

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036140**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.10.02**

**(51)** Int. Cl. *A61B 5/145* (2006.01)  
*A61B 5/1455* (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**201900192**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2018.12.11**

---

**(54) СПОСОБ НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ**

---

**(43)** 2020.06.30

**(56)** EA-A1-201800413  
EA-A1-200400524  
US-B2-8388544  
US-A1-20150112170  
US-A1-20090025459  
RU-C1-2305490

**(96)** 2018/041 (AZ) 2018.12.11

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**ИНСТИТУТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК  
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ (AZ)**

**(72)** Изобретатель:  
**Алиев Тельман Аббас оглы, Рзаев  
Аббас Гейдар оглы, Расулов Сакит  
Рауф оглы, Гулуев Гамбар Агаверди  
оглы, Рзаев Эльшан Асиф оглы (AZ)**

**(74)** Представитель:  
**Алиев Т.А. (AZ)**

---

**(57)** Изобретение относится к медицине, а именно к способам измерения вязкости крови человека. Сущность способа состоит в том, что определяют пиковую скорость протекания крови  $v$  и средней диаметр сосуда  $D$ , рассчитывают перепад давления  $\Delta P=4v_n^2$  и вязкость крови рассчитывают по формуле

$$\mu = - \frac{\rho D v_n}{2418 L_n (1 - 132 \frac{D}{L})}$$

Технический эффект заявляемого изобретения состоит в простоте и оперативности определения вязкости крови в процессе обследования пациента.

**B1**

**036140**

**036140 B1**

Изобретение относится к медицине, а именно к способам измерения вязкости крови человека.

Одним из основных параметров, определяющих свойства крови и существенно влияющих на кровоток, является вязкость крови.

Повышение вязкости крови является важнейшей причиной увеличения периферического сосудистого сопротивления, снижения венозного возврата и вследствие этого уменьшения производительности сердца, транзитной гипертензии. Повышение вязкости приводит к функциональной недостаточности различных органов, срыву коронарного и мозгового кровообращения. Своевременное выявление повышения вязкости крови является необходимым условием для нормального функционирования органов.

Известно (1), что для определения параметров вязкости жидкостей, в том числе и крови, применяют, в основном, методы Стокса, Пуазейля, а в медико-биологической практике еще и метод Гесса. На базе этих методов, учитывая важность проблемы, разрабатываются, совершенствуются различные способы определения вязкости крови и их инструментальное оформление - вискозиметры различного типа, в том числе и капиллярные. Способ измерения вязкости крови капиллярным методом (1) осуществляют путем сравнения скорости продвижения крови и дистиллированной воды в одинаковых капиллярах в вакууме при комнатной температуре, и он опирается на закон Пуазейля (закономерность движения жидкости в капиллярах). Вязкость по методу Пуазейля определяется следующим соотношением:

$$\mu = \frac{\pi r^4 \Delta p t}{8 V l}$$

где V - объем фильтруемой крови;

L - длина капилляра;

$\Delta p$  - перепад давлений по длине капилляра;

r - радиус капилляра;

t - время фильтрации за замер.

Указанный метод реализован в устройстве: вискозиметр ВК-4. При таком исследовании норма вязкости: 4,3-5,4 мПа·с для мужчин и 3,9-4,9 мПа·с для женщин, а при наличии каких-либо патологий в организме вязкость может изменяться от 1,7 до 22,8 мПа·с.

Недостатком данного способа является то, что исследование, которое проводится с помощью вискозиметра ВК-4, является инвазивными. В этом случае практически невозможно избежать изменений свойств крови, что может отрицательным образом сказываться на точности измерения. К недостаткам можно отнести и длительность исследования.

Известен способ (2) определения гемодинамической вязкости крови  $\mu_k$ , который включает измерение интенсивности падающего инфракрасного излучения  $I_0$  и излучения, прошедшего через среду кровеносного сосуда l. По полученным данным производят расчет оптической плотности светопоглощаемой среды  $D_{оп}$  и определяют  $\mu_k$ . Способ осуществляется устройством, которое содержит источник и приемник инфракрасного излучения, расположенные на концах наручного браслета (в области запястья), и вычислительное устройство.

