



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106031** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**A61B 8/00**  
**G01N 29/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

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

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2015 10755</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Костиєв Михайло Володимирович (UA),</b> <b>Матящук Андрій Сергійович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>05.11.2015</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.04.2016</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ ХІРУРГІЇ ТА</b> <b>ТРАНСПЛАНТОЛОГІЇ ІМЕНІ О.О.</b> <b>ШАЛІМОВА НАМН УКРАЇНИ,</b> вул. Героїв Севастополя, 30, м. Київ, 03680 (UA)
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.04.2016, Бюл.№ 7</b>	

**(54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ ГІПЕРТРОФІЇ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА**

**(57) Реферат:**

Спосіб діагностики гіпертрофії лівого шлуночка включає ультразвукове дослідження серця, вимірювання товщини стінки лівого шлуночка та діагностику при значенні товщини стінки 1,1-1,3 см у чоловіків і 1,0-1,2 мм у жінок незначної гіпертрофії лівого шлуночка, при значенні 1,4-1,6 см у чоловіків і 1,3-1,5 см у жінок помірної гіпертрофії і при значенні більше 1,7 см у чоловіків і більше 1,6 см у жінок вираженої гіпертрофії. Вимірювання товщини стінки лівого шлуночка виконують у ряді рівновіддалених точок у трьох стандартних апікальних проекціях. Визначають середнє значення товщини, за яким здійснюють діагностику гіпертрофії лівого шлуночка.

UA 106031 U



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

Найближчим аналогом є спосіб діагностики гіпертрофії ЛШ, який включає ультразвукове дослідження серця, вимірювання товщини стінки лівого шлуночка та діагностику при значенні товщини стінки 1,1-1,3 см у чоловіків і 1,0-1,2 мм у жінок незначної гіпертрофії лівого шлуночка, при значенні 1,4-1,6 см у чоловіків і 1,3-1,5 см у жінок помірної гіпертрофії і при значенні більше 1,7 см у чоловіків і більше 1,6 см у жінок вираженої гіпертрофії [Lang RM, Bierig M. Devereux RB et al. Recommendations for chamber quantification //European Journal of Echocardiography. - 2006. - V. 7. № 2. - P. 79-108].

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

Задачею корисної моделі є розробка такого способу діагностики гіпертрофії ЛШ, який за рахунок встановлення діагнозу за середньою товщиною стінки забезпечував би підвищення точності діагностики.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі діагностики гіпертрофії лівого шлуночка, який включає ультразвукове дослідження серця, вимірювання товщини стінки лівого шлуночка та діагностику при значенні товщини стінки 1,1-1,3 см у чоловіків і 1,0-1,2 мм у жінок незначної гіпертрофії лівого шлуночка, при значенні 1,4-1,6 см у чоловіків і 1,3-1,5 см у жінок помірної гіпертрофії і при значенні більше 1,7 см у чоловіків і більше 1,6 см у жінок вираженої гіпертрофії, згідно з корисною моделлю, вимірювання товщини стінки лівого шлуночка виконують у ряді рівновіддалених точок у трьох стандартних апікальних проекціях, визначають середнє значення товщини, за яким здійснюють діагностику гіпертрофії лівого шлуночка. Поставлена задача вирішується також тим, що ультразвукове дослідження серця виконують із картуванням деформації методом "2D speckle tracking", обводять внутрішній та зовнішній контури лівого шлуночка у трьох стандартних апікальних проекціях, отримані контури згладжують методом "Catmull-Rom" і формують із них три множини із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такі контури, при яких кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала би відповідному кінцевому контуру, розраховують середнє арифметичне мінімальних відстаней до зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру і обчислюють середню товщину стінки Т за співвідношенням

$$T = \frac{1}{3} (\overline{\min S_{u4c}} + \overline{\min S_{u3c}} + \overline{\min S_{u2c}}), \quad (1)$$

де  $\overline{\min S_{u4c}}$ ,  $\overline{\min S_{u3c}}$ ,  $\overline{\min S_{u2c}}$  середнє арифметичне мінімальних відстаней до зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру, розраховані у чотирикамерній, трикамерній та двокамерній апікальних проекціях, відповідно.

Даний спосіб підвищує точність діагностики за рахунок того, що використовуються середні значення товщини стінки лівого шлуночка, виміряні в багатьох точках у трьох проекціях та на різних рівнях.

