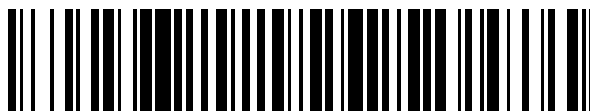


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 164**

51 Int. Cl.:

A61M 1/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2004 E 04733212 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 1623730**

54 Título: **Órgano motor accionado por presión de aire para dispositivos neumáticos de asistencia ventricular**

30 Prioridad:

15.05.2003 US 470711 P
13.05.2004 US 846983

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.09.2013

73 Titular/es:

VITALMEX INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.
(100.0%)
Moctezuma 26, Col. Torriello Guerra
Col. Torriello Guerra C.P. 14050 , MX

72 Inventor/es:

SACRISTÁN, EMILIO

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 422 164 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

Órgano motor accionado por presión de aire para dispositivos neumáticos de asistencia ventricular

5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

[0001] La presente invención se refiere a un equipamiento médico y, más particularmente, a máquinas para proveer energía a dispositivos de asistencia ventricular neumáticos, como por ejemplo en el documento US 5,913,814.

10 ANTECEDENTES

[0002] Los dispositivos de asistencia ventricular ("VAD") se utilizan para ayudar como complemento a la acción de bombeo del corazón durante y después de determinados tipos de cirugía, en situaciones donde ni es necesario un bypass cardiopulmonar completo (usando una máquina de circulación extracorpórea) ni es aconsejable a consecuencia de los graves efectos secundarios asociados al mismo. Los dispositivos de asistencia ventricular comprenden normalmente un par de cánulas u otros tubos y un tipo de bomba operativamente conectada a las cánulas. En el uso, las cánulas se fijan en el lado izquierdo del corazón (un dispositivo de asistencia ventricular izquierda) o en el lado derecho del corazón (un dispositivo de asistencia ventricular derecho) "en paralelo", es decir, la bomba complementa la acción de bombeo del corazón pero no la deriva completamente y se activa la bomba. Como alternativa, se puede implantar una bomba directamente en el cuerpo.

[0003] Originalmente, los dispositivos de asistencia ventricular eran neumáticos, donde la fluctuación de la presión de aire, provista por una simple máquina de bomba de aire mecánica, se aplicaba a un saco con forma de cámara de aire. La cámara de aire poseía válvulas de entrada y de salida, de modo que se introducía sangre en la cámara de aire a través de la válvula de entrada cuando la presión de la cámara de aire era baja, y salía de la cámara de aire a través de la válvula de salida cuando la presión de la cámara de aire era alta. Desgraciadamente, estos dispositivos neumáticos de asistencia ventricular eran complicados y usaban válvulas mecánicas costosas, propensas a los fallos y expuestas a "obstrucciones" y causaban trauma o daño sanguíneo debido a bordes metálicos, duros y similares.

[0004] Para superar estos problemas, se han empleado y desarrollado dispositivos de asistencia ventricular más pequeños y más fiables. Estos incluyen bombas de flujo axial para la inserción temporal directamente en el corazón, y bombas peristálticas o centrífugas. Las primeras se basan en el principio de Arquímedes, donde una barra con cuchillas helicoidales rota dentro de un tubo para desplazar líquido. En el uso, una bomba de flujo axial en miniatura montada en un catéter está situada de forma apropiada dentro del corazón, y debe accionarse mediante algún tipo de accionamiento magnético externo u otro mecanismo apropiado. Con unas r.p.m. suficientemente altas se puede bombear una cantidad significativa de sangre. En el caso de las bombas peristálticas, la sangre se mueve por la acción de un impulsor que rota rápidamente (cono giratorio o similar), lo cual provoca que la sangre salga aceleradamente. Estas dos categorías de dispositivos de asistencia ventricular son generalmente fiables e implantables, pero son muy costosas y no particularmente duraderas, y no son útiles en situaciones donde un paciente necesita un verdadero suministro de sangre periódico. Específicamente, las bombas peristálticas y axiales permanecen normalmente en un modo de operación continuo, donde se suministra una corriente estable de sangre de forma continua, a diferencia del ritmo natural del corazón, que actúa de forma periódica, produciendo pulsaciones. Además, dichas bombas se encuentran en gran medida todavía en fase de desarrollo o fase de prueba.

[0005] Debido a las limitaciones de rendimiento inherentes a estos dispositivos de asistencia ventricular, los dispositivos neumáticos parecerían una buena elección para proveer un incremento pulmonar pulsante. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, los dispositivos de asistencia ventricular neumáticos son propensos a los fallos y pueden causar daños sanguíneos y coagulación. Además, las unidades de órgano motor para accionar los dispositivos de asistencia ventricular neumáticos poseen motor (por tanto, en general son mecánicamente inseguros), y sólo pueden ofrecer un simple modo de presión cíclica de operación, es decir, una presión máxima y mínima de repetición aplicada a la cámara de aire VAD, que no se puede ajustar a las condiciones particulares de un paciente.

[0006] Por consiguiente, un objeto primario de la presente invención es proveer un órgano motor para dispositivos de asistencia ventricular neumáticos que es más fiable que no posee bomba o motor eléctricos y que proporciona un grado superior de flexibilidad operativa y personalización.

