



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61M 60/196 (2022.02); A61M 60/122 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021114410, 20.05.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.05.2021Дата регистрации:
29.06.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.05.2021

(45) Опубликовано: 29.06.2022 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт теоретической и
прикладной механики им. С.А. Христиановича
СО РАН (ИТПМ СО РАН)

(72) Автор(ы):

Медведев Алексей Елеazarович (RU),
Приходько Юрий Михайлович (RU),
Фомичев Владислав Павлович (RU),
Фомин Василий Михайлович (RU),
Чехов Вячеслав Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт теоретической
и прикладной механики им. С.А.
Христиановича Сибирского отделения
Российской академии наук (ИТПМ СО РАН)
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20130331934 A1, 12.12.2013. US
20140172087 A1, 19.06.2014. US 20180045210 A1,
15.02.2018. RU 2665179 C1, 28.08.2018. RU
2285154 C1, 10.10.2006. SU 1644966 A1,
30.04.1991.

(54) Искусственное сердце

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике. Искусственное сердце содержит корпус с двумя изолированными друг от друга левым и правым центробежными роторными насосами, выполняющими функции левого и правого желудочков, двигатель, установленный между центробежными роторными насосами на общем валу с ними, и два контура циркулирующей жидкости для левого и правого центробежных роторных насосов, имеющие отдельные входы и выходы. Центробежные роторные насосы представляют собой дисковые насосы, имеют равное количество дисков с возможностью обеспечения равного расхода в правом и левом контурах циркулирующей жидкости и установлены с одинаковыми междисковыми расстояниями. Диаметр дисков левого центробежного роторного насоса больше

диаметра дисков правого центробежного роторного насоса и связан с диаметром дисков правого центробежного роторного насоса соотношением $d_{\text{прав}} = \sqrt{\sigma} \cdot d_{\text{лев}}$, а давления в правом и левом контурах циркулирующей жидкости соотносятся как $P_{\text{прав}} = \sigma \cdot P_{\text{лев}}$, где $d_{\text{прав}}$ - диаметр дисков правого центробежного роторного насоса, $d_{\text{лев}}$ - диаметр дисков левого центробежного роторного насоса, $P_{\text{прав}}$ - давление в правом контуре циркулирующей жидкости, $P_{\text{лев}}$ - давление в левом контуре циркулирующей жидкости, σ - величина, определяемая медико-биологическими требованиями. Технический результат сводится к обеспечению стабильности внутринасосной гемодинамики и минимизации травмы крови и

тромбоза. 1 ил.

R U 2 7 7 5 3 4 7 C 1

R U 2 7 7 5 3 4 7 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A61M 60/196 (2022.02); A61M 60/122 (2022.02)(21)(22) Application: **2021114410, 20.05.2021**(24) Effective date for property rights:
20.05.2021Registration date:
29.06.2022

Priority:

(22) Date of filing: **20.05.2021**(45) Date of publication: **29.06.2022** Bull. № 19

Mail address:

630090, g. Novosibirsk, ul. Institutskaya, 4/1,
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
uchrezhdenie nauki Institut teoreticheskoy i
prikladnoy mekhaniki im. S.A. Khristianovicha SO
RAN (ITPM SO RAN)

(72) Inventor(s):

**Medvedev Aleksej Elezarovich (RU),
Prihodko Yuriy Mikhajlovich (RU),
Fomichev Vladislav Pavlovich (RU),
Fomin Vasilij Mikhajlovich (RU),
Chekhov Vyacheslav Pavlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
uchrezhdenie nauki Institut teoreticheskoy i
prikladnoy mekhaniki im. S.A. Khristianovicha
Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk
(ITPM SO RAN) (RU)**

(54) **ARTIFICIAL HEART**

(57) Abstract:

FIELD: medical equipment.

