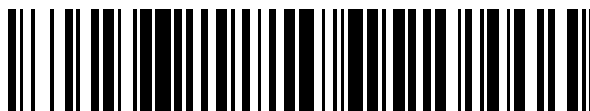


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 880**

51 Int. Cl.:

A61H 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2005** **E 05713933 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013** **EP 1722738**

54 Título: **Sistema de tratamiento por compresión**

30 Prioridad:

23.02.2004 US 784323

23.02.2004 US 784607

23.02.2004 US 784604

23.02.2004 US 784639

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.07.2013

73 Titular/es:

COVIDIEN LP (100.0%)

15 Hampshire Street

Mansfield, MA 02048 , US

72 Inventor/es:

PERRY, MATTHEW, J.;

VESS, MARK, A. y

WUDYKA, SCOTT

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 414 880 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

Sistema de tratamiento por compresión

Antecedentes**1. Campo Técnico**

- 5 La presente invención se refiere de forma general al campo de la terapia vascular para aplicación a una extremidad de un cuerpo y, más en concreto, a un sistema de tratamiento por compresión que tiene un controlador que regula el flujo de fluido.

2. Descripción de la Técnica Relacionada

- 10 Un gran problema para pacientes inmovilizados y personas en estado similar son las condiciones médicas que forman coágulos en la sangre, como por ejemplo, trombosis venosa profunda (DVT) y edema periférico. Dichos pacientes y personas incluyen aquellos que se ven sometidos a cirugía, anestesia, periodos largos de descanso en cama, etc. Por lo general, estas condiciones de tendencia a la formación de coágulos sanguíneos se producen en las venas profundas de las extremidades inferiores y/o de la pelvis. Estas venas, tales como la iliaca, la femoral, la popliteal y la tibial devuelven sangre desoxigenada al corazón. Por ejemplo, cuando la circulación sanguínea en estas venas se hace más lenta debido a una enfermedad, una lesión o a la inactividad, existe tendencia a que la sangre se acumule o se estanque. Una acumulación de sangre estática es ideal para la formación de coágulos. Un gran riesgo asociado con esta condición es la interferencia con la circulación cardiovascular. De manera más grave, un fragmento del coágulo sanguíneo se puede desprender y migrar. Se puede formar un trombo pulmonar que bloquee una arteria pulmonar principal, lo cual puede poner en riesgo la vida.

- 20 Las condiciones y riesgos resultantes asociados con la inmovilidad del paciente se pueden controlar o aliviar aplicando presión intermitente a una extremidad del paciente, tal como, por ejemplo, una pierna incluidos el muslo, la pantorrilla y el pie para ayudar a la circulación de la sangre. Para ayudar en la circulación de la sangre se han empleado dispositivos conocidos, tales como almohadillas de una pieza y botas de compresión. Véanse, por ejemplo, las Patentes U.S. Nº 6.290.662 y 6.494.852.

- 25 Por ejemplo, se han usado dispositivos de compresión secuencial, los cuales consisten en una bomba de aire conectada a una almohadilla envolvente desechable mediante una serie de tubos de aire. La almohadilla envolvente está configurada para ser colocada alrededor de una parte de la pierna de un paciente, tal como el muslo, la pantorrilla o el pie. Se pueden montar almohadillas múltiples en la pierna para cubrir las diferentes partes de la misma. A continuación se hace pasar aire de forma secuencial hacia el interior de las diferentes partes de la almohadilla o almohadilla envolvente, creando presión alrededor del muslo, de la pantorrilla o del pie, mejorando de ese modo el retorno venoso.

Estos dispositivos conocidos pueden sufrir diferentes inconvenientes debido a su volumen y a la naturaleza engorrosa de su utilización. Estos inconvenientes reducen la comodidad, la elasticidad y pueden, de forma desventajosa, impedir la movilidad del paciente según va avanzando la recuperación después de la cirugía.

- 35 Además, típicamente, estos dispositivos de compresión secuencial conocidos incluyen un conjunto de controlador que regula el flujo de aire y la presión en la almohadilla o almohadillas envolventes. El conjunto de controlador se puede montar en una cama y se puede enchufar en una toma de pared para su alimentación durante el uso. Sin embargo, este sistema puede presentar desafíos, por ejemplo, cuando el paciente necesita realizar ciertas tareas, por ejemplo, aseo, fisioterapia, etc. En estas situaciones, las almohadillas se suelen quitar, interrumpiendo así de forma desventajosa la terapia vascular. De esta manera, estos conjuntos de controlador sufren diferentes inconvenientes porque no facilitan el transporte o la movilidad del paciente y típicamente no se pueden adaptar para inflado de almohadillas para el muslo, para la pantorrilla y para el pie.

De la Patente US-A-5575762 se conoce un sistema de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

- 45 Sería deseable superar las desventajas e inconvenientes de la técnica anterior con un sistema de tratamiento por compresión que tenga un controlador que se pueda adaptar para inflar mangas para el muslo, para la pantorrilla y para el pie y que facilite el transporte o la movilidad del paciente para proporcionar terapia vascular continua. Sería deseable que el sistema detectara de forma automática los tipos de mangas conectadas al mismo. Sería muy deseable que el sistema incluyera un circuito neumático que facilitase la monitorización de la presión con un único transductor de presión para conseguir las ventajas de la presente invención. Se contempla que el sistema de tratamiento por compresión se fabrique de manera fácil y eficiente.

Resumen

La invención proporciona un sistema de acuerdo con la reivindicación 1.

- 55 Se proporciona un sistema de tratamiento por compresión que tiene un controlador que se puede adaptar para inflar mangas para el muslo, para la pantorrilla y para el pie y que facilita el transporte y la movilidad del paciente para proporcionar terapia vascular continua con el objetivo de superar las desventajas e inconvenientes de la técnica anterior. De manera deseable, el sistema detecta automáticamente los tipos de mangas conectadas a él. De la manera más deseable, el sistema incluye un circuito neumático que facilita la monitorización de la presión con un

único transductor de presión para conseguir las ventajas de la presente invención. El sistema de tratamiento por compresión se fabrica de manera fácil y eficiente.

El sistema de tratamiento por compresión, de acuerdo con los principios de la presente invención, puede proporcionar compresión neumática intermitente para la prevención de la DVT. El sistema de tratamiento por compresión puede también incluir detección de llenado venoso, como se explicará, y es compacto, silencioso, ligero y ofrece alimentación por baterías. El sistema de tratamiento por compresión también tiene la capacidad de proporcionar compresión escalonada, secuencial para cada extremidad de manera individual y tiene la flexibilidad de proporcionar compresión a diferentes mangas, las cuales pueden, por ejemplo, incluir tres bolsas. Como se explicará, las mangas pueden incluir características de desgarrado hasta el muslo y mangas hasta la rodilla. Además, el sistema de tratamiento por compresión puede proporcionar compresión lenta, a mayor presión, a una manga para el pie. El sistema de tratamiento por compresión proporciona profilaxis ininterrumpida frente a la DVT cuando el sistema se usa en toda una instalación de tratamiento, y el paciente lo puede llevar puesto y lo puede usar de manera continua durante todo el periodo de riesgo.