RESUMEN

[0007] La invención se define por un equipo como el que se reivindica. Un órgano motor accionado a gas o medios de órgano motor para un dispositivo de asistencia ventricular neumático (VAD) se acciona mediante aire presurizado disponible normalmente en las habitaciones de hospital, unidades de cuidados intensivos y quirófanos. El órgano motor provee de presión para la expulsión de sangre (sístole) y un vaciado para rellenar de sangre (diástole) al VAD. El órgano motor es controlado preferiblemente por un controlador informático/digital mediante sensores de presión y volumen, y válvulas electromecánicas controladas por ordenador. El bombeo ventricular se realiza preferiblemente a través de un único pistón accionado por resorte o fuelles dentro de un cilindro de bomba. El ordenador regula activamente la presión ventricular sistólica máxima y el vacío diastólico máximo y opcionalmente el índice de ciclo y/o volumen de expulsión

(dependiendo del modo operativo). El órgano motor es también capaz de ventilar automáticamente y periódicamente la línea de accionamiento para eliminar el aire condensado y viciado. La ausencia de un motor o bomba eléctrica confieren al dispositivo un diseño pequeño, fiable, fácil de manejar y económico.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0008] Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con respecto a la descripción siguiente, las reivindicaciones anexas y los dibujos anexos, en los cuales:

- 10 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un órgano motor accionado por presión de aire para dispositivos de asistencia ventricular neumáticos, según la presente invención;
 Las FIGS. 2A y 2B son diagramas esquemáticos de una parte del órgano motor accionado por presión de aire en la operación; y
 Las FIGS. 3A-3C son varias vistas del órgano motor accionado por presión de aire implementado como un carro con
 15 ruedas portátil.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- [0009] Con referencia a la FIG. 1, una forma de realización preferida de un órgano motor accionado por presión de gas o un medio de órgano motor 10 para hacer funcionar un dispositivo de asistencia ventricular neumático 12 (VAD) incluye una unidad de consola 14 y una unidad de aire/gas presurizado 16 que incluye uno o más tanques intermedios 18 de gas presurizado (preferiblemente aire) y un conector de entrada de gas 20 que fija una línea instalada de aire 22 presurizado a toda la instalación. La unidad de consola 14 incluye un controlador 24 informático u otro controlador electrónico, un cilindro de bomba o bomba de desplazamiento positivo (es decir, pistón o fuelles) 26 con un miembro 28 sellado [[accionado por resorte]] que mueve el gas (es decir, pistón o fuelles), una válvula de presión de entrada 30, y una válvula de ventilación cilíndrica 32, de las cuales, ambas se fijan a la fuente de aire presurizado 16 y al extremo de la fuente (o entrada) del cilindro de bomba 26. Una línea de transmisión 34 de salida tubular está conectada a la bomba 26 de descarga o de salida. La línea de transmisión, a su vez, está fijada al dispositivo de asistencia ventricular 12. En el uso, a principios de un ciclo, el ordenador 24 abre la válvula de presión de entrada 30 para comprimir el fuelle y el resorte 28 y aumentar la presión sistólica en el VAD 12 (sístole activa). Una vez se ha alcanzado la presión de línea de transmisión máxima deseada, como se ha medido mediante un sensor 36 de presión de línea de transmisión conectado eléctricamente al ordenador 24, la válvula de presión de entrada 30 se cierra y el ordenador 24 espera (sístole pasiva) hasta que el volumen de sangre deseada sea expulsado del VAD (modo de volumen limitado) o el tiempo sistólico haya transcurrido (modo limitado de frecuencia). La diástole empieza mediante la abertura de la válvula de ventilación cilíndrica 32. El resorte comprimido dentro del fuelle 28 crea, a continuación, un vacío para la fase del ciclo de relleno de sangre (es decir, cuando el resorte empuja el fuelle hacia afuera, la presión del gas en la línea de transmisión 34 conectado al VAD 12, disminuye). Una vez se ha alcanzado el nivel de vacío deseado, como se ha medido mediante el sensor 36 de presión de línea de transmisión, una válvula reguladora de vacío 38 (fijada a la línea de transmisión 34) se abre para dejar entrar aire en el espacio/línea de transmisión 34 interior del pistón/VAD asegurándose de que no se exceda el nivel de vacío deseado. A continuación, el ordenador 24 espera al volumen de sangre deseado para llenar el VAD 12 (modo de volumen limitado) o hasta que el tiempo diastólico haya transcurrido (modo de frecuencia limitada).

- [0010] Como se ha indicado anteriormente, el medio de órgano motor 10 preferido utiliza aire presurizado controlado para accionar el VAD 12, como se suministra a la consola 14 desde la unidad de aire presurizado 16, y no una bomba motorizada o similar. La unidad de aire presurizado 16 puede estar separada de la consola 14, o unida a esta, por ejemplo, como parte de un carro móvil o similar (ver figuras 3A-3C). La fuente primaria de aire presurizado es el suministro 22 de aire presurizado, oxígeno u otro gas que se encuentra en la mayoría de habitaciones de hospital, unidades de cuidados intensivos y quirófanos, el cual se conecta a la unidad 16 mediante el conector 20. La presión de entrada debe ser mucho mayor que la presión sistólica máxima deseada, que es $0,35 \text{ kg/cm}^3$ (5 psi). El oxígeno de hospital estándar y los suministros de aire se regulan a 3.51 kg/cm^3 (50 psi) de presión, lo cual puede regularse mediante una unidad reguladora/de alarma 40 situada entre la consola 14 y los tanques 18 y línea de distribución 22. Los tanques 18 se proveen como una seguridad en el caso de que la línea de suministro principal 22 se corte, o donde sea necesario el transporte. Una válvula selectora 42, ya sea manual o controlada por ordenador, está provista para seleccionar entre la línea de suministro 22 y los tanques 18. La unidad reguladora/de alarma 40 se puede configurar para emitir una alarma si la presión de entrada en la unidad reguladora/de alarma 40, es decir, la presión de línea o la presión de tanque, cae o disminuye por debajo de un nivel determinado.

