точок наступним чином. Кожну точку $0(x_{u0}; y_{u0}) \in U$,

довжина контуру до якої від першої точки дорівнює $\sum_{u=1}^0 l_u = \frac{L}{k} \times (0-1)$ розраховують на прямій, утвореній такими точками контуру $l'(x_{ia}; y_{ia})$ та $(x_{ia+1}; y_{ia+1})$, для яких виконується нерівність:

$\sum_{i=1}^a l_i \leq \sum_{u=1}^0 l_u \leq \sum_{i=1}^{a+1} l_i$. Розглянемо прямокутний трикутник ЛВС, сторона АВ якого є відрізком контуру l' між точками $A(x_{ia}; y_{ia})$ та $B(x_{ia+1}; y_{ia+1})$, відстань між якими дорівнює $L_{AB} = l_{a+1} - l_a$, де l_a та l_{a+1} - довжина контуру до А і В, відповідно. Нехай нам потрібно побудувати точку $0 \in U$ на

цьому відрізку, на відстані $L_{AO} = \frac{L}{k} \times (0-1) - l_a$. Згідно з теоремою Фалеса, $\frac{AB}{AO} = \frac{AC}{AD} = \frac{BC}{EC}$, звідки

$$AD = \frac{L_{AO}}{L_{AB}} \times AC = \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (x_{ia+1} - x_{ia}), \quad EC = \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (y_{ia+1} - y_{ia}). \quad \text{Отже, координати точки } 0 \text{ будуть}$$

$$x_{u0} = x_{ia} + \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (x_{ia+1} - x_{ia}), \quad y_{u0} = y_{ia} + \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (y_{ia+1} - y_{ia}).$$

Далі описують таке коло із центром у точці M і радіусом R , щоб сума зміщень l_i всіх n точок контуру U від початкового положення до поверхні кола у напрямку від або до точки $M(\bar{x}; \bar{y})$, дорівнювала нулю:

$$\sum_{i=1}^n l_i = 0 \quad (3)$$

Кожне зміщення на одну одиницю розглядають як одиницю площі. Отже, при нульовому сумарному зміщенні площа утвореного кола буде дорівнювати площі вихідного контуру U . Відстань від кожної точки контуру до центру M визначають як:

$$s_i = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Зміщення l_i кожної точки до поверхні кола від початкового положення s_i записують рівнянням:

$$R = s_i - l_i = \text{const} \quad (5)$$

Таким чином, отримують:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n s_i - l_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n} - 0 = \bar{s} \quad (6)$$

Тобто, радіус такого кола дорівнює середньоарифметичному відстаней від всіх точок контуру до його центру мас. Відповідно, середній діаметр $KDP = 2\bar{s}$. Отже, зважаючи на рівняння (4), середній кінцеводіастолічний діаметр ЛШ визначають як:

$$KDP = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

де: x_i - абсциси точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;

y_i - ординати точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;

\bar{x} - координата центральної точки контуру за віссю X ;

\bar{y} - координата центральної точки контуру за віссю Y ;

n - кількість точок контуру.

Всі вказані операції можна запрограмувати в програмному забезпеченні ультразвукового обладнання, що реалізує метод картування деформації або на персональному комп'ютері.

Спосіб виконують наступним чином. В положенні хворого на лівому боці проводять картування деформації методом "2D speckle tracking". Дослідження проводять на апараті Aplio Toshiba, фазованим датчиком 2,8-4,4 МГц, в оболонці Wall Motion Tracking. Заздалегідь збережену кінопетлю серцевого скорочення в парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів завантажують в програму Wall Motion Tracking і на ній, згідно зі звичайною послідовністю дій, обводять внутрішній контур ЛШ. Далі вимірюють найбільший діаметр та позначають його центр як центр контуру. Із отриманого контуру, маючи його центральну точку, за формулою (1) визначають кінцеводіастолічний розмір лівого шлуночка.

Приклад. У пацієнта Б., історія хвороби № 2953 з ішемічною кардіоміопатією виконали ехокардіографічне дослідження із картуванням деформації методом "speckle tracking" на ультразвуковому сканері Aplio Toshiba, фазованим датчиком 2,8-4,4 МГц, в оболонці Wall Motion Tracking. В парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів форма перерізу ЛШ суттєво відрізнялась від кола, отже стандартний вимір кінцеводіастолічного діаметра ЛШ за методом-аналогом мав би похибку.

Найбільший діаметр контуру ЛШ дорівнював 77,2 мм, отже, центр контуру знаходився на відстані $77,2/2=38,6$ мм від початку відрізка. Після обведення контуру ЛШ в парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів та виконання усіх наведених розрахунків, був визначений кінцеводіастолічний діаметр ЛШ, що дорівнював 71,6 мм, на основі чого виявлена виражена дилатація ЛШ, що було підтверджено подальшими дослідженнями.

Запропонований спосіб застосовано у 10 хворих. За результатами досліджень згідно зі значенням кінцеводіастолічного діаметра ЛШ встановлено нормальне значення у 3 осіб та перевищення вікової норми у 7 осіб, що підтвердилося при подальшому клінічному спостереженні. В той же час, при визначенні кінцеводіастолічного діаметра ЛШ у 10 хворих за способом аналога, у двох випадках діагностика була помилкова, що виявилось при подальшому дослідженні.

Таким чином, порівняння з аналогом показує, що застосування запропонованого способу дозволяє: підвищити точність визначення кінцеводіастолічного діаметра ЛШ.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Спосіб визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка, який включає ультразвукове дослідження серця та визначення кінцеводіастолічного діаметра лівого шлуночка, який **відрізняється** тим, що ультразвукове дослідження серця виконують із картуванням деформації методом "2D speckle tracking", обводять внутрішній контур лівого шлуночка у парастернальній проекції за короткою віссю на рівні папілярних м'язів, отриманий контур згладжують методом "Catmull-Rom" і формують із нього множину із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такий
- 10 контур, у якому кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала б кінцевому контуру, вимірюють найбільший розмір лівого шлуночка та позначають центр отриманого відрізка як центральну точку контуру і обчислюють середній кінцеводіастолічний діаметр лівого шлуночка КДР за співвідношенням:

$$\text{КДР} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} ,$$

- 15 де: x_i - абсциси точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;
 y_i - ординати точок внутрішнього контуру лівого шлуночка;
 \bar{x} - координата центральної точки контуру за віссю X;
 \bar{y} - координата центральної точки контуру за віссю Y;
 n - кількість точок контуру.
- 20

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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