El sistema de tratamiento por compresión puede ser portátil para proporcionar terapia continua para el paciente en riesgo de DVT. De forma ventajosa, esta configuración facilita la terapia vascular continua durante la actividad y tareas del paciente tales como, por ejemplo, transporte para pruebas, aseo, fisioterapia, etc. De esta manera, el sistema de tratamiento por compresión impide interrupciones en la terapia al proporcionar un controlador que funcionará con una batería cuando no esté enchufado, y también será suficientemente cómodo, compacto y ligero para moverse con el paciente cuando sea necesario.

El sistema de tratamiento por compresión incluye un controlador, conjuntos de tubos y mangas. Por ejemplo, el sistema de tratamiento por compresión suministra aire a través de los conjuntos de tubos a un par de mangas desechables, una para cada extremidad. Cada una de las mangas puede tener tres bolsas, las cuales corresponden al tobillo, a la pantorrilla y al muslo. El sistema de tratamiento por compresión comprime de manera independiente una de las extremidades, izquierda o derecha. Se alterna el inflado entre las dos extremidades cuando ambas están conectadas. De manera alternativa, se puede conectar sólo una manga.

De manera alternativa, el sistema de tratamiento por compresión se usa como un dispositivo de compresión lenta para el pie. En esta configuración, el sistema de tratamiento por compresión incluye un par de fundas para pie desechables de bolsa única, para ser usadas por un único paciente, como alternativa a las mangas. También se puede usar una única funda para el pie. El sistema de tratamiento por compresión también permite el uso de una funda para el pie en una primera extremidad y de una manga en una segunda extremidad.

El sistema de tratamiento por compresión incluye orificios de conexión para el conjunto de tubos que encajan con la geometría hembra de los conjuntos de tubos. Cuando se enciende inicialmente el sistema de tratamiento por compresión, se suministra aire a través de los orificios hasta que el sistema reconoce qué orificios están conectados a una manga y qué tipos de mangas, es decir, manga para pierna o funda para el pie, están conectados a esos orificios. Se proporciona terapia de compresión a los orificios que tengan conectadas las mangas apropiadas.

Por ejemplo, el sistema de tratamiento por compresión proporciona parámetros clínicos para terapia vascular tales como por ejemplo un ciclo de inflado de 11 segundos, seguido por un periodo de salida de aire de 20 a 60 segundos, dependiendo de la medida de llenado venoso. El tiempo de compresión de 11 segundos es secuencial: a los 0 segundos empieza a inflarse una primera bolsa. A los 2,67 segundos empieza a inflarse una segunda bolsa, y a los 5,67 segundos empieza a inflarse una tercera bolsa. Después de 11 segundos, las tres bolsas dejan salir el aire. Las presiones durante el periodo de inflado deben permanecer escalonadas siendo mayor la presión de la primera bolsa que la de la segunda bolsa, y siendo mayor la de la segunda bolsa que la de la tercera. A modo de ejemplo, las presiones al final del ciclo pueden ser de 45 mm Hg en la primera bolsa, 40 mm Hg en la segunda bolsa, y 30 mm Hg en la tercera bolsa. La compresión continúa en este patrón cíclico hasta que se apaga el sistema de tratamiento por compresión o hasta que el controlador activa una alarma.

A modo de otro ejemplo no limitativo, los parámetros de compresión para el pie pueden incluir un ciclo de inflado de 5 segundos seguido por el mismo periodo de salida de aire proporcionado anteriormente para la compresión de la manga (20-60 segundos). La presión de final de ciclo para la manga para el pie tendrá un objetivo de presión establecida de 130 mm Hg al final del periodo de inflado de 5 segundos.

Con el sistema de tratamiento por compresión se puede emplear detección de llenado venoso. La detección del llenado venoso incluye atrapar una pequeña cantidad de aire en la segunda bolsa descrita y monitorizar el aumento de presión según se van rellenando de sangre las venas de la extremidad de un paciente. Cuando el sistema de tratamiento por compresión alcanza la presión establecida, y cada 30 minutos después de eso, el controlador mide el llenado venoso y ajusta el tiempo de salida de aire entre ciclos de inflado para cualquier extremidad a entre 20 a 60 segundos. La más larga de las medidas de llenado venoso de ambas extremidades se usará para ajustar el tiempo de salida de aire.

El sistema de tratamiento por compresión aprovecha varias ventajas incluyendo un controlador alimentado por baterías que es compacto y ligero para una mayor portabilidad. El sistema de tratamiento por compresión se puede usar también con una o dos extremidades y puede proporcionar compresión lenta para una funda para el pie. El sistema de tratamiento por compresión también puede detectar el tipo de manga conectado y aplicar de manera automática la compresión apropiada.

El sistema de tratamiento por compresión también incluye un circuito neumático diseñado para ser usado con el sistema de tratamiento por compresión para permitir el inflado de bolsa y la monitorización de la presión usando sólo un transductor. La monitorización de la presión desde el lado del bloque de válvulas de solenoide da cuenta de la pérdida de presión a través de las válvulas con la ventaja añadida de necesitar sólo un transductor para monitorizar cualquier bolsa conectada. Ventajosamente, esta configuración produce como resultado un menor coste de fabricación y menores necesidades de mantenimiento, en particular en lo que respecta a la calibración del transductor.

De acuerdo con la presente invención, el sistema de tratamiento por compresión incluye una primera bolsa que se sujeta alrededor de una extremidad. Alrededor de la extremidad también se sujeta una segunda bolsa. Las bolsas están en comunicación fluida con una fuente de fluido y dichas bolsas se inflan de tal manera que la primera bolsa se infla durante un primer periodo de tiempo y la segunda bolsa se infla durante un segundo periodo de tiempo. El segundo periodo de tiempo se inicia dentro del primer periodo de tiempo. Un único sensor de presión comunica con la primera bolsa y con la segunda bolsa. El transductor de presión está configurado para monitorizar la presión de cada una de las bolsas.

El sistema de tratamiento por compresión incluye un controlador que comunica con la fuente de fluido a presión y con el transductor de presión. El controlador está configurado para monitorizar y regular la presión en las bolsas. El controlador puede estar provisto de una carcasa que sea portátil. La carcasa puede incluir una pluralidad de orificios que se pueden conectar a una pluralidad de bolsas.

El transductor de presión puede monitorizar la presión en cada orificio de la pluralidad de ellos para determinar si una bolsa está conectada al mismo y envía al controlador una señal representativa. El controlador puede incluir válvulas independientes que regulan el inflado de las bolsas. El sistema de tratamiento por compresión puede definir un circuito neumático. El transductor de presión puede estar acoplado al circuito neumático y situado entre la fuente de fluido a presión y las válvulas del circuito neumático.