Згладжування отриманих контурів методом "Catmull-Rom" і формування із них трьох множин із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такі контури, при яких кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала би відповідному кінцевому контуру, розрахунок середнього арифметичного мінімальних відстаней до зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру і обчислення середньої товщини стінки як середнього арифметичного отриманих результатів із трьох проекцій тим самим також забезпечує точність вимірювання.

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

Визначення Т було змодельоване у 10 папістів за допомогою спеціально розробленої прикладної програми.

Спосіб пояснюється кресленнями, де на Фіг. 1 представлено розрахунок координат точок контуру U та пояснюється спосіб побудови контурів із великої кількості рівновіддалених точок, на Фіг. 2 - способи розрахунку середньої товщини стінки та пояснюються причини, з яких вимір Т проводиться саме від внутрішнього контуру до зовнішнього.

Після обведення контуру ЛШ отримують 2 масиви координат: зовнішнього контуру  $I = \{x_{i1}; y_{i1}; x_{i2}; y_{i2}; \dots; x_{in}; y_{in}\}$ ,  $n \geq 3$  та внутрішнього  $J = \{x_{j1}; y_{j1}; x_{j2}; y_{j2}; \dots; x_{jm}; y_{jm}\}$ ,  $m \geq 3$ ;  $n, m \in \mathbb{Z}$ .

Розглядають зовнішній контур. Оскільки він утворений користувачем, то кількість точок n, відстані між ними та взаємне розташування може бути будь-яким. Тому контур згладжують, підвищують щільність точок та вирівнюють відстані між ними.

Згладжування контуру і 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  $I'$ , кожна побудована точка якої буде належати  $\tilde{I}$ . У випадку, коли значення  $k'$  достатньо велике в порівнянні із роздільною здатністю зображення, що обробляється, вважають що  $\Delta x \rightarrow 0$ . Тобто, сусідні пари точок є найближчими, які можна отримати на даному обладнанні. В цьому випадку січна, що з'єднає будь-які сусідні точки, буде прагнути зайняти місце дотичної, яка, як відомо, описується лінійною функцією. В такий спосіб при заміні кривої  $\tilde{I}$  на ламану  $I'$  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 ламаних  $I'$  та  $J'$  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  $l_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$ ,  $1 < i \leq n$ .  $l_1$  першої точки  $(x_1; y_1)$  дорівнює 0. 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  $I'$  поділяють на  $k$  рівних відрізків, довжина кожного з яких дорівнює  $l_u = \frac{L}{k}$ , і з отриманих  $k+1$  рівновіддаленої точки  $\{x_{u1}; y_{u1}, x_{u2}; y_{u2}, \dots, x_{uk}; y_{uk}, x_{uk+1}; y_{uk+1}\}$  будують контур  $U$ , ідентичний  $I'$  тієї самої довжини  $L$ , із тою самою площею внутрішньої фігури і таким чином, щоб будь-яка точка, що належить  $I'$ , одночасно належала  $U$ .

Далі розраховують координати усіх його точок наступним чином. Кожну точку  $O(x_{u0}; y_{u0}) \in U$ , довжина контуру до якої від першої точки дорівнює  $\sum_{u=1}^o l_u = \frac{L}{k} \times (0-1)$ , розраховують на прямій, утвореній такими точками контуру  $I'$   $(x_{ia}; y_{ia})$  та  $(x_{ia+1}; y_{ia+1})$ . для яких виконується нерівність:  $\sum_{i=1}^a l_i \leq \sum_{u=1}^o l_u \leq \sum_{i=1}^{a+1} l_i$  Розглянемо прямокутний трикутник ABC (Фіг. 1), сторона AB якого є відрізком контуру  $I'$  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 A і B, відповідно. Нехай нам потрібно побудувати точку  $O \in U$  на цьому відрізку, на відстані  $L_{AO} = \frac{L}{k} \times (0-1) - l_a$  від  $A(x_{ia}; y_{ia})$ .

Згідно з теоремою Фалеса,  $\frac{AB}{AO} = \frac{AC}{AD} = \frac{BC}{EC}$ , звідки  $AD = \frac{L_{AO}}{L_{AB}} \times AC = \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (x_{ia+1} - x_{ia})$ ,  
 $EC = \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (y_{ia+1} - y_{ia})$ . Отже, координати точки O будуть  $x_{u0} = x_{ia} + \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (x_{ia+1} - x_{ia})$ ,  
 $y_{u0} = y_{ia} + \frac{L_{AO}}{L_{AB}} (y_{ia+1} - y_{ia})$ .