SUBSTANCE: artificial heart comprises a body with two, left and right, mutually isolated centrifugal rotary pumps acting as the left and right ventricles, an engine installed between the centrifugal rotary pumps on a common shaft therewith, and two circulating fluid circuits for the left and right centrifugal rotary pumps, with separate inputs and outputs. The centrifugal rotary pumps constitute disk pumps, have an equal amount of disks configured to ensure equal flow rate of the circulating fluid in the right and left circuits, and are installed with the same inter-disk distances. The diameter of the disks of the left centrifugal rotary pump is larger than the diameter of the disks of the right centrifugal rotary pump and is related to the diameter

of the disks of the right centrifugal rotary pump by the ratio $d_{right} = \sqrt{\sigma} \cdot d_{left}$, and the pressures in the right and left circulating fluid circuits correlate as $P_{right} = \sigma \cdot P_{left}$, wherein d_{right} is the diameter of the disks of the right centrifugal rotary pump, d_{left} is the diameter of the disks of the left centrifugal rotary pump, P_{right} is the pressure in the right circulating fluid circuit, P_{left} is the pressure in the left circulating fluid circuit, σ is a magnitude determined by the medical and biological requirements.

EFFECT: ensured stability of intra-pump haemodynamics and minimised blood trauma and thrombosis.

1 cl, 1 dwg

Изобретение относится к медицинской технике, а именно к экстракорпоральным и имплантируемым устройствам механической поддержки кровообращения, основанным на применении роторных насосов крови.

Искусственное сердце может использоваться для поддержания жизни пациента, как в качестве постоянной замены, так и в качестве моста для последующей пересадки донорского сердца. Искусственное сердце включает в себя центробежный насос, который приводит в движение кровь через систему кровообращения пациента. Учитывая физиологическую важность системы кровообращения, совершенствование технологии искусственного сердца может непосредственно привести к улучшению результатов лечения пациентов и качества их жизни.

Известно искусственное сердце (патент RU 2665179, МПК А61М 1/10 2006.01). Изобретение основано на применении роторных насосов крови и содержит левый и правый роторные насосы крови, каждый из которых связан с блоком управления насосом, обеспечивающим заданную скорость вращения рабочего колеса насоса. Параллельно каждому насосу с одной стороны к входной части магистрали насоса, а с другой - к выходной части магистрали насоса подключен отдельный канал регулируемой рециркуляции крови, содержащий клапан. Каждый клапан связан с блоком управления, включающим блок задания частоты и скважности работы независимо для каждого клапана. Блок управления клапанами имеет возможность независимого регулирования потока крови каждого канала рециркуляции с частичным или полным перекрытием и открытием его просвета. Недостатком данного изобретения является наличие двух шнековых насосов, каждый из которых соединен с устройством регулировки числа оборотов. Так как насосов два и регулирующих устройств тоже два, то необходимо еще третье устройство, синхронизирующее работу двух насосов для поддержания равенства расходов жидкости в двух контурах кровообращения.

Известен, также патент US 2014172087, МПК А61М 1/10; F04D 15/00, 2014-06-19. Система искусственного сердца, включающая в себя: электродвигатель, соединенный с ротором, который несет первое и второе рабочие колеса на противоположных его концах, где: первое рабочее колесо сообщается с системой сосудистой сети пациента; второе рабочее колесо сообщается с легочной сосудистой системой пациента; источник питания; контроллер, соединенный с источником питания и насосом. Контроллер запрограммирован для привода ротора с помощью двигателя, чтобы перемещать кровь от первого рабочего колеса через сосудистую сеть во второе рабочее колесо, легочную систему и обратно к первому рабочему колесу. Определяют электрическую мощность, подаваемую на двигатель, и определяют сопротивление сосудистой системы на основе первого параметра двигателя, который является функцией электрической мощности, подаваемой на двигатель. Определяют скорость потока через сосудистую сеть на основе второго параметра двигателя, который является функцией электрической мощности, подаваемой на двигатель, и позволяет варьировать, по меньшей мере, один операционный параметр искусственного сердца, чтобы поддерживать предварительно определенную взаимосвязь между системным кровотоком и сопротивлением сосудистой системы. Недостатком данного изобретения является наличие двух лопаточных роторов, отличающихся повышенным отрицательным механическим воздействием на кровь из-за использования в роторах лопаток, создающих динамические силы, характеризующиеся относительно большим уровнем тангенциальных сдвиговых напряжений на поверхности лопаток, что создает травмирование крови.