- [0011] Se puede proveer un sensor de presión de entrada 44, en comunicación fluida con la línea de entrada 46 de aire presurizado de la consola y conectado eléctricamente al ordenador 24, para emitir una señal al ordenador 24 para advertir al usuario si la presión de entrada disminuye debido a un fallo de suministro.

- [0012] El ordenador 24 puede ser de cualquier diseño o configuración apropiados. En una forma de realización ejemplar, el ordenador 24 comprende un microcontrolador o microprocesador 50 y está asociado a componentes estándar (pistón, bus E/S, etc.), un controlador de video 52 y pantalla 54 operativamente conectada al microcontrolador 50, un bus o puerto 56 de comunicaciones (p. ej., USB, Ethernet) para el acceso externo al microcontrolador, y un convertidor 58 A/D y D/A u otra interfaz de sensor/válvula o unidad de control. El ordenador 24 también incluye un altavoz 60 para hacer

sonar alarmas o similares.

[0013] Los demás componentes serán descritos con respecto al accionamiento del órgano motor accionado por presión de aire 10.

[0014] Los dispositivos de asistencia ventricular neumáticos funcionan aplicando presión de aire a una cámara de aire o saco eficazmente unidos en paralelo al corazón de un paciente. Concretamente, cuando se aplica presión al saco, se expulsa sangre del mismo. Cuando se reduce la presión de aire contra el saco, el saco se expande, provocando que la sangre entre en el saco. Cuando se emplean válvulas direccionales apropiadas, esto crea un flujo sanguíneo cíclico o pulsátil. Según la presente invención, con referencia a las figuras 2A y 2B, esta acción se realiza mediante el uso de válvulas controladas por ordenador, una fuente de aire presurizado y el cilindro de bomba con fuelle o pistón con resorte.

[0015] Como se muestra en la FIG. 2A, a principios de un ciclo, el ordenador 24 abre la válvula de presión de entrada 30. Esto provoca la entrada de aire en el lado de entrada (es decir, cámara de toma o cámara de entrada) del cilindro de bomba 26, que comprende el fuelle y resorte 28 (debería observarse que la cámara de toma del cilindro está sellada o separada del lado de salida o cámara de descarga). El hecho de comprimir el fuelle 28 provoca el aumento de la presión del aire/gas en la línea de transmisión 34, lo cual a su vez comprende la cámara de aire o saco VAD 70, obligando a salir a la sangre fuera del saco, a través de una válvula de salida 72 VAD, y en el flujo sanguíneo del paciente.

[0016] Una vez se consiga la presión máxima deseada en la línea de transmisión 34, como se ha medido por el sensor de presión de línea de transmisión 36, la válvula de presión de entrada 30 está cerrada y el ordenador 24 espera (sístole pasiva) hasta que el volumen de sangre deseada sea expulsado del VAD 12 (modo limitado de volumen) o el tiempo sistólico haya transcurrido (modo limitado de frecuencia). Si el vacío diastólico no ha sido establecido o se encuentra por debajo del nivel deseado (es decir, la presión de línea de transmisión se encuentra sobre el nivel de vacío diastólico deseado), el ordenador 24 provoca que la válvula de reglaje de vacío 38 se abra momentáneamente para dejar escapar una pequeña cantidad de aire de la línea de transmisión 34 al final del periodo sistólico.

[0017] Como se muestra en la FIG. 2B, la diástole empieza al abrirse la válvula de ventilación cilíndrica 32. El resorte comprimido dentro del cilindro de pistón o fuelle crea a continuación un vacío para la fase de relleno de sangre del ciclo. Concretamente, cuando se permite la salida del aire presurizado del cilindro 26, ya no hay presión suficiente para contrarrestar el resorte en el fuelle 28. El resorte expulsa el fuelle/pistón 28, aumentando el volumen efectivo de la línea de transmisión 34 y reduciendo la presión de aire en esta. Esto provoca la expansión de la cámara de aire 70 VAD, captando sangre a través de una válvula 74 de entrada unidireccional VAD. Una vez se haya alcanzado el nivel de vacío deseado, como se ha medido por el sensor de presión de la línea de transmisión 36, la válvula reguladora de vacío 38 está abierta para que entre aire en la línea de transmisión 34, asegurando que no se excede el nivel de vacío deseado. Si no se alcanza el nivel de vacío deseado, se ajustará para el siguiente ciclo abriendo la válvula reguladora de vacío 38 como se ha mencionado anteriormente. A continuación, el ordenador 24 espera a que el volumen de sangre deseado llene el VAD (modo limitado de volumen) o hasta que el tiempo diastólico haya transcurrido (modo limitado de frecuencia).

[0018] El volumen sanguíneo en el VAD 12 se puede medir directamente mediante un sensor en la cámara VAD (no mostrado). El volumen sanguíneo en el saco de sangre VAD no necesita medirse directamente, no obstante, permite un diseño VAD más simple, pero puede calcularse indirectamente a través del ordenador 24 (calibrado al VAD y línea de transmisión de espacio muerto) usando la ley de Boyle (asumiendo una temperatura constante, $P_1 V_1 = P_2 V_2$) y midiendo el volumen desplazado en el cilindro de bomba 26 y la línea de transmisión y presiones barométricas. La presión barométrica y volumen desplazado se puede medir teniendo, respectivamente: (i) un sensor de presión barométrica 80 unido operativamente al ordenador 24; y (ii) un sensor de distancia 82 (LED, otro sensor óptico, o similar) en el cilindro de bomba 26 y conectado operativamente al ordenador 24, que mide la distancia desde un extremo del cilindro de bomba al fuelle (u otra medición apropiada).

