

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 388**

51 Int. Cl.:

F04D 29/048 (2006.01)

F04D 29/18 (2006.01)

F04D 29/40 (2006.01)

A61M 1/12 (2006.01)

F04D 13/06 (2006.01)

A61M 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2008** **E 15187237 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018** **EP 3061472**

54 Título: **Bomba rotativa en miniatura sin purga**

30 Prioridad:

01.11.2007 US 934001

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

29.06.2018

73 Titular/es:

ABIOMED, INC. (100.0%)
22 Cherry Hill Drive
Danvers, Massachusetts 01923, US

72 Inventor/es:

SIESS, THORSTEN

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 674 388 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Bomba rotativa en miniatura sin purga

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las realizaciones de esta invención se refieren, en general, pero sin limitación, a la provisión y la utilización de dispositivos médicos y, más particularmente, a la provisión y la utilización de bombas de sangre implantables, en miniatura, para ayudar o complementar la función cardíaca.

10 La Patente US 2001/031210 da a conocer una bomba para sangre que, preferentemente, tiene un rotor suspendido magnéticamente que gira en el interior de un cuerpo envolvente. La Patente US6942611 da a conocer una bomba para sangre paracardiaca destinada a que una porción de su cuerpo envolvente sobresalga en el corazón a través de la pared cardíaca, y para aspirar sangre del corazón.

15 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, se da a conocer una bomba intravascular para sangre según la reivindicación 1. Otros aspectos ventajosos de la invención se dan a conocer en las reivindicaciones dependientes.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 Los dibujos adjuntos no pretenden estar dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en las diversas figuras está representado por el mismo número. En aras de la claridad, no todos los componentes pueden estar marcados en todos los dibujos. En los dibujos:

la figura 1 es una sección transversal esquemática de una realización de una bomba para sangre de acuerdo con la presente invención; y

30 la figura 2 es una sección transversal esquemática de una realización de una bomba para sangre basada en un catéter de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

35 A continuación, se describirán con más detalle diversas realizaciones y aspectos de las mismas haciendo referencia a las figuras adjuntas. Se debe apreciar que esta invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción y a la disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción o mostrados en los dibujos. La invención es capaz de otras realizaciones y de ser puesta en práctica o llevada a cabo de diversas maneras. Ejemplos de implementaciones específicas se proponen en el presente documento solo con fines
40 ilustrativos, y no pretenden ser limitativos. En concreto, las acciones, los elementos y las características explicados en conexión con una o más realizaciones no pretenden ser excluidos de una función similar en alguna otra realización. Además, la fraseología y la terminología utilizadas en el presente documento tienen el propósito de descripción y no deben ser consideradas como limitativas. La utilización de "que incluye", "que comprende", "que tiene", "que contiene", "que implica" y variaciones de los mismos pretende abarcar los elementos enumerados a
45 continuación y sus equivalentes, así como elementos adicionales.

Una bomba para sangre según una realización de la invención se muestra en sección transversal esquemática en la figura 1.

50 La bomba para sangre -100- de esta realización ilustrativa tiene un cuerpo envolvente -200- alargado, sustancialmente cilíndrico, en el que una unidad de accionamiento -210- está posicionada, en general, coaxialmente. La unidad de accionamiento -210- incluye un motor eléctrico que comprende una porción de estátor -300- y una porción de rotor -400-. Los conductores eléctricos -220- que pasan a través de un catéter -230- proporcionan señales de potencia y de control al motor eléctrico.

55 El espacio anular entre la unidad de accionamiento -210- y el interior del cuerpo envolvente forma el recorrido -240- del flujo sanguíneo principal. En una realización, los diámetros interior y exterior del recorrido del flujo sanguíneo principal pueden ser del orden de 7,0 mm y 10,0 mm, respectivamente, proporcionando un área de sección transversal en el recorrido del flujo sanguíneo principal de aproximadamente 160 mm².