El sistema de tratamiento por compresión puede incluir una tercera bolsa sujeta alrededor de un pie. La tercera bolsa está en comunicación fluida con la fuente de fluido y el único sensor de presión comunica con las bolsas. La fuente de fluido a presión puede inflar de manera alternativa las bolsas situadas alrededor de la extremidad y la bolsa situada alrededor del pie.

En una realización alternativa, el sistema de tratamiento por compresión incluye una primera pluralidad de bolsas que están sujetas alrededor de una primera extremidad. Una segunda pluralidad de bolsas están sujetas alrededor de una segunda extremidad, estando las bolsas en comunicación fluida con una fuente de fluido. Una primera bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infla durante un primer periodo de tiempo y una segunda bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infla durante un segundo periodo de tiempo. El segundo periodo de tiempo se inicia dentro del primer periodo de tiempo.

Una primera bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infla durante un tercer periodo de tiempo y una segunda bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infla durante un cuarto periodo de tiempo. El cuarto periodo de tiempo se inicia dentro del tercer periodo de tiempo. Un único sensor de presión comunica con las bolsas. La fuente de fluido a presión puede inflar de forma alternativa las bolsas situadas alrededor de la primera extremidad y las bolsas situadas alrededor de la segunda extremidad.

En otra realización alternativa, sistema de tratamiento por compresión incluye una primera pluralidad de bolsas que están sujetas alrededor de una primera extremidad y una segunda pluralidad de bolsas que están sujetas alrededor de una segunda extremidad. Cada bolsa de la primera pluralidad de bolsas y de la segunda pluralidad de bolsas tiene una válvula independiente en comunicación con ella. Las válvulas están en comunicación fluida con una fuente de fluido.

Se abre una primera válvula de tal manera que una primera bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infla durante un primer periodo de tiempo y se abre una segunda válvula de tal manera que una segunda bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infla durante un segundo periodo de tiempo. El segundo periodo de tiempo se inicia dentro del primer periodo de tiempo. Se abre una tercera válvula de tal manera que una tercera bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infla durante un tercer periodo de tiempo. El tercer periodo de tiempo se inicia dentro del segundo periodo de tiempo.

Se abre una cuarta válvula de tal manera que una primera bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infla durante un cuarto periodo de tiempo y se abre una quinta válvula de tal manera que una segunda bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infla durante un quinto periodo de tiempo. El quinto periodo de tiempo se inicia dentro del cuarto periodo de tiempo. Se abre una sexta válvula de tal manera que una sexta bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infla durante un sexto periodo de tiempo. El sexto periodo de tiempo se inicia dentro del quinto periodo de tiempo. Un único sensor de presión comunica con las bolsas.

Breve Descripción De Los Dibujos

Los objetos y características de la presente invención, los cuales se cree que son innovadores, se exponen con detalle en las reivindicaciones adjuntas. Se puede entender mejor la presente invención, en cuanto a su

organización y a su forma de funcionamiento, junto con objetivos y ventajas adicionales, haciendo referencia a la siguiente descripción, tomada en conexión con los dibujos adjuntos, los cuales se describen más adelante.

La Figura 1 es una vista frontal de una realización particular de un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con los principios de la presente invención;

5 La Figura 2 es una vista lateral del sistema de tratamiento por compresión mostrado en la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en planta del sistema de tratamiento por compresión mostrado en la Figura 1;

La Figura 4 es una vista desde atrás del sistema de tratamiento por compresión mostrado en la Figura 1;

La Figura 5 es una representación esquemática de un circuito neumático del sistema de tratamiento por compresión mostrado en la Figura 1;

10 La Figura 6 es una vista en planta de una manga del sistema de tratamiento por compresión mostrado en la Figura 1 que está situada alrededor de una extremidad;

La Figura 7 es una realización alternativa de la manga mostrada en la Figura 6; y

La Figura 8 es un ejemplo alternativo de la manga mostrada en la Figura 6 no cubierto por las reivindicaciones.

15 **Descripción Detallada De Realizaciones De Ejemplo**

Las realizaciones de ejemplo del sistema de tratamiento por compresión y los métodos de operación presentados se explican en términos de terapia vascular incluyendo un aparato de compresión con profilaxis para su aplicación a una extremidad de un cuerpo y, más en concreto, en términos de un sistema de tratamiento por compresión que tiene un controlador que se puede adaptar para inflar mangas para el muslo, para la pantorrilla, para el tobillo y para el pie y que facilita el transporte y la movilidad del paciente. Se contempla que el sistema de tratamiento por compresión se pueda emplear para evitar y superar los riesgos asociados con la inmovilidad del paciente. Se contempla además que el sistema de tratamiento por compresión alivie las condiciones que se derivan de la inmovilidad del paciente para impedir, por ejemplo, DVT, edema periférico, etc. Se contempla que el sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la presente invención se pueda atribuir a todos los tipos de sistemas de compresión venosa, incluido un aparato para compresión secuencial con profilaxis, pero no limitado a dicho aparato. El término “secuencial con profilaxis” no se debe considerar limitativo para el sistema de tratamiento por compresión venosa general descrito en este documento. Sin embargo, se prevé que la presente invención encontrará aplicación con una gran variedad de condiciones de inmovilidad de personas y pacientes similares, tales como, por ejemplo, aquellos que se ven sometidos a cirugía, anestesia, periodos largos de reposo en cama, que sufren de obesidad, edad avanzada, cáncer, tromboembolia previa, etc.

En la explicación que se da a continuación, el término “proximal” se refiere a una porción de una estructura que está más cerca del tronco de un sujeto y el término “distal” se refiere a una porción que está más lejos del tronco. Tal como se usa en este documento, el término “sujeto” se refiere a un paciente que es sometido a terapia vascular usando el sistema de tratamiento por compresión. De acuerdo con la presente invención, el término “personal sanitario” se refiere a un individuo que administra el sistema de tratamiento por compresión y puede incluir personal de apoyo.

La siguiente explicación incluye una descripción del sistema de tratamiento por compresión, seguida por una descripción de un método de ejemplo de accionamiento del sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con los principios de la presente invención. Se hará ahora referencia en detalle a las realizaciones de ejemplo y a la invención, las cuales se ilustran con las figuras adjuntas.

Se hará referencia ahora a las figuras, en las cuales a lo largo de las diferentes vistas los componentes similares se designan mediante números de referencia similares. Haciendo referencia inicialmente a las Figuras 1-5, se ilustra en ellas un sistema 10 de tratamiento por compresión, construido de acuerdo con los principios de la presente invención. El sistema 10 de tratamiento por compresión incluye una carcasa 12. La carcasa 12 contiene a los componentes de un controlador 14 (mostrado de manera esquemática en la Figura 5) situados en su interior.