[0019] Una válvula limitadora de presión de seguridad 84 se fija a la línea de transmisión 34 para asegurar que no se exceda la máxima presión del VAD/línea de transmisión (p. ej., $0,35 \text{ kg/cm}^3$ (5 psi)), lo cual podría llevar a airear filtraciones en el VAD 12.

[0020] Periódicamente o a tiempos seleccionados de usuario, el órgano motor 10 posee la capacidad de ventilar la línea de transmisión 34 para prevenir un exceso de condensación y eliminar el aire viciado. Esto tiene lugar al final del periodo diastólico mediante la abertura de una válvula de ventilación de línea de transmisión 86, situada entre la línea de transmisión 34 y la línea de entrada de aire presurizado 46, durante un periodo de tiempo corto. El espacio de la línea de transmisión 34/cilindro interno/VAD se presuriza con aire fresco. El exceso de presión es ventilado por la válvula limitadora de presión 84. Luego la válvula reguladora de vacío 38 se abre para descargar el sistema.

[0021] El ordenador 24 es un medio de control electrónico para regular la presión ventricular sistólica máxima y el vacío diastólico máximo del corazón de un paciente, a través de la cantidad de gas suministrada selectivamente a la toma de la bomba y las cámaras de escape, donde el ordenador 24 posee la capacidad de controlar todo el proceso (mencionado en los párrafos anteriores) según los parámetros seleccionables por el usuario o programados por el

fabricante, tales como el volumen sistólico deseado, índice, rendimiento VAD, relación sístole-diástole, volumen diastólico máximo, volumen sistólico mínimo, presión sistólica máxima y/o vacío diastólico máximo. El ordenador, mediante sus sensores, también posee capacidad de diagnóstico y pueden desencadenar advertencias y alarmas al usuario. Finalmente, el ordenador también puede tener la capacidad de almacenamiento o transmisión del estado operativo y el rendimiento del órgano motor para lugares distantes (enfermería, consulta del médico) mediante red o comunicaciones inalámbricas 56.

[0022] Aunque la acción de bombeo VAD se realiza principalmente usando aire presurizado, el ordenador, válvulas y sensores se accionan eléctricamente, mediante un suministro de energía estándar (fijado a una salida de pared), generador, sistema de potencia de batería o similar (no mostrado).

[0023] A las salidas de las válvulas 32, 38 se pueden fijar silenciadores o amortiguadores de sonido 88 para minimizar el ruido cuando se libera el aire presurizado periódicamente de las líneas de aire del órgano motor.

[0024] Una bomba de pie de emergencia o fuelle 90 puede ser fijada operativamente a la línea de transmisión 34, mediante una válvula de selector manual 92 y/o un conector 94. En una emergencia (es decir, pérdida completa de aire presurizado y/o energía eléctrica), los fuelles de pie 90 se bombean manualmente, provocando la aplicación de una presión variable en el VAD 12. Preferiblemente, el volumen de aire desplazado por el fuelle 90 está configurado para encontrar generalmente el volumen de desplazamiento requerido para accionar el saco de bombeo VAD 70.

[0025] Las figuras 3A-3C muestran el modo de implementar como carro portátil el órgano motor 10 accionado por presión de aire.

[0026] Aunque el órgano motor accionado por presión de aire se ha descrito con una entrada de aire separada y válvulas de ventilación de bomba 30, 32, respectivamente, en su lugar podría usarse un dispositivo de distribución de aire unitario, es decir, un dispositivo controlado por ordenador con tres estados: (i) "cerrado"; (ii) abierto al ambiente (posiblemente mediante un amortiguador de sonido); y (iii) abierto a la línea de entrada de aire 46. Este también es el caso para las válvulas 38, 84, 86 en la línea de transmisión 34. De este modo, el término "dispositivo de distribución de aire" como se utiliza aquí, se refiere a ambas: válvulas autónomas discretas, válvulas multiestado o una combinación de las dos.

[0027] Aunque el órgano motor accionado por presión de aire ha sido ilustrado con un fuelle accionado por resorte o pistón en la bomba, en su lugar se podría utilizar un mecanismo de polarización diferente a una fuente (elementos poliméricos, unidades motorizadas, construcción del fuelle a partir de un material deformable con memoria, etc.). Por consiguiente, el término "elemento de movimiento de aire diagonal" incorpora cualquier fuelle, pistón, o similar en diagonal con un dispositivo de resorte u otro adecuado.

[0028] Ya que deben realizarse determinados cambios en el órgano motor accionado por presión de aire anteriormente descrito para dispositivos de asistencia ventricular neumáticos, sin apartarse del alcance de la invención aquí implicada, se pretende que todo aquello anteriormente mencionado con referencia al objeto de la descripción o aquello mostrado en los dibujos anexos debe ser interpretado meramente como ejemplos que ilustran este concepto inventivo y no debe interpretarse como algo limitativo de la invención.

[0029] Por tanto, habiendo descrito la invención, se reivindica lo siguiente:

REIVINDICACIONES

1. Equipo que comprende un órgano motor (10) y dispositivo de asistencia ventricular neumática (12), comprendiendo el órgano motor una fuente de aire presurizado (16, 18, 22), un cilindro de bomba (26), primeros y segundos dispositivos de distribución de aire y un controlador electrónico (24), donde:
 - a. el cilindro de bomba está conectado en comunicación fluida a la fuente de aire presurizado mediante una línea de entrada de aire, donde el cilindro de bomba comprende: un espacio interior; y un elemento de movimiento de aire diagonal sellado, situado en el espacio interior y que divide el interior del cilindro de bomba en una entrada de cilindro de bomba y una salida de cilindro de bomba;
 - b. el dispositivo de asistencia ventricular neumática está conectado en comunicación fluida con la salida de cilindro de bomba mediante una línea de transmisión (34), donde el dispositivo de asistencia ventricular neumática (12) comprende: un saco (70) que se expande selectivamente y se pliega en respuesta a la presión de aire que emana de la salida del cilindro de bomba;
 - c. dicho primer dispositivo de distribución de aire (30, 32) está en comunicación fluida con la línea de entrada de aire y la entrada de cilindro de bomba, donde el primer dispositivo de distribución de aire puede estar eléctricamente controlado para conectar la entrada de cilindro de bomba a la línea de entrada de aire y a la atmósfera ambiental;
 - d. dicho segundo dispositivo de distribución de aire (38) está en comunicación fluida con la línea de transmisión y la línea de entrada de aire, donde el segundo dispositivo de distribución de aire puede ser eléctricamente controlado para conectar la línea de transmisión, y el cilindro de bomba a la atmósfera ambiental; y
 - e. dicho controlador electrónico regula una presión ventricular sistólica máxima y un vacío diastólico máximo del corazón de un paciente, mediante la cantidad de gas suministrada selectivamente a la bomba, sin la necesidad de un motor eléctrico, estando el controlador electrónico conectado eléctricamente a los primeros y segundos dispositivos de distribución de aire, donde el controlador electrónico está configurado:
 - (i) para que el primer dispositivo de distribución de aire (30) conecte la entrada del cilindro de bomba a la línea de entrada de aire, comprimiendo así el elemento de movimiento de aire diagonal y provocando el aumento del nivel de presión en la línea de transmisión para hacer funcionar el dispositivo de asistencia ventricular durante la sístole;
 - (ii) para que el primer dispositivo de distribución de aire (32) conecte la entrada de cilindro de bomba a la atmósfera ambiental, reduciendo así la presión contra el elemento de movimiento de aire diagonal y permitiendo que el elemento de movimiento de aire diagonal regrese a un estado no comprimido, donde el nivel de presión de línea de transmisión se reduce para hacer funcionar el dispositivo de asistencia ventricular durante la diástole; y
 - (iii) para que el segundo dispositivo de distribución de aire (38) conecte la línea de transmisión a la atmósfera ambiental, con la finalidad de permitir la entrada de aire en la línea de transmisión, cuando el nivel de presión de la línea de transmisión cae por debajo de un nivel de vacío deseado para el accionamiento diastólico del dispositivo de asistencia ventricular.
2. Equipo según la reivindicación 1, donde el segundo dispositivo de distribución de aire está configurado, además, para ser controlado eléctricamente para conectar la línea de transmisión a la línea de entrada de aire; y el controlador electrónico está configurado para ventilar la línea de transmisión después de la diástole provocando que el segundo dispositivo de distribución de aire abra la línea de transmisión, y el cilindro de bomba, primero a la línea de entrada de aire y luego a la atmósfera ambiental.
3. Equipo según la reivindicación 2, donde el segundo dispositivo de distribución de aire comprende una válvula reguladora de vacío en comunicación fluida con la línea de transmisión y la atmósfera ambiental; y una válvula de ventilación de la línea de transmisión en comunicación fluida con la línea de transmisión, el cilindro de bomba, y la línea de entrada de aire.
4. Equipo según la reivindicación 1, donde el primer dispositivo de distribución de aire comprende una válvula de presión de entrada en comunicación fluida con la línea de entrada de aire y la entrada del cilindro de bomba; y una válvula de ventilación del cilindro en comunicación fluida con la entrada de cilindro de bomba y la atmósfera ambiental.
5. Equipo según la reivindicación 1 que comprende, además, una válvula limitadora de presión de seguridad en comunicación fluida con la línea de transmisión para ventilar el aire de la línea de transmisión del cilindro de bomba cuando la presión de la línea de transmisión excede una presión máxima del dispositivo de asistencia ventricular.
6. Equipo según la reivindicación 1 que comprende, además, un sensor de presión de entrada en comunicación fluida con la línea de entrada de aire para la detección de un nivel de presión en la línea de entrada de aire, donde el sensor de presión de entrada está conectado eléctricamente al controlador electrónico para alertar a un usuario cuando el nivel de presión en la línea de entrada de aire cae por debajo de un nivel de presión operativo deseado.
7. Equipo según la reivindicación 1 que comprende, además, sensores operativamente conectados a la entrada del cilindro de bomba y a la línea de transmisión, y conectados eléctricamente al controlador electrónico, para medir niveles de presión en la entrada del cilindro de bomba y la línea de transmisión del cilindro de bomba.

- 5 8. Equipo según la reivindicación 1 que comprende, además, una unidad de aire presurizado conectada operativamente a la línea de entrada de aire, donde la unidad de aire presurizado comprende al menos un tanque de seguridad de aire presurizado; y un conector de entrada de aire configurado para la fijación de una línea de aire presurizado a toda la instalación.
- 10 9. Equipo según la reivindicación 8 que comprende, además, un carro portátil con ruedas, donde el carro con ruedas aloja el controlador electrónico, los primeros y segundos dispositivos de distribución de aire, el cilindro de bomba, la línea de entrada de aire y la unidad de aire de gas presurizado.
- 10 10. Equipo según la reivindicación 1 que comprende, además, un carro portátil con ruedas, donde el carro con ruedas aloja el controlador electrónico, los primeros y segundos dispositivos de distribución de aire, el cilindro de bomba y la línea de entrada de aire.
- 15 11. Equipo según la reivindicación 1, donde el elemento de movimiento de aire diagonal es un fuelle accionado por resorte.