60 La porción de estátor -300- comprende un par de imanes -310a-, -310b- permanentes del cojinete del estátor. Un imán -310a- del cojinete del estátor está posicionado cerca del extremo de más arriba del estátor, mientras que el otro imán -310b- del cojinete del estátor está fijado cerca del extremo de más abajo.

65 Los imanes -310a-, -310b- del cojinete del estátor colaboran con los imanes -410a-, -410b- permanentes del cojinete del rotor para formar un par de cojinetes magnéticos radiales. Los cojinetes radiales permiten que el rotor gire con

respecto al estátor sin un contacto radial importante, y crean un espacio anular para permitir un recorrido del flujo sanguíneo secundario -255-. Los imanes -310a-, -310b- del cojinete del estátor y los imanes -410a-, -410b- del cojinete del rotor pueden estar formados por imanes de disco delgados apilados, imanes tubulares con magnetización axial o cualquier otra disposición magnética apropiada.

5 En la realización ilustrativa, los diámetros interior y exterior del recorrido -255- del flujo sanguíneo secundario pueden ser del orden de 3,2 mm y 3,8 mm, respectivamente, proporcionando un área de sección transversal de aproximadamente $3,3 \text{ mm}^2$.

10 Situado en la porción de estátor -300- entre los imanes -310a-, -310b- del cojinete del estátor está dispuesto un imán de motor de estátor -320-. El imán del motor del estátor -320- se combina con un imán -420- de motor de rotor para formar un motor electromagnético que puede ser accionado por medios convencionales para causar la rotación del rotor -400-.

15 En esta realización, un impulsor -500- está unido al rotor -400-. El impulsor -500- incluye un cubo -510- y una serie de paletas -520- que sobresalen del cubo -510-. Las paletas pueden adoptar cualquier forma apropiada y estar en cualquier número apropiado. El impulsor -500- gira en un anillo de bomba cilíndrico -530-, cuyo diámetro es aproximadamente el mismo que el de la envoltura del impulsor -500-. El extremo de más arriba del anillo de la bomba -530- tiene una entrada axial -540- que incluye una parte en ángulo de entrada -545-. El extremo de más abajo del anillo de la bomba -530- va seguido de una zona de transición sin impulsor -550-, en cuyo interior el diámetro interior aumenta de manera continua desde el del anillo de la bomba -530- hasta el del diámetro interior del cuerpo envolvente -200- que rodea la unidad de accionamiento -210-.

25 El funcionamiento del rotor -400- crea una fuerza que impulsa al rotor hacia adelante, es decir, en la dirección opuesta al flujo sanguíneo. Para evitar que el rotor -400- se desplace hacia adelante y entre en contacto con el cuerpo envolvente, un cojinete hidráulico axial -260- puede estar posicionado en el extremo del rotor -400- que incluye el impulsor -500-. El cojinete hidráulico axial -260- sirve para detener la traslación hacia adelante del rotor -400-. En esta realización, el cojinete hidráulico axial -260- está provisto de una serie de aberturas que permiten que la sangre pase a través del cojinete. En algunas realizaciones, el cojinete axial puede estar configurado asimismo como un cojinete de contacto, para detener físicamente el movimiento hacia adelante del rotor -400-, en concreto cuando las fuerzas externas están actuando sobre el dispositivo o cuando el rotor está arrancando o perdiendo potencia.