Недостатком данного способа является то, что способ не учитывает толщину запястья у обследуемых, через которую проходит излучение, что приводит к большим погрешностям в измерении вязкости. Это обусловлено тем, что интенсивность падающего света, прошедшего через однородную поглощающую среду, постепенно ослабевает и это ослабление увеличивается при увеличении толщины поглощающей среды.

Кроме того общим недостатком этих измерений вязкости крови является то, что эти методы (1, 2) не учитывают свойства крови, вязкоэластичные свойства которой зависят от многих параметров, таких как: вязкость плазмы, деформация красных кровяных тел, образование скоплений и гематокрита. Неоднородность структуры крови, специфика строения и разветвления кровеносных сосудов приводит к довольно сложному распределению вязкости крови, движущейся по сосудистой системе, что при существующих методах измерения вязкости крови не позволяет получить достоверных результатов.

Задача изобретения состоит в повышении точности измерения и упрощении процедуры определения вязкости крови.

Сущность способа состоит в том, что на основе эхокардиографического обследования определяют пиковую скорость (3) потока крови  $v_n$  и средний диаметр сосуда D и по формуле  $\Delta P = 4v_n^2$  рассчитывают перепад давления, а вязкость крови рассчитывают по формуле:

$$\mu = \frac{\rho D v_n}{2418 L_n (1 - 132 \frac{D}{L})}$$

где D - диаметр сосуда, см;

$v_n$  - пиковая скорость протекания крови в сужающемся месте сосуда, см/с;

$\Delta P$  - перепад давления, мм рт.ст.;

L - длина сосуда, в котором определяется вязкость крови, см;

$\mu$  - вязкость (динамическая) крови мм рт.ст.·с.

Как известно (3), эхокардиография является методом визуализации не только при сосудисто-

сердечных заболеваниях, но и при других клинических ситуациях, таких как неотложная терапия, анестезиология и реаниматология, в которых эхокардиография является единственно доступным методом исследования. Авторы изобретения предлагают использовать эхокардиографию и в процессе клинического обследования больного, для получения одного из важных параметров таких исследований - определения вязкости крови. Новизна данного изобретения состоит в том, что при расчете вязкости крови по формуле, предложенной авторами изобретения, используют данные эхокардиографического обследования пациента без использования дополнительных устройств (кроме вычислительного) и приспособлений, таких, например, как указаны в источниках 1 и 2. За основу реализации такой возможности была использована известная формула Дарси - Вейсбаха, определяющая потери напора или потери давления на гидравлических сопротивлениях и система гидравлического расчета течения жидкости (4). Формула Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$

где  $\Delta P$  - потеря напора, мм рт.ст;

$\lambda$  - коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от числа  $Re$ ;

$L$  - длина сосуда, см;

$v$  - пиковая скорость, см/с;

$D$  - диаметр сосуда, см<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность жидкости, г/см<sup>3</sup>;

$Re$  - число Рейнольдса, безразмерное соотношение,  $Re = \frac{vD}{\eta} = \frac{vD\rho}{\mu}$ , которое для заявляемого способа было определено равным в интервале 2320-15360;

$\eta$  - кинематическая вязкость жидкости ( $\eta = \mu/\rho$ );

Определение коэффициента  $\lambda$  осуществляется на основе логарифмической зависимости коэффициента  $\lambda$  от числа  $Re$  по графику (см. фигуру) Никурадзе (4), по которому число  $Re$  показывает турбулентность потока крови в момент пиковой скорости при прохождении крови через сужающийся сосуд - сердечный клапан. От найденного по графику значения  $\lg \lambda$  перешли к нормальной величине и для заявляемого способа с использованием кривой 1 фигуры. Получили

$$\lambda = \lambda_m \left( 1 - e^{-\frac{Re}{Re^x}} \right) = 0,0604 \left( 1 - e^{-\frac{Re}{2418}} \right)$$