Описано искусственное сердце с центробежными роторными насосами (патент US 2013331934, А61F 2/24), которое выбрано за прототип. Искусственное сердце включает

корпус, имеющий полые оболочки и расположенные напротив друг друга вокруг кольцевого разделителя. Искусственное сердце в таком исполнении это двухнасосное устройство, в котором насосы в оболочках получают кровь из входов и вытесняют ее из выходов. Насос расположен внутри оболочки корпуса для перекачивания крови через одну сторону искусственного сердца, а второй насос расположен внутри другой оболочки для перекачивания крови через другую сторону. Насос включает рабочее колесо, которое вращается во время работы, чтобы вызвать поток крови между входом и выходом из корпуса. Лопатки на передней части крыльчатки ускоряют поступление крови из входного отверстия и направляют кровь в радиальном направлении наружу к диффузорным лопаткам на диске. Диффузорные лопасти в целом повышают КПД насоса и регулируют давление потока в канале текучей среды, ведущем к выходу. Изменение характеристик выходного потока регулируют изменением положения лопаток.

Недостатком данного изобретения является отрицательное механическое воздействие на кровь из-за использования в роторах профилированных лопаток, которые создают динамические силы, характеризующиеся относительно большим уровнем тангенциальных сдвиговых напряжений на поверхности лопаток, создающих травмы крови. Кроме того, функция регулирования положения лопаток предполагает использование специального регулирующего устройства, что значительно усложняет конструкцию.

Задачей предлагаемого изобретения является: обеспечение стабильности внутри насосной гемодинамики и минимизации травмы крови (минимизация разрушения эритроцитов) и тромбоза.

Для достижения указанного результата предлагается использовать не лопаточные, а дисковые роторы, работающие за счет сил вязкого трения, что уменьшает отрицательное механическое воздействие на кровь из-за относительно низкого сдвигового напряжения на поверхности вращающихся дисков, что уменьшает травму крови.

Поставленная задача решается благодаря конструктивному решению, а именно, искусственное сердце содержит корпус с двумя изолированными друг от друга центробежными роторными насосами, размещенными на одном валу с установленным между ними двигателем, и два контура циркуляции жидкости (крови) для левого и правого роторных насосов (желудочков) с отдельными входами и выходами жидкости. Согласно изобретению, используют дисковые центробежные роторные насосы с равным, по крайней мере количеством дисков, установленных с одинаковым меж дисковым расстоянием, как в правом так и в левом контурах циркулирующей жидкости, а сами диски в правом и левом контуре выполнены с различными диаметрами, которые обеспечивают при одинаковом расходе циркуляции жидкости, требуемое (биологически необходимое) давление в правом $P_{\text{прав}}$ и левом $P_{\text{лев}}$ контурах циркулирующей жидкости,

при этом размеры диаметров дисков связаны соотношением $d_{\text{прав}} = \sqrt{\sigma} \cdot d_{\text{лев}}$, где σ определяется медико-биологическими требованиями и равно условию $P_{\text{прав}} = \sigma \cdot P_{\text{лев}}$.

Величина междискового расстояния в обоих контурах циркулирующей жидкости обусловлена индивидуальными характеристиками крови пациента, например ее вязкости.

На чертеже схематично изображен общий вид искусственного сердца.