35 En algunas realizaciones, la posición axial del rotor -400- puede estar controlada mediante un cojinete magnético axial posicionado en cualquier extremo del rotor, con o sin la utilización adicional de un cojinete de contacto mecánico. En una realización, por ejemplo, el cojinete magnético axial puede comprender un imán permanente del cuerpo envolvente axial -270-, posicionado en el cuerpo envolvente -200- cerca del extremo del rotor -400- frente al impulsor -500-, y que colabora con un imán permanente de rotor axial -410-, posicionado en el extremo del rotor opuesto al impulsor -500-. En otra realización, el cojinete axial puede incluir un cojinete magnético activo que funciona solo o junto con el cojinete magnético pasivo y/o el cojinete de contacto mecánico. En una realización, el cojinete magnético axial comprende un imán pasivo cilíndrico diseñado para contrarrestar las fuerzas axiales encontradas cuando el rotor -400- está a velocidad de funcionamiento, rodeado por un imán activo, diseñado para compensar cargas axiales adicionales, como las presentes durante la precarga o después de la carga del impulsor. En algunos casos, la posición axial del impulsor puede ser determinada midiendo la fuerza electromotriz inversa en el sistema, eliminando de este modo la necesidad de un sensor adicional de la posición. En otros casos, se puede emplear un sensor de posición separado para proporcionar retroalimentación relativa a la posición del rotor y facilitar el control mediante un cojinete magnético activo.

50 Hacia el extremo de más abajo del canal -240- de flujo, un tubo de salida -600- se ramifica lateralmente desde el cuerpo envolvente -200- de la bomba. Este tubo de salida -600- se extiende en una dirección, en general, perpendicular al canal -240- de flujo. En algunas realizaciones, el diámetro interior del tubo de salida -600- puede aumentar en la dirección del flujo. El aumento puede ser del orden de 5 a 10 grados o, en una realización concreta, de aproximadamente 8 grados.

55 En ciertas realizaciones, puede haber una abertura de detección de la presión en la pared interna del cuerpo envolvente que se comunica con el canal -240- de flujo principal. Desde la abertura de detección de la presión, un canal de presión puede estar en comunicación fluida con el lumen de un tubo flexible que se extiende a través del catéter -230-. Un sensor de presión puede estar conectado en el extremo proximal del catéter para detectar la presión en el lugar de la abertura de detección de la presión dentro del canal de flujo -240- principal. Como alternativa, un sensor local de presión puede estar instalado en el interior de la bomba para sangre -100-.

65 En algunas realizaciones, una cánula tubular -700- puede estar montada en el anillo de la bomba -530- y extenderse desde el cuerpo envolvente -200-. La cánula -700- puede tener ranuras -710- que se extienden longitudinalmente, dispuestas alrededor de su periferia, y/o una abertura axial -720- en el extremo delantero. La longitud de la cánula -700- puede, en algunos casos, no superar la longitud del cuerpo envolvente -200-, incluido el anillo de la bomba -530-.

5 En la realización ilustrativa, el diámetro exterior del cuerpo envolvente -200- es de aproximadamente 11 mm. El diámetro interior del cuerpo envolvente en la zona del canal de flujo -240- es de aproximadamente 10 mm. La unidad de accionamiento -210- tiene un diámetro exterior de aproximadamente 7,0 mm. El diámetro interior del anillo de la bomba -530- es de aproximadamente 6 mm, el diámetro exterior de la cánula -700- es de aproximadamente de 10 mm, y el diámetro interior de la cánula -700- es de aproximadamente 8 mm.

10 En esta realización, todo el cuerpo envolvente -200-, incluido el anillo de la bomba -530-, tiene una longitud de aproximadamente 50 mm, y la parte de la cánula -700- que sobresale más allá del anillo de la bomba -530- tiene una longitud de aproximadamente 35 mm.

Las dimensiones aproximadas anteriores son solo para la realización ilustrativa, y se debe entender que las dimensiones pueden variar, proporcionalmente o de otro modo, en otras realizaciones de la invención.

15 Se espera que las dimensiones de esta realización concreta den como resultado velocidades de flujo sanguíneo de 1,5 m/s a 3,0 m/s en la zona del anillo de la bomba -530-, de 1,0 m/s a 1,5 m/s en la zona del canal de flujo -240-, y de 0,5 m/s en la zona del tubo de salida -600-. La unidad de accionamiento -210- está configurada para funcionar a una velocidad de rotación relativamente alta de 10.000 rpm a 33.000 rpm. A esas velocidades, el impulsor -500- se movería en el intervalo de 4 a 6 l (litros) de sangre por minuto en condiciones de presión fisiológica.