La carcasa 12 tiene una configuración semicircular y tiene un recorte 16 de mango a lo largo de su parte 18 superior para facilitar el transporte y la movilidad del sujeto. Se prevé que la carcasa 12 se pueda configurar y dimensionar de formas diferentes tales como, por ejemplo, rectangular, esférica, etc. Se prevé además que la carcasa 12 se pueda ensamblar mediante cualquier proceso apropiado tal como, por ejemplo, encaje a presión, unión adhesiva, soldadura con disolvente, soldadura térmica, soldadura por ultrasonidos, tornillos, remaches, etc. De manera alternativa, la carcasa 12 se puede conformar de una sola pieza o ensamblarse integralmente a partir de múltiples secciones de carcasa y puede ser substancialmente transparente, opaca, etc. La carcasa 12 puede incluir nervios, crestas, etc. para facilitar la manipulación del sistema 10 de tratamiento por compresión.

Los componentes de la carcasa 12 se pueden fabricar de un material apropiado para aplicaciones médicas, tal como, por ejemplo, polímeros o metales, como por ejemplo acero inoxidable, dependiendo de la aplicación médica concreta y/o de la preferencia de un médico. Para la fabricación se contemplan polímeros semi-rígidos y rígidos, así como materiales elásticos, tales como el polipropileno de grado médico moldeado. Sin embargo, una persona con

experiencia en la técnica se dará cuenta de que, de acuerdo con la presente invención, también serían apropiados otros materiales y otros métodos de fabricación adecuados para el montaje y fabricación.

La carcasa 12 es portátil para facilitar la terapia vascular continua a un sujeto (no mostrado). La carcasa 12 incluye un soporte 20 que facilita el montaje no permanente de la carcasa 12 en, por ejemplo, una cama de hospital, una mesa, etc. El soporte 20 se extiende desde una porción 22 posterior de la carcasa 12 y proporciona una configuración con forma de gancho para colgar la carcasa 12 de la cama de un sujeto, etc. Se contempla que la soporte 20 se pueda colgar de diferentes estructuras para el montaje no permanente de la carcasa 12 o, de forma alternativa, que la carcasa 12 no incluya un soporte y se pueda colocar sobre el suelo o sobre otra superficie de apoyo. De manera alternativa, la carcasa 12 incluye una correa 24 para el hombro, como se muestra en la Figura 2, que permite que la carcasa 12 pueda ser llevada colgada por el sujeto o por el personal sanitario durante el transporte. La correa 24 para el hombro se puede emplear con o sin el soporte 20 y puede estar fijada a, por ejemplo, cualquier parte de la carcasa 12, incluido el mango 16.

El sistema 10 de tratamiento por compresión utiliza una fuente de potencia eléctrica de conmutación AC/DC para el funcionamiento de sus componentes. Un cable 26 de alimentación está conectado a la carcasa 12 para llevar energía a los componentes del controlador 14. El cable 26 de alimentación accede a una fuente de energía AC a través de una toma de pared, etc. El controlador 14 puede incluir un transformador u otros componentes electrónicos para conectar a la fuente de energía. Se prevé que el cable 26 de alimentación se pueda enrollar alrededor del soporte 20 para el almacenamiento y durante el transporte y la movilidad del sujeto. Se prevé además que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda incluir un mecanismo de captura para el almacenamiento que retenga el cable 26 de alimentación con la carcasa 12. El mecanismo de captura para el almacenamiento puede incluir un cable elástico, una polea, etc.

El sistema 10 de tratamiento por compresión también utiliza una batería 28 para alimentar a los componentes del controlador 14 para facilitar el transporte y la movilidad del sujeto. La batería 28 está situada en el interior de un compartimento 30 para la batería de la carcasa 12. Se contempla que la batería 28 pueda incluir una celda o una pluralidad de ellas. Las celdas de la batería pueden ser del tipo ión-litio, etc. Se contempla además que la batería 28 sea recargable y se pueda utilizar durante diferentes rangos de tiempo de funcionamiento, tales como, por ejemplo, 6 horas, 8 horas, 10 horas, etc. Por ejemplo, el cable 26 de alimentación se puede desenchufar y ser capturado por el mecanismo de captura para el almacenamiento de la carcasa 12. El sistema 10 de tratamiento por compresión funciona entonces con la energía de la batería 28 y el sujeto se puede mover.

Se prevé que la batería 28 se pueda montar en una superficie exterior de la carcasa 12 o independiente de ella. Se prevé además que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda incluir fuentes de energía alternativas, tales como, por ejemplo, energía solar, energía no eléctrica, etc., o de forma alternativa pueda no incluir alimentación por baterías.

La carcasa 12 tiene un panel 32 de control situado sobre una superficie 34 frontal de la misma. El panel 32 de control incluye controles e indicadores para el manejo del sistema 10 de tratamiento por compresión. El panel 32 de control tiene una pantalla 36 LED que proporciona datos de estado, mensajes, etc. de los diferentes componentes del sistema 10, tales como, por ejemplo, energía, batería, identificación y conexión de la manga, inflado, salida de aire, llenado venoso, errores, etc. El panel 32 de control también incluye conmutadores de activación manual para alimentar al sistema 10, etc. Se contempla que dichos conmutadores sean del tipo de membrana accionados mediante presión con el dedo, etc.

La porción 22 posterior de la carcasa 12 define orificios 38, 40 (Figura 4). Los orificios 38, 40 incluyen orificios 38a, 38b, 38c de salida y orificios 40a, 40b, 40c de salida, respectivamente. Los orificios 38a, 38b, 38c de salida y los orificios 40a, 40b, 40c de salida están en comunicación fluida con cámaras inflables 46a, 46b, 46c de una manga 46 de compresión y con cámaras inflables 48a, 48b, 48c de una manga 48 de compresión, respectivamente, las cuales están configuradas para que se ajusten alrededor de las piernas de un sujeto, por medio de un conector 42 hembra y un conjunto 44 de tubos, como se explicará. Los orificios 38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c de salida están configurados para su conexión al conjunto 44 de tubos. Cada uno de los orificios 38, 40 se puede conectar a una manga de compresión concreta, por ejemplo, una manga para la pierna, una manga para el pie, etc.

Los orificios 38, 40 también están conectados con los componentes del controlador 14 situados en el interior de la carcasa 12 para facilitar el inflado de mangas de compresión seleccionadas, como se ilustra en el circuito neumático mostrado en la Figura 5. El controlador 14 incluye una fuente de fluido presurizada, tal como, por ejemplo, una bomba 50 que comunica de forma fluida con un bloque 52 de válvulas para conexión con los orificios 38, 40, como se explicará. La bomba 50 incluye un motor que comprime aire y lo envía hacia el bloque 52 de válvulas a través de tuberías o similar. La velocidad del motor de la bomba se controla electrónicamente para proporcionar una correspondiente velocidad del compresor para las presiones de salida respectivas deseadas. Se contempla que una placa de suministro de energía, que incluya la electrónica, circuitos, software, etc. necesarios conocidos por una persona con experiencia en la técnica, esté conectada al motor de la bomba y a otros componentes del controlador 14 para regular la energía transmitida a los mismos. Se prevé que la bomba 50 pueda ser una bomba de membrana.