Таким способом розраховують координати усіх точок контуру U, а також масив із k+1 точки  
 5 внутрішнього контуру  $V = \{x_{v1}; y_{v1}, x_{v2}; y_{v2}, \dots, x_{vk+1}; y_{vk+1}\}$ . В результаті отримують зовнішній та внутрішній контури U та V, побудовані із рівної кількості рівновіддалених точок.

Товщину стінки ЛШ на певному відрізку визначають як найменшу відстань між внутрішнім V та зовнішнім U контуром. Відстань  $s_{ab}$  між будь-якими двома точками  $A(x_{va}; y_{va}) \in V$  та  
 $B(x_{ub}; y_{ub}) \in U$  розраховують як  $s_{ab} = \sqrt{(x_{va} - x_{ub})^2 + (y_{va} - y_{ub})^2}$ . Таким чином, якщо створити  
 10 підмножину  $S_{va} = \{s_{va1}, s_{va2}, \dots, s_{vak+1}\}$ , що складається із відстаней від точки  $A(x_{va}; y_{va}) \in V$  до кожної точки контуру U, товщину стінки будуть визначати як  $t_a = \min S_{va}$  (тобто, як відстань до найближчої точки). Отже, середню товщину стінки t визначають як середнє арифметичне мінімальних відстаней до зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{k+1} \min S_{vi}}{k+1}, \text{ або } t = \overline{\min S_v}. \quad (3)$$

15 При розподілі контурів U та V на недостатньо велику кількість відрізків значення середньої товщини стінки буде некоректним. З іншого боку, при підвищенні k кількість обрахунків зростає у квадратичній залежності:  $k^2 + 2k + 1$ . Тому, для розв'язку цієї проблеми обмежують зону, в якій перевіряються відстані до кожної точки контуру ЛШ інтервалом  $\pm 0,1k$ . В результаті кількість  
 20 розрахунків зменшують до  $0,19k^2 + 1,1k + 1$ . Значення k встановлюють рівним 1000 відрізків.

Розглянемо Фіг. 2. Нехай внутрішній контур V ЛШ у певному місці різко потовщується і потрібно визначити товщину стінки у точці B. Якщо визначають товщину стінки від V до U, то найменша відстань (а отже, і локальна товщина стінки) буде відрізок AB. В тому ж випадку, коли визначають товщину від U до V, то найменша відстань від B - це діагональ BC. Якщо  
 25 розглядають усі точки контуру в зоні різкого потовщення, то стає очевидним важливість того, як саме визначається t, оскільки  $\min S_v \neq \min S_u$ . На Фіг. 2. В схематично зображений вимір t від U до V. на 2.C - від V до U. Якщо об'єднують обидва методи, розрахувавши t як  $\frac{\min S_v + \min S_u}{2}$

(точка O на Фіг. 2. A), то їх представляють, як на Фіг. 2.D. Правильний вимір зображений на 2. C. Тому правильно розраховувати відстань від точок контуру V до U, а не навпаки.

30 Використовуючи формулу 3, остаточний показник визначають як середнє арифметичне від t, обрахованої у трьох стандартних апікальних проекціях:

$$T = \frac{1}{3} (\overline{\min S_{u4c}} + \overline{\min S_{u3c}} + \overline{\min S_{u2c}}), \quad (1)$$

де  $\overline{\min S_{u4c}}$ ,  $\overline{\min S_{u3c}}$ ,  $\overline{\min S_{u2c}}$  - середнє арифметичне мінімальних відстаней до  
 35 зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру, розраховані у чотирикамерній, трикамерній та двокамерній апікальних проекціях, відповідно.

Всі вказані операції можна запрограмувати в програмному забезпеченні ультразвукового обладнання, що реалізує метод картування деформації.

Спосіб виконують наступним чином. В положенні хворого на лівому боці проводять  
 40 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 збережені кінопетлі серцевого скорочення в трьох стандартних апікальних проекціях завантажують в програму Wall Motion Tracking і на них, згідно із звичайної послідовності дій, обводять зовнішній та внутрішній контур ЛШ і отримують середню товщину стінки T, за якою

встановлюють наявність чи відсутність гіпертрофії. По визначеному значенні Т діагностують: незначну гіпертрофію у чоловіків 1,1-1,3 см, у жінок 1,0-1,2 мм. помірну гіпертрофію при значенні у чоловіків 1,4-1,6 см. у жінок 1,3-1,5 см і виражену гіпертрофію при значенні більше 1,7 см у чоловіків і більше 1,6 см у жінок.