20 Se anticipa que el dispositivo a modo de ejemplo de la figura 1, con las dimensiones anteriores, daría como resultado una velocidad de flujo en el recorrido -255- del flujo sanguíneo secundario superior a aproximadamente 20 ml/min, con una velocidad de cizalladura de menos de 150 N/m², un tiempo de transición de menos de aproximadamente 200 ms, y que mantendría las superficies interiores del motor en o por debajo de aproximadamente 44 °C.

25 Para mantener un flujo suficiente a través del recorrido del flujo secundario para evitar la acumulación de coágulos u otros depósitos en una bomba en miniatura de este tamaño y configuración aproximados, se ha determinado que la diferencia de presión entre el recorrido del flujo secundario y el recorrido del flujo principal debería ser no menor de aproximadamente 60 mmHg.

30 En la realización ilustrativa, la diferencia de presión deseada se logra mediante la utilización del tubo de salida -600- ramificado lateralmente, descrito anteriormente, que crea un aumento de la presión secundaria. Además, tal como se muestra en la figura 1, el recorrido -255- del flujo secundario puede estar conectado al canal del flujo principal por medio de un hueco pequeño -560- posicionado detrás del impulsor -500-, y que se extiende en una dirección aproximadamente perpendicular a la dirección del flujo a través del canal del flujo principal. Este hueco -560- puede ayudar a crear un efecto de "bomba de agua" que reduce la presión en el interior del recorrido -255- del flujo secundario y ayuda a extraer sangre a través del recorrido -255- del flujo secundario en una dirección opuesta al flujo a través del recorrido -240- del flujo principal.

35 La bomba para sangre paracardíaca a modo de ejemplo de la figura 1 puede ser introducida a través de una punción en la pared cardíaca, y ser introducida en el corazón de tal manera que el cuerpo envolvente -200- cierra herméticamente el orificio de la punción, mientras la cánula -700- está en el interior del corazón y el tubo de salida -600- fuera del corazón. El orificio de la punción en la pared cardíaca puede ser realizado sin retirar el tejido de la pared cardíaca. Esto facilita el cierre del orificio en la pared cardíaca después de la futura retirada de la bomba. Para una mejor fijación axial de la bomba en la pared cardíaca, una ampliación periférica -290- puede estar dispuesta en el cuerpo envolvente -200-.

40 Con la bomba para sangre dispuesta tal como se ha descrito anteriormente, una porción esencial de la longitud del cuerpo envolvente -200- y de la cánula -700- está situada en el interior del corazón, mientras que una porción relativamente corta del cuerpo envolvente -200- sobresale del corazón, y el tubo de salida -600- junto con un tubo flexible conectado al tubo de salida -600- se encuentra junto al exterior del corazón. Por lo tanto, la bomba para sangre no ocupa un espacio sustancial en el interior de la cavidad torácica.

45 La bomba para sangre puede ser implantada en el corazón abierto para proporcionar soporte cardíaco mientras dure una operación u otra intervención, o para proporcionar soporte a largo plazo después de una operación. Una ventaja de una bomba en miniatura es que no se necesitan llevar bombas pesadas y voluminosas en la región torácica del paciente. Además, la bomba es tan pequeña y ligera que incluso la frágil aurícula derecha o izquierda no se deforma sustancialmente al aplicar e introducir la bomba. En todos los casos, el posicionamiento de la bomba puede ser efectuado ahorrando espacio, y las perturbaciones y deterioros del acceso al corazón se mantienen lo más bajos posible.