El controlador 14 también incluye una válvula 54 antirretorno que impide el retorno de aire a través de la bomba 50 cuando se monitoriza la presión de la bolsa durante la detección del llenado venoso, como se explicará. Con el circuito neumático se proporciona una válvula 56 de sobrepresión para proteger contra sobrepresión en las mangas

de compresión. La válvula 56 de sobrepresión está configurada para dejar salir presión de aire si fuera necesario. Se contempla que se puedan emplear diferentes tipos de válvulas tales como, por ejemplo, válvulas con empujadores accionados por muelle, etc.

El bloque 52 de válvulas incluye válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide que están acopladas a orificios 38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c, respectivamente. Cada una de las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide tiene un solenoide asociado que es accionado eléctricamente por medio de un procesador de control del controlador 14. El solenoide está acoplado a un asiento de válvula de cada válvula 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide de tal manera que el asiento actúa abriendo y cerrando la respectiva válvula de solenoide cuando se acciona el solenoide. Véanse, por ejemplo, las válvulas de solenoide descritas en la Patente U.S. Nº 5.876.359 concedida a Bock et al. Se contempla que el procesador de control del controlador 14 incluya la electrónica, circuitos, software, etc. necesarios, conocidos para una persona con experiencia en la técnica, para accionar las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide en respuesta a condiciones variables del sistema 10 de tratamiento por compresión y en respuesta a otras indicaciones y medidas captadas por los componentes del controlador 14. Se prevé que se pueda emplear una válvula de solenoide o una pluralidad de ellas o, de forma alternativa, que se puedan usar otros tipos de válvulas.

[0046] Las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide y los componentes de válvula asociados a ellas se montan en los orificios 38, 40 del interior de la carcasa 12. Las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide son válvulas normalmente cerradas de tres vías y dos posiciones, las cuales tienen aberturas 62a, 62b, 62c, 64a, 64b, 64c, respectivamente. En la posición abierta, el aire fluye a través de las aberturas 62a, 62b, 62c, 64a, 64b, 64c hacia el orificio 38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c de salida asociado y hacia el interior de las cámaras 46a, 46b, 46c inflables de la manga 46 de compresión y hacia el interior de las cámaras 48a, 48b, 48c inflables de la manga 48 de compresión. En la posición cerrada, las aberturas 62a, 62b, 62c, 64a, 64b, 64c están bloqueadas y el aire procedente de las mangas 46, 48 de compresión regresa a través del orificio 38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c de salida y a través de los orificios de salida de aire 66a, 66b, 66c, 68a, 68b, 68c de la válvula asociada para desinflar las cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables.

Las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide se accionan de forma secuencial para presurizar las cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables y para proporcionar presurización secuencial de las mismas y salida de aire de las cámaras bajo el control del procesador de control del controlador 14. Se contempla que las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide se puedan accionar de manera selectiva cuando se desea el funcionamiento de refrigeración de las mangas, véase por ejemplo la Patente U.S. Nº 5.876.359 concedida a Bock et al.

Las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide son accionadas por señales con modulación de anchura de pulsos enviadas por el procesador de control del controlador 14. Las señales de accionamiento del solenoide tienen inicialmente un nivel de energía alto para un accionamiento rápido y seguro de las válvulas de solenoide. Después del accionamiento inicial, las señales de accionamiento se pueden reducir, por ejemplo, en aproximadamente el 70% para mantener el accionamiento de las válvulas, reduciendo de ese modo el consumo de energía. Se prevé que las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide se puedan desactivar cuando se desee. Se prevé además que el procesador de control del controlador 14 incluya la capacidad de verificar el estado de las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide. Según va cambiando la condición de las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide, el procesador de control verifica su estado. Por ejemplo, si se detecta que una válvula concreta está cortocircuitada o abierta, el sistema 10 de tratamiento por compresión entrará en un modo de error concreto, como se explicará.

El controlador 14 también incluye un transductor 66 de presión situado en el interior de la carcasa 12. El transductor 66 de presión está acoplado al circuito neumático y situado entre la bomba 50 y las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide mediante tuberías o similar. El transductor 66 de presión está en comunicación fluida con cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables para monitorizar la presión en cada una de estas cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables. El procesador de control del controlador 14 da instrucciones al transductor 66 de presión para que mida cualquiera de las cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables que están conectadas a su respectiva válvula de solenoide y, por lo tanto, en comunicación fluida con ella. Situar el transductor 66 de presión antes de las válvulas de solenoide, en el lado del colector del circuito neumático, facilita ventajosamente el uso de un único transductor de presión para medir la presión en las cámaras inflables. Esta configuración facilita el inflado de una de las cámaras inflables o de la pluralidad de ellas. Ventajosamente, esta configuración también reduce el volumen del controlador 14 para contribuir a un diseño compacto y ligero del sistema 10 de tratamiento por compresión, facilita el transporte y la movilidad del paciente y reduce los costes de fabricación.

Por ejemplo, durante un ciclo de compresión seleccionado, las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide se energizan de manera selectiva pasando a su posición abierta para presurizar, de forma secuencial, las cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables. En la posición abierta, las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide permiten el paso de aire procedente de la bomba 50 a través de los respectivos orificios 38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c de salida hacia las cámaras inflables. El transductor 66 de presión monitoriza las presiones de cada una de las cámaras 46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c inflables del circuito neumático y proporciona al procesador de control del controlador 14 una entrada de señal eléctrica para el control por realimentación.

Al final del ciclo de compresión seleccionado, las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide se desenergizan simultáneamente pasando a la posición cerrada para desconectar la bomba 50 de las mangas 46, 48.

En la posición cerrada, se impide el paso del aire y las válvulas 58a, 58b, 58c, 60a, 60b, 60c de solenoide dejan salir la presión de la manga a la atmósfera a través de los orificios 66a, 66b, 66c, 68a, 68b, 68c del bloque 52 de válvulas. Se contempla que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda alternar el inflado de las cámaras entre una primera extremidad y una segunda extremidad. Se contempla además que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda inflar de manera individual cada una de las bolsas.