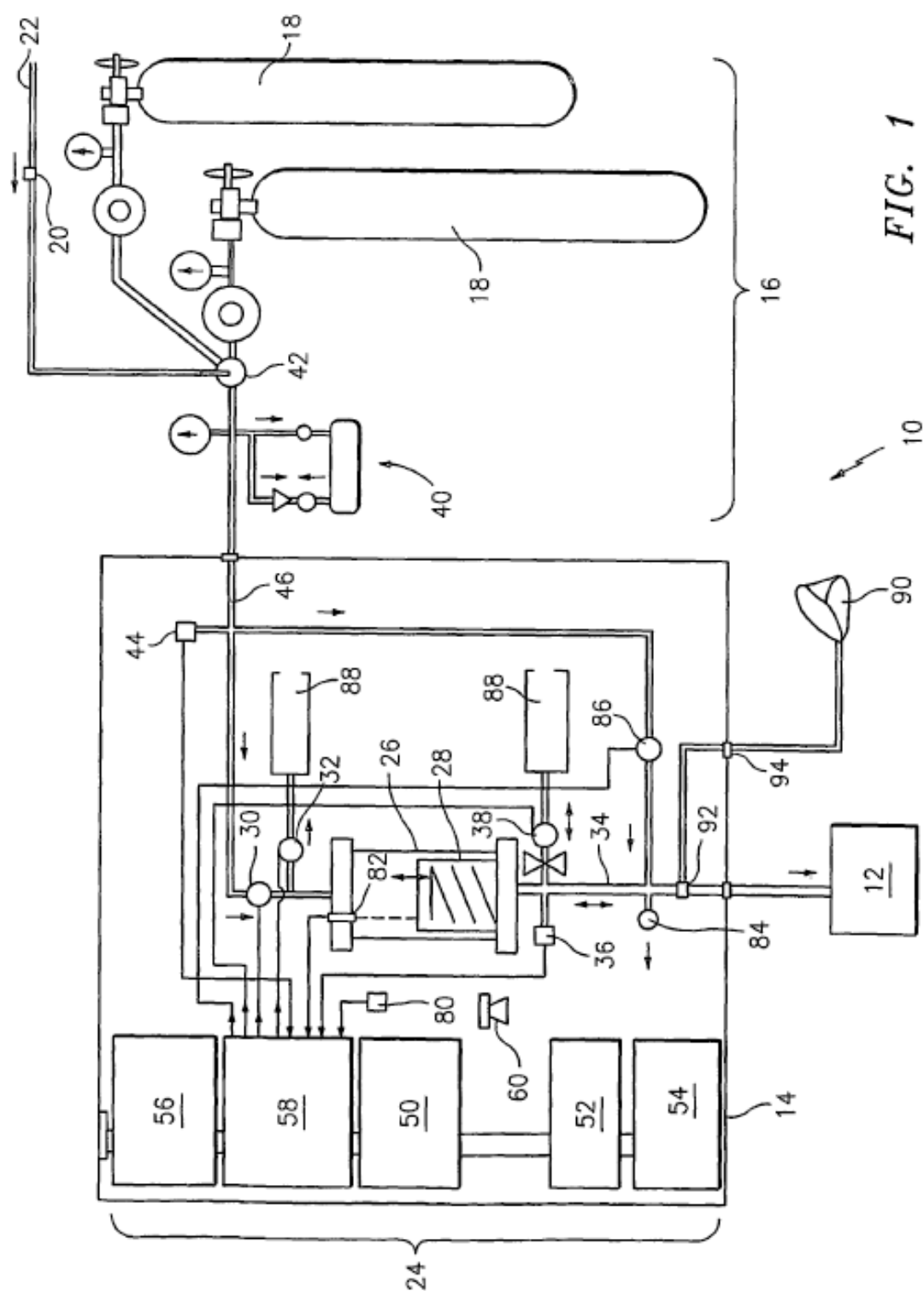


FIG. 1

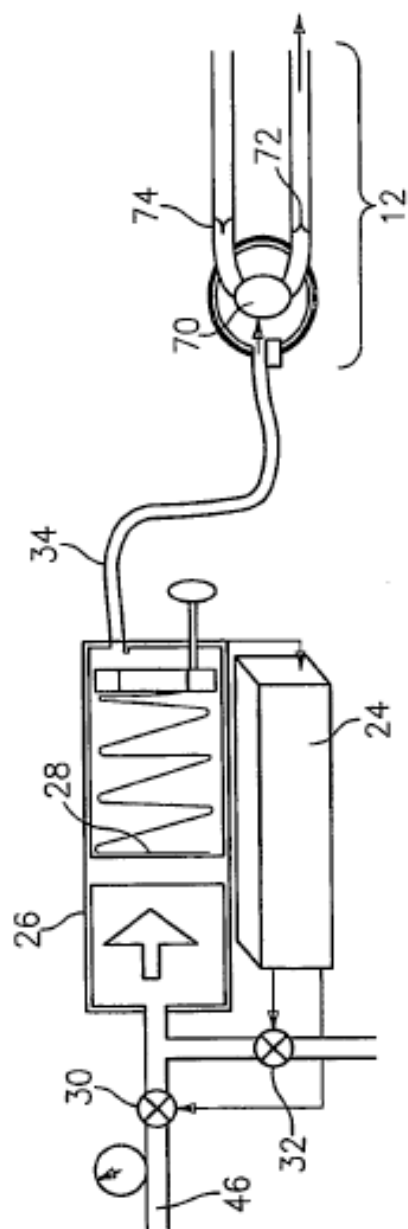


FIG. 2A