По найденным значениям  $Re$  и  $\lambda$  находят  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho = 0,064 \left( 1 - e^{-\frac{Re}{Re^x}} \right) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

где  $Re^x$  - характеристическое число Рейнольдса, определяемое по методу касательной (см. фигуру); подставляя все значения и проведя сокращения, получаем окончательную формулу расчета вязкости крови

$$\mu = - \frac{\rho D v_n}{2418 L_n \left( 1 - 132 \frac{D}{L} \right)}$$

#### Пример конкретного выполнения способа

Методом эхокардиографии определяют пиковую скорость протекания крови в сосуде  $V_n$  и средний диаметр этого сосуда  $D$ . На основе полученных эхокардиографией значений стандартным параметрам (см. табл.), предоставленных в (2, с. 115), и принимая, что  $L=3$  см

параметры	Легкий	Умеренный	Тяжелый
Диаметр сосуда (см)	2,5-1,5	1,5-1,0	< 1,0
Пиковая скорость кровотока, $v_n$ (м/с)	2,0-3,0	3,0-3,9	> 4,0

Для легких:

$$\rho = 1,05; D = 1,6; v_n = 250; L = 3$$

$$\mu_n = - \frac{1,05 \cdot 1,6 \cdot 250}{2418 L_n \left( 1 - 132 \frac{1,6}{3} \right)} = 4,1 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

Для умеренного:

$$D = 1,25; v_n = 345;$$

$$\mu_y = - \frac{1,05 \cdot 1,25 \cdot 345}{2418L_n(1 - 132 \frac{1,25}{3})} = 4,7 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

Для тяжелого:

$$D = 1; v_n = 4,5;$$

$$\mu_\tau = - \frac{1,05 \cdot 1 \cdot 450}{2418L_n(1 - 132 \frac{0,8}{3})} = 5,59 \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

Технический эффект заявляемого изобретения состоит в простоте и оперативности неинвазивного определения вязкости крови в процессе обследования пациента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорова М.А., Сержантова Н.А. "Особенности применения инструментальных методов измерения вязкости крови человека". Известия ЮФУ Технические науки с. 186-191.
2. Способ автоматического измерения вязкости крови. Заявка на евразийский патент № 201800413.
3. Элисдэйр Райдинг. Эхокардиография, практическое руководство. М., "МЕДпресс-информ", 2010.
4. Лутошкин С.Г. "Сбор и подготовка нефти, газа и воды к транспорту". М., "Недра", 1972, с. 55.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ неинвазивного определения вязкости крови, включающий определение пиковой скорости  $v_n$  потока крови в сосуде и среднего диаметра сосуда  $D$ , расчет градиента давления:  $\Delta P = 4v_n^2$  и расчет вязкости крови по формуле:

$$\mu = - \frac{\rho D v_n}{2418 L_n (1 - 132 \frac{D}{L})};$$

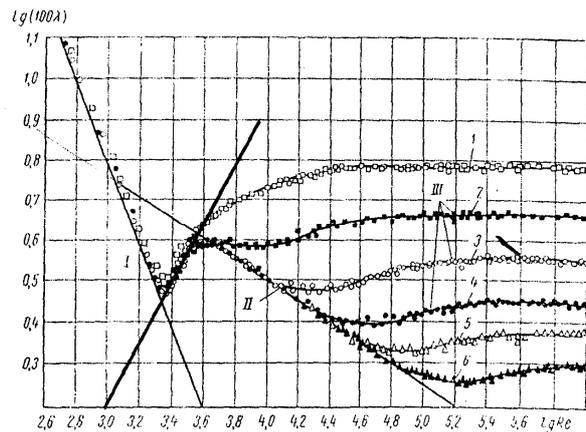
где  $D$  - диаметр сосуда, см;

$v_n$  - пиковая скорость протекания крови в сужающемся месте сосуда, см/с;

$\Delta P$  - перепад давления, мм рт.ст.;

$L$  - длина сосуда, в котором определяется вязкость крови, см;

$\mu$  - вязкость крови мм рт.ст.·с.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2