50 Los sistemas descritos anteriormente también pueden ser empleados en un dispositivo intravascular, basado en un catéter, tal como se muestra en la figura 2. En esta realización, una bomba basada en catéter incluye un cuerpo envolvente -200- que lleva un imán -320- de motor de estátor e imanes -310a-, -310b- del cojinete del estátor. Un rotor -400- lleva un imán -420- de motor de rotor, imanes -410a-, -410b- del cojinete del rotor y un impulsor -500-. Los imanes del cojinete del rotor y del estátor colaboran para formar cojinetes magnéticos radiales delantero y trasero.

- 5 En esta realización, el impulsor giratorio crea un flujo sanguíneo principal que pasa fuera del cuerpo envolvente a través de las aberturas -245- del flujo sanguíneo principal. Las aberturas -285- del flujo sanguíneo secundario, situadas más abajo de las aberturas -245- del flujo sanguíneo principal permiten un recorrido -255- de flujo sanguíneo secundario entre el rotor -400- y el cuerpo envolvente -200- que incluye los imanes del estátor. Como en la realización de la figura 1, este recorrido -255- del flujo sanguíneo secundario es, en general, en una dirección opuesta al recorrido del flujo sanguíneo principal. El flujo sanguíneo a través del recorrido -255- del flujo sanguíneo secundario sirve para evitar la acumulación de coágulos u otros depósitos de sangre en el interior del motor.
- 10 En esta realización, un cojinete magnético axial, que puede ser pasivo, activo, o ambos, puede estar situado en la parte posterior del rotor y contrarrestar las fuerzas que atraen el rotor hacia delante, tal como se ha descrito anteriormente. En otras realizaciones, las fuerzas axiales pueden estar dirigidas a cojinetes hidráulicos o de contacto.
- 15 Habiendo descrito de este modo varios aspectos, por lo menos de una realización de la presente invención, se apreciarán diversas alteraciones, modificaciones y mejoras que los expertos en la técnica podrán realizar fácilmente. Dichas alteraciones, modificaciones y mejoras están destinadas a formar parte de la presente invención. Por consiguiente, la descripción anterior y los 10 dibujos son solo a modo de ejemplo.
- 20 La presente invención incluye los siguientes conceptos:
- Concepto 1:
- 25 Una bomba para sangre paracardiaca, que comprende:
- un cuerpo envolvente tubular;
- una unidad de accionamiento, que comprende un rotor y un estátor, dispuestos coaxialmente en el interior del cuerpo envolvente para crear un canal de flujo principal que se extiende longitudinalmente;
- un impulsor posicionado en un extremo de la unidad de accionamiento y conectado al rotor;
- 30 un anillo de bomba con una entrada axial posicionada en un extremo del cuerpo envolvente y que rodea, por lo menos, a una parte del impulsor;
- una cánula que se extiende desde un extremo del cuerpo envolvente más cercano al impulsor; y
- un tubo de salida que se ramifica lateralmente, posicionado proximalmente a un extremo del cuerpo envolvente opuesto al impulsor;
- 35 en la que la unidad de accionamiento comprende un canal de flujo secundario formado entre el rotor y el estátor.
- Concepto 2:
- 40 La bomba para sangre paracardiaca del Concepto 1, que comprende, además, un canal dispuesto aproximadamente perpendicular a la dirección del flujo sanguíneo principal y que coloca el canal de flujo secundario en comunicación fluida con el canal de flujo principal.
- Concepto 3:
- 45 La bomba para sangre paracardiaca del Concepto 1, que comprende, además, un primer cojinete magnético radial posicionado en la unidad de accionamiento cerca del impulsor, y un segundo cojinete magnético radial posicionado hacia el extremo de la unidad de accionamiento opuesta al impulsor.
- Concepto 4:
- 50 La bomba para sangre paracardiaca del Concepto 1, que comprende, además, un cojinete hidráulico axial cerca del extremo de la unidad de accionamiento más cercana al impulsor.
- Concepto 5:
- 55 La bomba para sangre paracardiaca del Concepto 4, en la que el cojinete hidráulico axial comprende aberturas adaptadas para permitir que la sangre fluya a través del cojinete.
- Concepto 6:
- 60 la bomba para sangre paracardiaca del Concepto 1, que comprende, además, un cojinete magnético axial próximo al extremo de la unidad de accionamiento opuesta al impulsor.
- Concepto 7:
- 65 La bomba para sangre paracardiaca del Concepto 6, en la que el cojinete axial magnético está, por lo menos

parcialmente, activo.