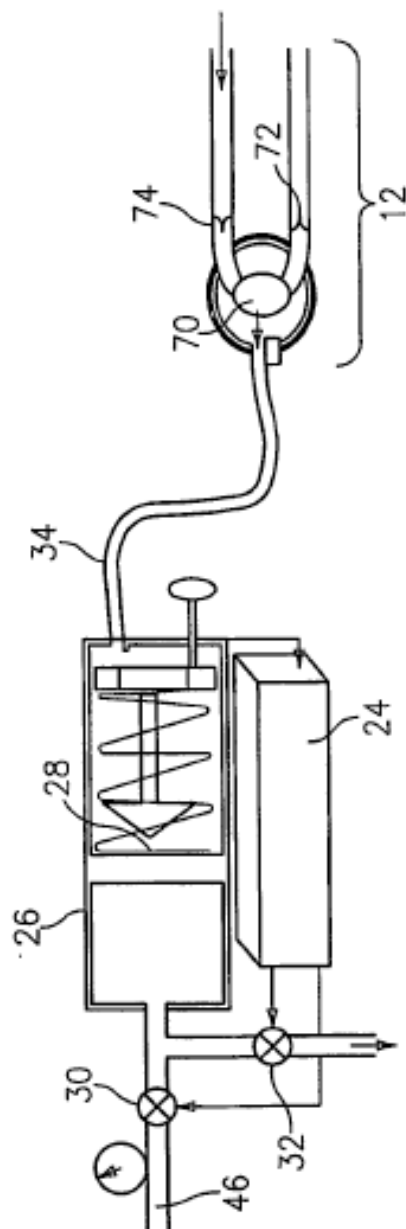


FIG. 2B

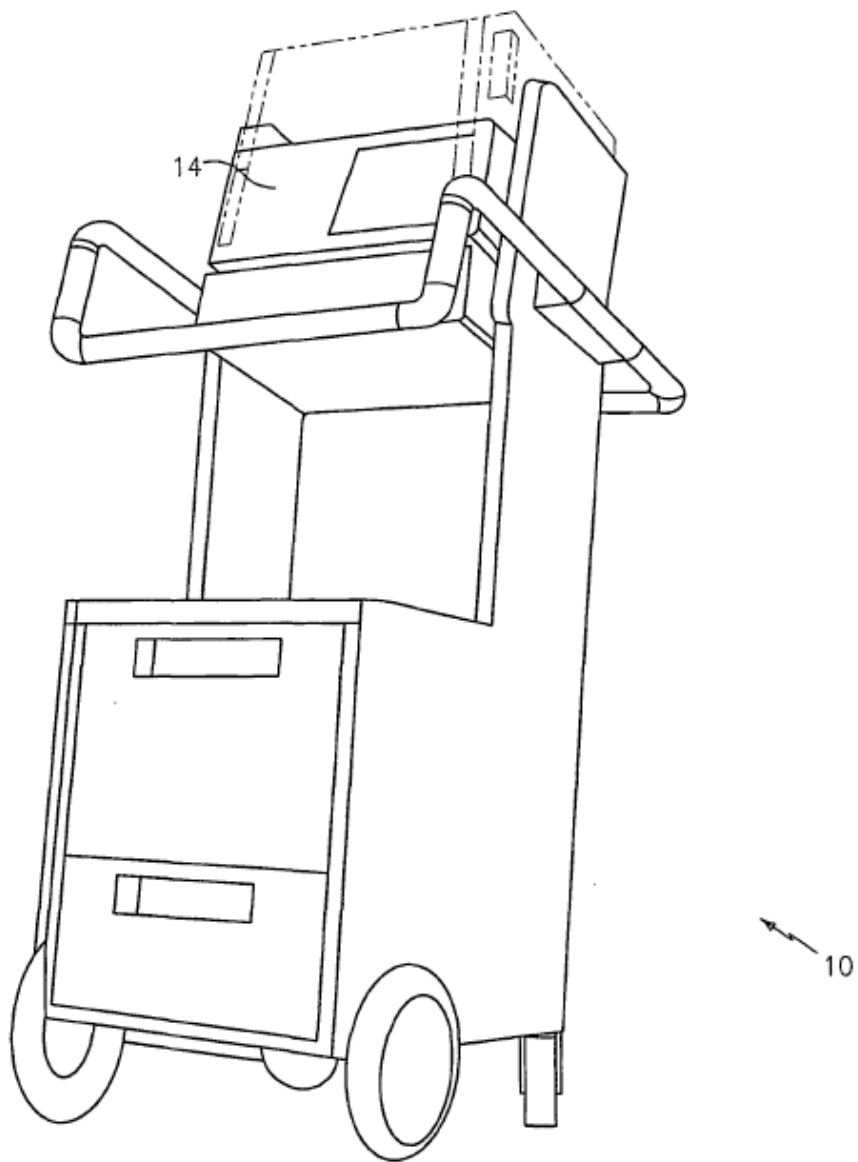


FIG. 3A