Искусственное сердце включает корпус 1, имеющий полые изолированные друг от друга камеры 2 и 3, в которых размещены дисковые центробежные роторные насосы 4 и 5 (аналоги левого и правого желудочков сердца), расположенные на общем валу,

и размещенный между ними двигатель 6, приводящий в движение оба центробежных ротора. Двухнасосное искусственное сердце имеет два контура циркуляции жидкости (крови), для выполнения функций левого и правого желудочков. Насосы 4 и 5 получают жидкость (кровь) из входов 7 для левого и 8 для правого контуров циркуляции жидкости и вытесняют ее соответственно из выходов 9 и 10. Центробежные роторные насосы 4 и 5 выполнены, по крайней мере, с равным количеством дисков в правом и левом контурах циркулирующей жидкости, установленных на валу с одинаковыми междисковыми расстояниями, выбранными для обоих роторов из условия оптимизации характеристик насосов и ускоряющих жидкость за счет сил вязкого трения и центробежных сил. Диаметры дисков в роторных насосах 4 и 5 разные, для левого желудочка диаметры дисков ротора 4 больше, чем диаметр дисков ротора 5 для правого желудочка. Это позволяет получить в системе кровообращения пациента при равном расходе правого и левого желудочков, давление крови больше для левого желудочка и меньше для правого, как это происходит в системе кровообращения человека.

Искусственное сердце, выполненное с двумя центробежными роторными насосами, работает следующим образом. Левый желудочек сердца соединяется с входом 7 насоса, а правый желудочек - с входом 8 насоса. Выход 9 соединяется с аортой, а выход 10 - с легочной артерией (на чертеже не показано). При работе искусственного сердца оба центробежных роторных насоса 4 и 5 жестко закреплены на одном валу и приводятся в движение двигателем 6. Разные давления для роторных насосов 4 и 5 определяются геометрическими размерами дисков в каждом роторе. Диски роторного насоса 4, вращаясь, создают движение крови, забирая ее из левого желудочка сердца через входной патрубок 7, и выбрасывают в аорту через выход 9. Одновременно с этим, диски роторного насоса 5, вращаясь, создают движение крови, забирая ее из правого желудочка сердца через входной патрубок 8, и выбрасывая в легочную артерию через выход 10. При этом кровь проходит сквозь зазор между дисками роторных насосов 4 и 5 с минимальными сдвиговыми напряжениями.

Положительный эффект предложенного устройства заключается в том, что дисковые роторные насосы уменьшают отрицательное механическое воздействие на кровь оперированного пациента.

Источники информации

1. Патент RU 2665173, МПК А61М 1/10.
2. Патент US 2014172087, МПК А61М 1/10, 2014-06-19.
3. Патент US 2013331934, А61F 2/24 – прототип.

(57) Формула изобретения

Искусственное сердце, содержащее корпус с двумя изолированными друг от друга левым и правым центробежными роторными насосами, выполняющими функции левого и правого желудочков, двигатель, установленный между центробежными роторными насосами на общем валу с ними, и два контура циркулирующей жидкости для левого и правого центробежных роторных насосов, имеющие отдельные входы и выходы, отличающееся тем, что центробежные роторные насосы представляют собой дисковые насосы, имеют равное количество дисков с возможностью обеспечения равного расхода в правом и левом контурах циркулирующей жидкости и установлены с одинаковыми междисковыми расстояниями, при этом диаметр дисков левого центробежного роторного насоса больше диаметра дисков правого центробежного роторного насоса и связан с диаметром дисков правого центробежного роторного насоса соотношением

$$d_{\text{прав}} = \sqrt{\sigma} \cdot d_{\text{лев}},$$

а давления в правом и левом контурах циркулирующей жидкости соотносятся как

$$P_{\text{прав}} = \sigma \cdot P_{\text{лев}},$$

где $d_{\text{прав}}$ - диаметр дисков правого центробежного роторного насоса,

$d_{\text{лев}}$ - диаметр дисков левого центробежного роторного насоса,

$P_{\text{прав}}$ - давление в правом контуре циркулирующей жидкости,

$P_{\text{лев}}$ - давление в левом контуре циркулирующей жидкости,

σ - величина, определяемая медико-биологическими требованиями.