Haciendo referencia a la Figura 6, el sistema 10 de tratamiento por compresión, similar al descrito anteriormente, está ensamblado y preparado para su uso. Durante el funcionamiento, el sistema 10 de tratamiento por compresión incluye un controlador 14 provisto de la carcasa 12, descrita anteriormente, y una manga 112. La manga 112 incluye una bolsa 114 para el muslo, una bolsa 116 para la pantorrilla y una bolsa 118 para el tobillo. La manga 112 incluye un conector 120 que encaja con el conector 42 hembra, el cual está conectado al orificio 38 a través de una tubería 44. El conector 120 comunica de manera fluida con las cámaras de la manga 112 a través del conjunto 122 de tuberías. De esta manera, esta configuración facilita la comunicación fluida entre las bolsas 114, 116, 118 y la bomba 50. En esta invención se contempla que el conector 120 pueda incluir además un mecanismo de válvula para controlar el flujo de fluido.

La manga 112 se proporciona y se manipula para su colocación alrededor de la pierna L del sujeto (no mostrada). El conector 120 se encaja con el conector 42 hembra para establecer comunicación fluida entre la manga 112 y el circuito neumático. La manga 112 se enrolla alrededor de la pierna L y se sujeta a ella por medio de tiras 124, 126 de velcro. Se contempla que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda tratar una segunda pierna de un sujeto con una manga de compresión, similar a la manga 112, a través de la conexión al orificio 40. La segunda pierna se trata en ciclos de compresión alternos a los ciclos de compresión descritos más adelante para el tratamiento de la pierna L, como se describe más adelante en la realización alternativa.

Las características portátiles de la carcasa 12 y del controlador 14, descritas anteriormente, proporcionan un sistema 10 de tratamiento por compresión que facilita el transporte y la movilidad del sujeto. Esta configuración ventajosa proporciona profilaxis frente a la DVT ininterrumpida cuando se usa el sistema en toda una instalación de tratamiento, y puede ser llevado y usado de manera continua por el sujeto durante todo el periodo de riesgo. El sistema 10 de tratamiento por compresión facilita ventajosamente la terapia vascular continua durante la actividad del sujeto y tareas tales como, por ejemplo, el transporte para la realización de pruebas, el aseo, la fisioterapia, etc. El sistema 10 de tratamiento por compresión evita interrupciones de la terapia al proporcionar un controlador 14 que funcionará con la batería 28 cuando no esté enchufado el cable 26 de alimentación, y también será suficientemente cómodo, compacto, y ligero para que se mueva con el sujeto cuando sea necesario.

Los conmutadores de activación manual del panel de control 32 del controlador 14 encienden el sistema 10 de tratamiento por compresión para ponerlo en funcionamiento. Cuando se enciende inicialmente el sistema 10 de tratamiento por compresión, el procesador de control del controlador 14 realiza una serie de autodiagnósticos. Los indicadores LED de la pantalla 36 se iluminan y se hacen sonar señales acústicas para verificar la operatividad de los indicadores visuales y sonoros. La pantalla 36 se ilumina para verificar la operatividad de la pantalla. El controlador 14 también verifica la operatividad del software del procesador de control. Si cualquiera de las verificaciones falla, códigos de error proporcionan señales acústicas y/o visuales.

Se contempla que si el procesador de control del controlador 14 no puede continuar con la ejecución normal del software, se dispare un código de error. Esto hace que el sistema 10 de tratamiento por compresión se resetee y vuelva a iniciar su funcionamiento normal. La manga 112 dejaría salir el aire durante un procedimiento de reinicio. También pueden activarse señales acústicas y visuales para representar la condición.

Tras la finalización de la compresión de la secuencia de autodiagnóstico del sistema 10 de tratamiento, el controlador 14 comienza un procedimiento de detección de mangas para determinar el tipo o tipos de mangas fijadas a los orificios 38, 40. La detección de la manga se realiza durante un primer ciclo de inflado (detección) después de que se haya encendido inicialmente el controlador. Durante el ciclo de detección, se suministra aire de forma alternativa a través de los orificios 38, 40 funcionando la bomba 50 durante dos segundos, o hasta que la presión alcanza un umbral por defecto. Un segundo más tarde, el transductor 66 de presión toma una medida de presión para determinar si una bolsa está o no conectada a un orificio 38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c de salida concreto sobre el que se está realizando la detección de la manga.

Por ejemplo, se realiza el procedimiento de detección para las bolsas 114, 116, 118 para cada uno de los orificios 38, 40 de la manga. Si no hay contrapresión en un orificio de salida concreto para conexión con una bolsa, entonces el procesador de control del controlador 14 determina que no se está usando una bolsa con ese orificio de salida concreto. El procesador de control ajusta en consecuencia la terapia de compresión para la configuración de manga detectada. Para la manga de 3 bolsas, se detecta la contrapresión en las bolsas 114, 116, 118 cuando están conectadas al controlador 14. Se contempla que si no se detectan mangas mediante este procedimiento en cualquiera de los orificios 38 ó 40, o si no se reconoce la configuración detectada, se dispare entonces un error de baja presión con señales acústicas correspondientes. Se contempla además que se puedan emplear diferentes periodos de temporización para la detección del inflado y la medida de presión, de acuerdo con las necesidades de una aplicación concreta.

De manera alternativa, la bolsa 114 para el muslo se puede desmontar de la bolsa 116 para la pantorrilla. Por ejemplo, la bolsa 116 para la pantorrilla está conectada de forma no permanente a la bolsa 114 para el muslo por

medio de una fijación perforada, véase, por ejemplo, la manga descrita en la Solicitud de Patente U.S. de N° de Serie 10/784.607, registrada el 23 de Febrero de 2004 y titulada Aparato de Compresión. Para la bolsa 114 para el muslo desmontable, el procesador de control del controlador 14 realiza un procedimiento de detección de manga similar al que se ha descrito anteriormente. El procesador de control detectará una manga de 3 bolsas debido a una válvula de restricción del flujo (no mostrada) acoplada al conector 120. Véase, por ejemplo, la válvula de restricción del flujo descrita en la Solicitud de Patente U.S. de N° de Serie 10/784.639, registrada el 23 de Febrero de 2004 y titulada Aparato Conector para Conducto de Fluído. La válvula de restricción del flujo simula la contrapresión creada por la bolsa 114 para el muslo cuando en realidad no hay ninguna bolsa conectada. De esta manera, la conversión de una manga hasta el muslo de 3 bolsas a una manga de longitud de rodilla de 2 bolsas no tiene un impacto significativo en los parámetros de compresión, y el controlador 14 continúa la terapia vascular como si la bolsa 114 para el muslo estuviera todavía intacta.

En una realización alternativa, como se muestra en la Figura 7, la manga 112 incluye una bolsa 114 para el muslo y una segunda bolsa 218 unitaria. La segunda bolsa 218 tiene una porción 220 para la pantorrilla y una porción 222 para el tobillo. La bomba 50 se comunica de forma fluida con la manga 112 a través de un conector 224 de válvulas y de una tubería 226, 228 independientes, para un uso similar al descrito anteriormente, incluido el desmontaje opcional de la bolsa 114 para el muslo por medio de perforaciones o similar.