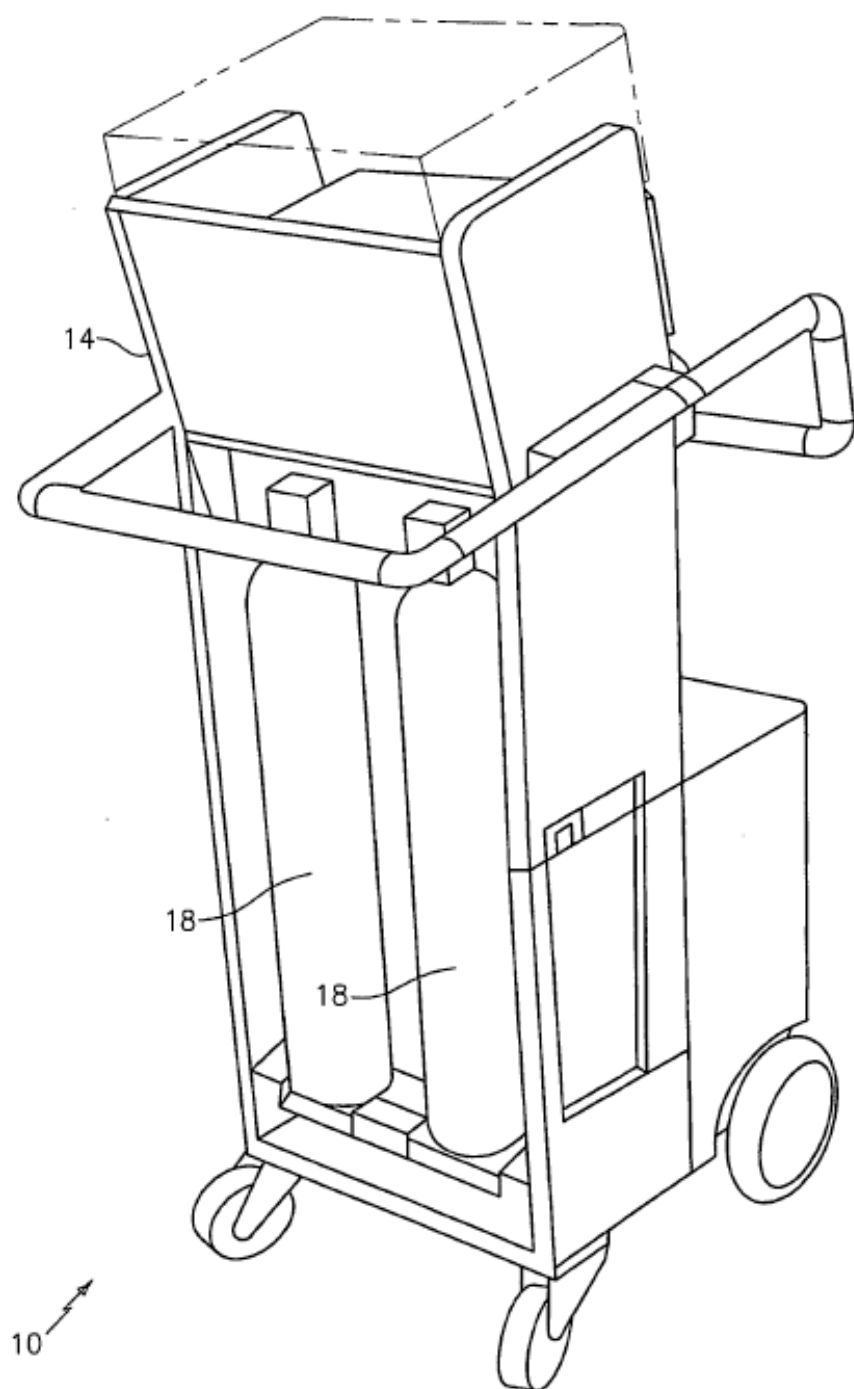


FIG. 3B

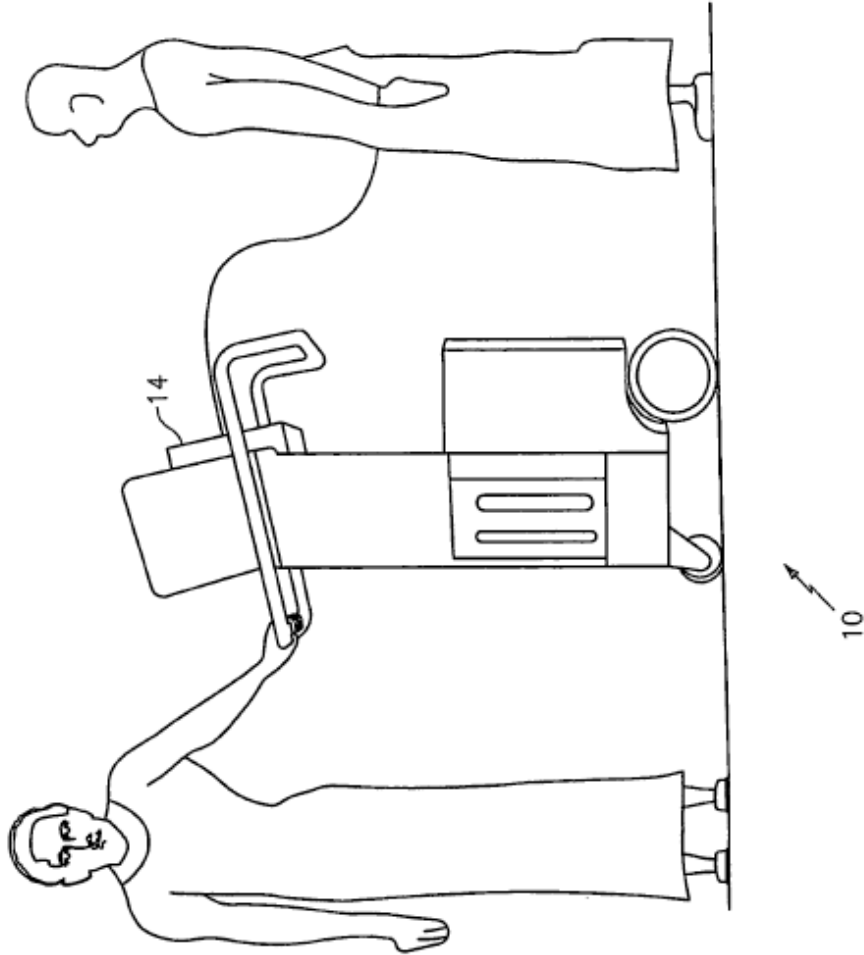


FIG. 3C