- 5      Приклад 1. Пацієнту П., амбулаторна картка № 11698, практично здоровій особі, було виконане ехокардіографічне дослідження із картуванням деформації методом "speckle tracking". Товщина ЗСЛШ на рівні хорд мітрального клапану складала 8,5 мм, товщина МШП 8,6 мм. Після послідовної обробки контурів ЛШ у чотирикамерній, трикамерній та двокамерній проекціях за вказаним алгоритмом, поділивши їх на 1000 рівновіддалених точок кожен, було визначене
- 10      значення  $\overline{\min S_{v4c}} = 8,7\text{мм}$ ,  $\overline{\min S_{v3c}} = 8,6\text{мм}$ ,  $\overline{\min S_{v2c}} = 8,6\text{мм}$ . Таким чином, середня товщина стінки Т виявилася рівною

$$T = \frac{1}{3}(8,7 + 8,6 + 8,6) = 8,6\text{мм}.$$

Дані відповідають відсутності гіпертрофії ЛШ, що підтвердилось подальшим клінічним дослідженням.

- 15      Приклад 2. У пацієнтки III., історія хвороби № 5250, з гіпертрофічною кардіоміопатією виконали ехокардіографічне дослідження із картуванням деформації методом "speckle tracking". Товщина ЗСЛШ на рівні хорд мітрального клапану складала 11,6 мм, товщина МШП 11,3 мм. Показники відповідають незначній гіпертрофії ЛШ. Однак, була виявлена асиметрична гіпертрофія верхівки ЛШ, товщина якої сягала 25,4 мм. Після послідовної обробки контурів ЛШ у
- 20      чотирикамерній, трикамерній та двокамерній проекціях за вказаним алгоритмом, поділивши їх на 1000 рівновіддалених точок кожен, було визначене значення  $\overline{\min S_{v4c}} = 17,8\text{мм}$ ,  $\overline{\min S_{v3c}} = 16,9\text{мм}$ ,  $\overline{\min S_{v2c}} = 15,7\text{мм}$ . відповідно. Таким чипом, середня товщина стінки Т виявилася рівною

$$T = \frac{1}{3}(17,8 + 16,9 + 15,7) = 16,8\text{мм},$$

- 25      на основі чого діагностується виражена гіпертрофія ЛШ.
- Запропонований спосіб застосовано у 10 хворих. За результатами досліджень, згідно із значенням Т, встановлено нормальну товщину стінки у 4 осіб, незначну гіпертрофію у 3 хворих, помірну гіпертрофію у двох, виражену - у одного пацієнта, що підтвердилось при подальшому клінічному спостереженні. В той же час, при діагностиці гіпертрофії ЛШ у 10 хворих за способом
- 30      аналога, у двох випадках діагностика була помилкова.
- Таким чином, порівняння з аналогом показує, що застосування запропонованого способу дозволяє підвищити точність діагностики гіпертрофії ЛШ.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 35      1. Спосіб діагностики гіпертрофії лівого шлуночка, який включає ультразвукове дослідження серця, вимірювання товщини стінки лівого шлуночка та діагностику при значенні товщини стінки 1,1-1,3 см у чоловіків і 1,0-1,2 мм у жінок незначної гіпертрофії лівого шлуночка, при значенні 1,4-1,6 см у чоловіків і 1,3-1,5 см у жінок помірної гіпертрофії і при значенні більше 1,7 см у
- 40      чоловіків і більше 1,6 см у жінок вираженої гіпертрофії, який **відрізняється** тим, що вимірювання товщини стінки лівого шлуночка виконують у ряді рівновіддалених точок у трьох стандартних апікальних проекціях, визначають середнє значення товщини, за яким здійснюють діагностику гіпертрофії лівого шлуночка.
2. Спосіб діагностики гіпертрофії лівого шлуночка за п. 1, який **відрізняється** тим, що
- 45      ультразвукове дослідження серця виконують із картуванням деформації методом "2D speckle tracking", обводять внутрішній та зовнішній контури лівого шлуночка у трьох стандартних апікальних проекціях, отримані контури згладжують методом "Catmull-Rom" і формують із них три множини із ряду рівновіддалених точок, що утворюють такі контури, при яких кожна точка, що належить початковому контуру, одночасно належала би відповідному кінцевому контуру,
- 50      розраховують середнє арифметичне мінімальних відстаней до зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру і обчислюють середню товщину стінки лівого шлуночка Т за співвідношенням

$$T = \frac{1}{3}(\overline{\min S_{v4c}} + \overline{\min S_{v3c}} + \overline{\min S_{v2c}}),$$

де  $\overline{\min S_{u4c}}$ ,  $\overline{\min S_{u3c}}$ ,  $\overline{\min S_{u2c}}$  - середнє арифметичне мінімальних відстаней до зовнішнього контуру від кожної точки внутрішнього контуру, розраховані у чотирикамерній, трикамерній та двокамерній апікальних проекціях, відповідно.