En un ciclo de compresión concreto para el sistema 10 de tratamiento por compresión, los parámetros de compresión incluyen un periodo de inflado de 11 segundos para inflar las bolsas 114, 116, 118 seguido por 60 segundos de salida de aire para desinflar las bolsas 114, 116, 118. El periodo de inflado de 11 segundos es secuencial:

1) inicialmente se infla la bolsa 118 para el tobillo durante un primer periodo de tiempo que comienza a los 0 segundos;

2) después de eso y durante el primer periodo de tiempo, se inicia el inflado de la bolsa 116 para la pantorrilla durante un segundo periodo de tiempo, coincidiendo el inicio del segundo periodo de tiempo con aproximadamente 2,67 segundos de duración del primer periodo de tiempo;

3) después de eso y durante el segundo periodo de tiempo, se inicia el inflado de la bolsa 114 para el muslo durante un tercer periodo de tiempo, iniciándose el tercer periodo de tiempo tras aproximadamente 3.0 segundos de duración del segundo periodo de tiempo y tras aproximadamente 5,67 segundos del primer periodo de tiempo; y

4) después de 11 segundos del primer periodo de tiempo, las bolsas 114, 116, 118 dejan salir aire durante un mínimo de 20 segundos y un máximo de 60 segundos. En la Tabla 1 posterior se ilustra un ejemplo.

Tabla 1

	Comienzo de la Secuencia	Fin de la Secuencia
Compresión del tobillo:	0 segundos	2 2/3 segundos
Compresión del tobillo/pantorrilla:	Final del tobillo	5 2/3 segundos
Compresión de Tobillo/Pantorrilla/Muslo:	Final del Tobillo/Pantorrilla	11,0 segundos
Descompresión/Salida de Aire:	Mínimo 20 segundos, máximo 60 segundos	

contempla que el periodo de salida de aire se mida desde el final de un ciclo de inflado hasta el comienzo del siguiente ciclo de inflado en la pierna L. Se contempla además que se puedan tratar ambas extremidades del sujeto y que el sistema 10 de tratamiento por compresión alterne la terapia vascular de la pierna L a la segunda pierna. Se prevé que el periodo de tiempo desde el final del ciclo de inflado para la pierna L hasta el inicio del ciclo de inflado para la segunda pierna pueda oscilar, por ejemplo, desde 4,5 hasta 24,5 segundos.

Durante el ciclo de inflado inicial para el tratamiento de la pierna L, como se ha descrito anteriormente, la bomba 50 arranca con una tensión por defecto baja para no inflar demasiado las bolsas 114, 116, 118 en el ciclo inicial. Las válvulas 58a, 58b, 58c de solenoide se energizan pasando a la posición abierta, como se ha descrito, de tal manera que las válvulas se abren para enviar aire a las bolsas 118 para el tobillo, a continuación a la bolsa 116 para la pantorrilla, a continuación a la bolsa 114 para el muslo de la manga 112 usando una secuencia de temporización de ciclo deseada. El transductor 66 de presión monitoriza la presión en cada una de las bolsas 114, 116, 118 durante todo el ciclo de compresión de 11 segundos. Cuando finaliza el ciclo de inflado, se detiene la bomba 50 y se desenergizan las válvulas 58a, 58b, 58c de solenoide pasando a la posición cerrada para permitir que se desinflen las bolsas 114, 116, 118 a través de orificios 66a, 66b, 66c de salida de aire.

Se prevé que si se trata con terapia vascular una segunda pierna del sujeto, las válvulas 60a, 60b, 60c de solenoide se energicen pasando a la posición abierta, como se ha descrito, de tal manera que se abran las válvulas para suministrar aire a bolsas correspondientes de una manga situada alrededor de la segunda pierna, similar a la manga 112, usando una secuencia de temporización de ciclo deseada. El transductor 66 de presión monitoriza la presión en

cada una de las bolsas correspondientes durante todo el ciclo de compresión de 11 segundos. Tras la finalización del ciclo de inflado, se detiene la bomba 50 y se desenergizan las válvulas 60a, 60b, 60c de solenoide pasando a la posición cerrada para permitir que las correspondientes bolsas se desinflen a través de orificios 68a, 68b, 68c de salida de aire. Se prevé además que el ciclo de inflado para el tratamiento de la segunda pierna se pueda iniciar aproximadamente 24,5 segundos después de la finalización del ciclo de inflado para el tratamiento de la pierna L. Este proceso se puede repetir para ciclos pertenecientes a ambas piernas. Se contemplan otros tiempos de ciclo.

En esta realización, las presiones medidas por el transductor 66 de presión y la correspondiente señal transmitida al procesador de control del controlador 14, de las bolsas 114, 116, 118 durante el ciclo de inflado permanecen escalonadas siendo la presión de la bolsa 118 para el tobillo mayor que la presión de la bolsa 116 para la pantorrilla, y siendo la presión de la bolsa 116 para la pantorrilla mayor que la presión de la bolsa 114 para el muslo. Las presiones de final de ciclo, por ejemplo, incluyen 45 mm Hg en la bolsa 118 para el tobillo, 40 mm Hg en la bolsa 116 para la pantorrilla y 30 mm Hg en la bolsa 114 para el muslo. En la Tabla 2 posterior se ilustra un ejemplo. Se contempla que la compresión continúe en este patrón cíclico hasta que se apaga el sistema 10 de tratamiento por compresión o hasta que el controlador 14 indica un código de error mediante señales acústicas o visuales. Se contemplan otras presiones de ciclo.

Tabla 2

	Manga hasta el muslo	Manga hasta la rodilla	Presión (mm Hg)
Bolsa 118 para el tobillo	Tobillo	Tobillo	45 mm Hg
Bolsa 116 para la pantorrilla	Pantorrilla	Pantorrilla inferior	40 mm Hg
Bolsa 114 para el muslo	Muslo	Pantorrilla superior	30 mm Hg

Para ciclos de inflado posteriores al ciclo de inflado inicial para la pierna L, ya descrito, se puede realizar un ajuste por realimentación de presión de acuerdo con la medida de presión tomada por el transductor 66 de presión. A la finalización del ciclo de inflado inicial para la pierna L, la presión de final de ciclo en la bolsa 118 para el tobillo es medida por el transductor 66 de presión y comparada por el procesador de control del controlador 14 con la presión establecida de 45 mm Hg. Si la presión de la bolsa 118 para el tobillo es mayor o menor que la presión establecida, entonces es necesario un aumento o reducción correspondiente en la velocidad de la bomba 50 para reducir o incrementar la entrega de presión. El ajuste de velocidad de la bomba se basa en el siguiente cálculo:

$$\text{Ajuste} = |45 - P|, \text{ donde } P = \text{presión en el tobillo}$$

donde P = presión en el tobillo

Si la presión es menor que la presión establecida, entonces la velocidad de la bomba para el siguiente ciclo se incrementa en la cantidad de ajuste. Si la presión es mayor que la presión establecida, entonces la velocidad de la bomba para el siguiente ciclo se reduce en la cantidad de ajuste. Se contempla que el proceso de ajuste continúe incluso después de que se haya alcanzado el rango de presión establecido. Se contempla además que el sistema 10 de tratamiento por compresión se pueda ajustar para que proporcione velocidades de la bomba diferentes para cada manga conectada al controlador 14. También se contemplan otros ciclos de compresión secuenciales.