Concepto 8:

5 Un procedimiento para proporcionar asistencia cardíaca que comprende las etapas de:

proporcionar una bomba para sangre que incluye un cuerpo envolvente alargado, una unidad de accionamiento posicionada en el interior del cuerpo envolvente y que tiene un rotor y un estátor, un impulsor posicionado en un extremo de la unidad de accionamiento y conectado al rotor, y una cánula que se extiende desde un extremo del cuerpo envolvente más cercano al impulsor;

10 hacer funcionar la bomba para crear un flujo sanguíneo principal alrededor de la unidad de accionamiento y un flujo sanguíneo secundario en un espacio anular formado entre el rotor y el estátor, en el que el flujo sanguíneo secundario es, en general, en una dirección opuesta al flujo sanguíneo principal.

15 Concepto 9:

El procedimiento del Concepto 8, en el que el flujo sanguíneo secundario se mantiene a una velocidad mayor que aproximadamente 20 ml/min.

20 Concepto 10:

El procedimiento del Concepto 8, en el que la velocidad de cizalladura del flujo sanguíneo secundario es menor que aproximadamente 150 N/m^2 .

25 Concepto 11:

El procedimiento del Concepto 8, en el que el tiempo de transición del flujo sanguíneo secundario es inferior a aproximadamente 200 ms.

30 Concepto 12:

El procedimiento del Concepto 8, en el que la diferencia de presión entre los flujos sanguíneos principal y secundario es, por lo menos, aproximadamente de 60 mmHg.

35 Concepto 13:

El procedimiento del Concepto 8, en el que proporcionar la bomba para sangre comprende implantar la bomba para sangre en un corazón.

40 Concepto 14:

Una bomba para sangre paracardíaca, que comprende:

un cuerpo envolvente tubular que incluye un canal de flujo que se extiende longitudinalmente;

45 una unidad de accionamiento, que comprende un rotor y un estátor, dispuestos coaxialmente en el interior del cuerpo envolvente;

un impulsor posicionado en un extremo de la unidad de accionamiento y conectado al rotor;

un anillo de bomba con una entrada axial posicionado en un extremo del cuerpo envolvente y que rodea, por lo menos, a una parte del impulsor,

50 una cánula que se extiende desde un extremo del cuerpo envolvente más cercano al impulsor;

un tubo de salida que se ramifica lateralmente, posicionado próximo al extremo del cuerpo envolvente opuesto al impulsor; y

un cojinete magnético axial posicionado en un extremo del cuerpo envolvente.

55 Concepto 15:

La bomba para sangre paracardíaca del Concepto 14, en la que el cojinete magnético axial comprende un cojinete magnético activo.

60 Concepto 16:

Una bomba para sangre intravascular, que comprende:

un cuerpo envolvente basado en un catéter;

65 una unidad de accionamiento, que comprende un rotor y un estátor, dispuestos coaxialmente en el interior del cuerpo envolvente;

un impulsor posicionado en un extremo de la unidad de accionamiento, conectado al rotor y configurado para crear

un flujo sanguíneo principal;
aberturas para el flujo sanguíneo principal posicionadas en el cuerpo envolvente más abajo del impulsor, para dirigir el flujo sanguíneo principal fuera del cuerpo envolvente; y
un canal de flujo secundario formado entre el rotor y el estátor y configurado para dirigir la sangre a través de la
5 unidad de accionamiento en una dirección, en general, opuesta a la del flujo sanguíneo principal.