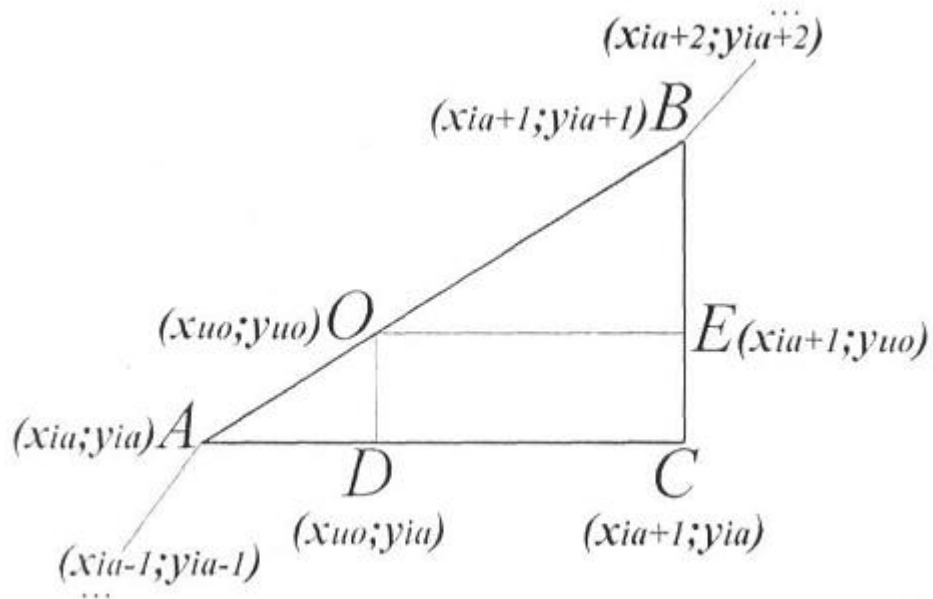


Fig. 1

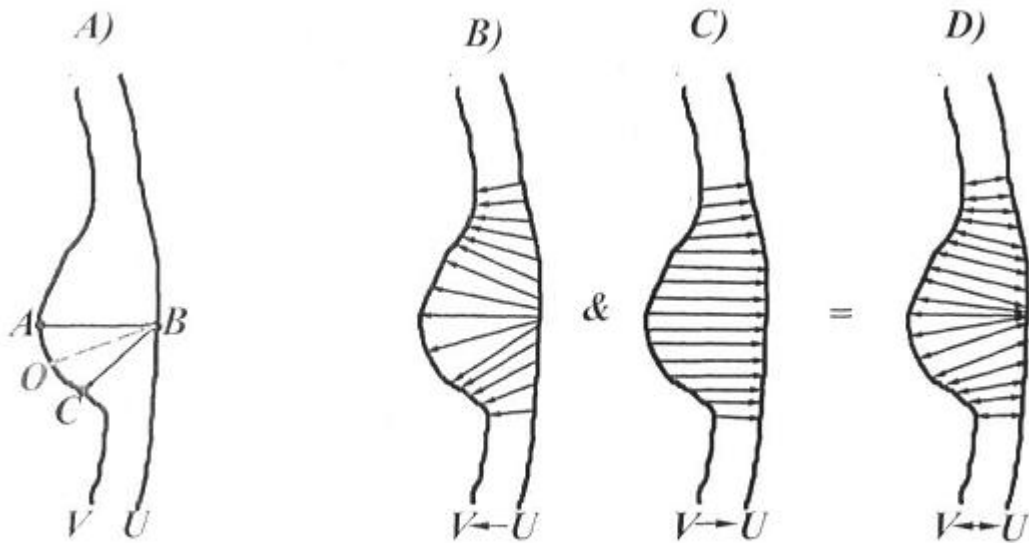


Fig. 2