Concepto 17:

10 La bomba para sangre intravascular del Concepto 16, que comprende, además, un primer cojinete magnético radial posicionado cerca del impulsor, y un segundo cojinete radial magnético situado hacia el extremo de la bomba opuesto al impulsor.

Concepto 18:

15 La bomba para sangre intravascular del Concepto 16, que comprende, además, un cojinete hidráulico axial.

Concepto 19:

20 La bomba para sangre intravascular del Concepto 16, que comprende, además, un cojinete magnético axial; y

Concepto 20:

25 La bomba para sangre intravascular del Concepto 19, en la que el cojinete magnético axial está, por lo menos parcialmente, activo.

REIVINDICACIONES

1. Bomba para sangre intravascular (100), que comprende:

- 5 un cuerpo envolvente basado en un catéter (200);
una unidad de accionamiento (210), que comprende un rotor (400) y un estátor (300), dispuestos coaxialmente en el interior del cuerpo envolvente (200);
un impulsor (500), posicionado en un extremo de la unidad de accionamiento (210), conectado al rotor (400), y configurado para crear un flujo sanguíneo principal (240);
10 aberturas (245) para el flujo sanguíneo principal posicionadas en el cuerpo envolvente más abajo del impulsor (500), para dirigir el flujo sanguíneo principal fuera del cuerpo envolvente (200);
un recorrido (255) del flujo secundario, formado entre el rotor (400) y el estátor (300), y configurado para dirigir la sangre a través de la unidad de accionamiento (210) en una dirección, en general, opuesta a la del flujo sanguíneo principal (240); y
15 aberturas (285) para el flujo sanguíneo secundario más abajo de las aberturas (245) para el flujo sanguíneo principal, las aberturas (285) para el flujo sanguíneo secundario colocando el recorrido (255) del flujo secundario en comunicación fluida con el exterior del cuerpo envolvente (200).

20 2. Bomba (100), según la reivindicación 1, que comprende, además, un primer cojinete magnético radial (310a, 310b, 410a, 410b) posicionado cerca del impulsor (500), y un segundo cojinete magnético radial (410) posicionado hacia el extremo de la bomba (100) opuesta al impulsor (500).

3. Bomba (100), según la reivindicación 1 o 2, que comprende, además, un cojinete hidráulico axial (260).

25 4. Bomba (100), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un cojinete magnético axial.

5. Bomba (100), según la reivindicación 4, en la que el cojinete magnético axial (270) está, por lo menos parcialmente, activo.

30 6. Bomba (100), según la reivindicación 5, en la que el cojinete magnético comprende:

un imán pasivo dispuesto para contrarrestar las fuerzas axiales sobre el rotor; y
un imán activo que rodea al imán pasivo.

35 7. Bomba (100), según la reivindicación 4, 5 o 6, que comprende un segundo cojinete, en la que el cojinete magnético está dispuesto para actuar junto con el segundo cojinete.

40 8. Bomba (100), según la reivindicación 7, en la que el segundo cojinete es uno de:

un cojinete de contacto mecánico; y
un cojinete magnético pasivo.

45 9. Bomba (100), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende un cojinete hidráulico axial (260), en la que el cojinete hidráulico axial comprende aberturas adaptadas para permitir que la sangre fluya a través del cojinete.

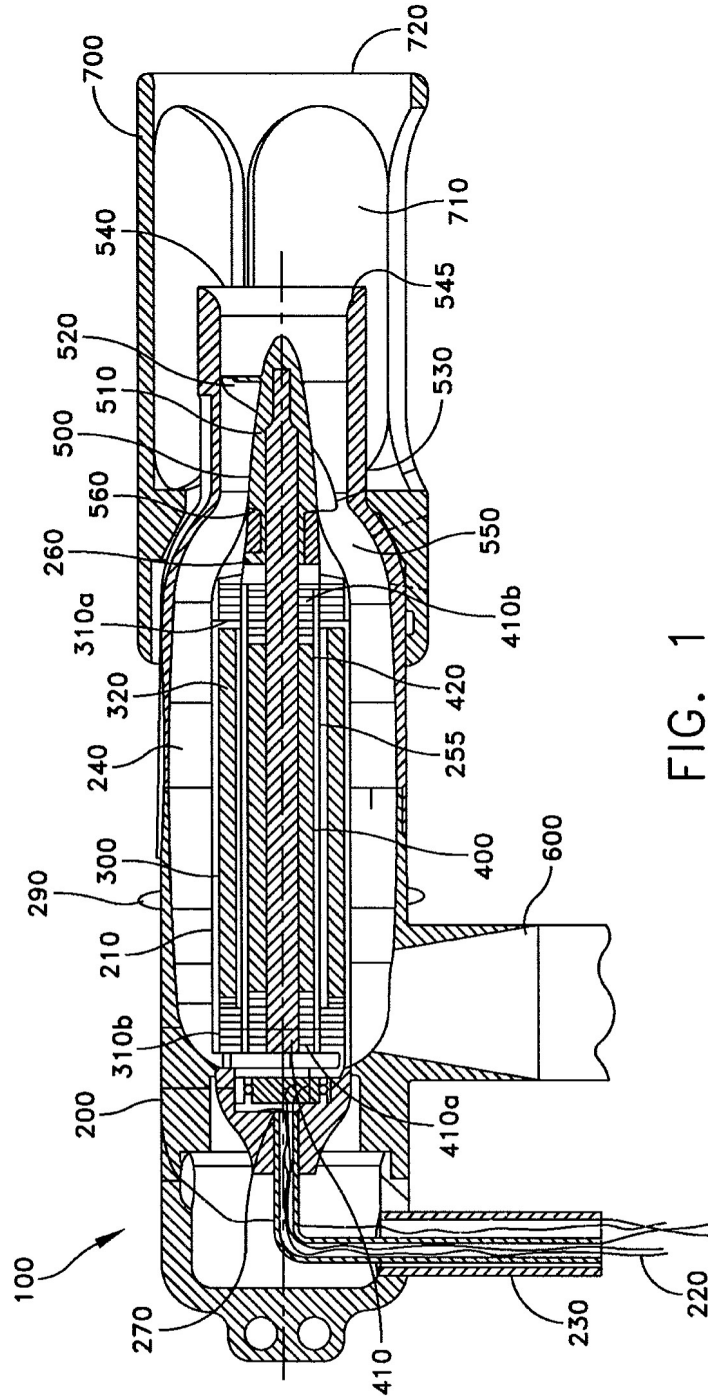


FIG. 1

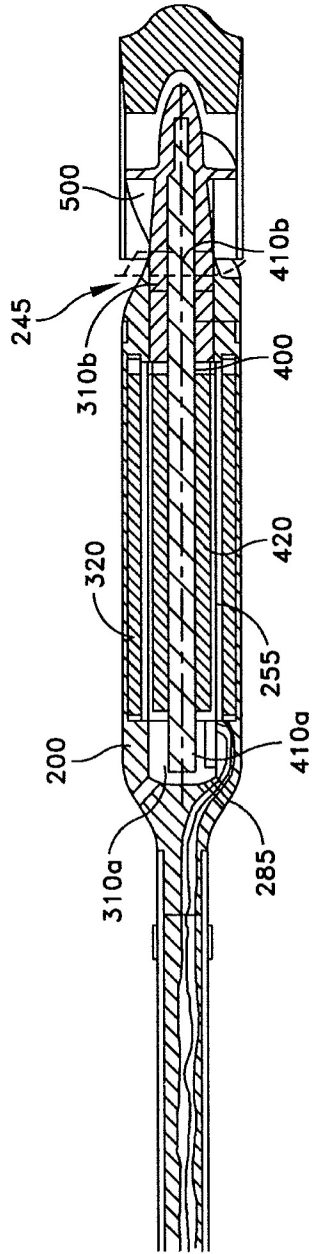


FIG. 2