En un ejemplo alternativo el sistema 10 de tratamiento por compresión realiza una medida del tiempo de llenado venoso. La medida del tiempo de llenado venoso (VRT) es una técnica pletismográfica de aire que determina cuándo se han rellenado de sangre completamente las venas de una extremidad después de un ciclo de compresión. Véase, por ejemplo, la medida del tiempo de llenado venoso descrita en la Patente U.S. Nº 6.231.532 concedida a Watson et al. El VRT minimiza la cantidad de tiempo que la sangre permanece estancada dentro de las venas. El VRT será substituido por el tiempo de reposo por defecto (60 segundos) siempre que dicho VRT esté entre 20 y 60 segundos. Si el VRT es menor de 20 segundos entonces se usa el valor por defecto de 20 segundos. Si el VRT es mayor de 60 segundos entonces se usa el máximo de 60 segundos. La medida del VRT se realiza cuando el sistema alcanza por primera vez la presión establecida y una vez cada 30 minutos después de eso. Se contempla que se puedan usar la técnica y el algoritmo VRT tanto para la compresión de la manga y como para la compresión del pie.

La medida del VRT utiliza una técnica pletismográfica de aire en la que se aplica una pequeña presión a las bolsas para las pantorrillas. Según se van llenando de sangre las venas, aumentan las presiones en las bolsas para las pantorrillas hasta que se alcanza una meseta. El tiempo que tarda la presión en alcanzar la meseta es el VRT. Si están conectadas dos mangas al controlador 14, entonces se determina por separado el VRT para cada extremidad que está siendo comprimida y se usa la mayor de las dos medidas como nuevo tiempo de salida de aire del ciclo de compresión. La medida del VRT para cada manga se realiza según cada manga concreta va alcanzando de forma independiente la presión establecida. Sin embargo, el tiempo de salida de aire no se actualiza hasta que se han calculado las medidas del VRT para ambas mangas.

Por ejemplo, el sistema 10 de tratamiento por compresión puede utilizar la medida del VRT después de que el sistema haya iniciado la terapia vascular. Posteriormente, después de que hayan pasado 30 minutos, se tomará una

medida del VRT en el siguiente ciclo de inflado completo. Después de que se infle cualquiera de las mangas descritas anteriormente, se deja salir todo el aire de la bolsa o bolsas de la manga concreta como en el ciclo de inflado por defecto.

5 Se contempla que se monitorice la presión de una bolsa seleccionada y que la salida de aire de la bolsa se cierre cuando la presión descienda hasta 5-7 mm Hg. Si la presión en la bolsa es de 5-7 mm Hg en un ciclo más reciente entonces se toma una medida del VRT. Si la presión en la bolsa no desciende hasta 5-7 mm Hg entonces el tiempo de salida de aire permanecerá en su valor más reciente y se tomará otra medida en 30 minutos. Si se produce un error, una alarma correspondiente proporciona señales acústicas y/o visuales.

10 El algoritmo de medida del VRT determina cuándo alcanzan la meseta las presiones en las bolsas seleccionadas después de la compresión. El VRT se determinará de manera independiente para las dos piernas. El mayor de los dos tiempos de llenado se usará como el nuevo tiempo de salida de aire. Si se aplica compresión a sólo una pierna, el VRT para esa pierna se usa como el nuevo tiempo de salida de aire. El algoritmo de medida del VRT se inicia arrancando un contador de tiempo desde el final del ciclo de inflado, lo cual se produce después de que la bolsa seleccionada alcanza 5-7 mm Hg (presión suficiente para hacer que la bolsa permanezca en contacto con la superficie de la pierna) y se detiene la salida de aire. La medida del VRT se inicia arrancando el contador de tiempo desde el final del ciclo de inflado.

15 Se monitoriza a continuación la presión en la bolsa seleccionada. A modo de ejemplo, la presión se monitoriza con una ventana de muestreo móvil, de 10 segundos. La ventana se mueve en intervalos de 1 segundo. La curva ha alcanzado su meseta cuando la diferencia entre los valores primero y último en la ventana es menor que aproximadamente 0,3 mm Hg. La medida del VRT se considera realizada, y el intervalo de tiempo está determinado. Se considera que el final de la ventana es el punto en el cual se ha rellenado el sistema venoso de las extremidades.

20 Con independencia de la medida del VRT, se deja salir el aire de la bolsa seleccionada durante 15 segundos antes de empezar el siguiente ciclo de compresión en esa misma extremidad. Como factor de seguridad, se suman 5 segundos al tiempo de llenado medido de manera que no se comprima la extremidad demasiado pronto. Se contempla que el tiempo de salida de aire sea equivalente a al tiempo de llenado medido más 5 segundos. Por ejemplo, como resultado del movimiento del paciente, la desviación estándar en la ventana de muestreo puede ser demasiado grande, haciendo la medida errónea. En este punto, se desecha el cálculo y se usa el antiguo valor del VRT. La medida del VRT se considera errónea si en cualquier momento durante la medida, la presión en la bolsa seleccionada es menor de 2 mm Hg, se desecha el cálculo, y se usa el antiguo valor del VRT. Esto puede ocurrir si hay una fuga en el sistema. Se contempla que se use el antiguo valor de VRT si la presión es mayor que 20 mm Hg en cualquier instante durante la medida del VRT. Se contempla además que, si se realiza el cálculo del VRT para ambas piernas, se use el mayor VRT de las dos piernas. Se prevé que si se calcula que el VRT es mayor de 60 segundos, se use un valor de 60 segundos. Si se calcula que el VRT es menor de 20 segundos, se usa un valor de 20 segundos.

25 De manera alternativa, el sistema 10 de tratamiento por compresión puede utilizar uno, una pluralidad o todos los siguientes códigos de error para proporcionar señales acústicas y/o visuales de error o fallo del sistema. Ventajosamente, estas características incrementan la seguridad para el sujeto durante la terapia vascular. Varias condiciones de error pueden provocar que el sistema 10 de tratamiento por compresión proporcione una alarma y detenga un ciclo de compresión concreto. Se contempla que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda hacer destellar indicadores de error, genere señales continuas sonoras, etc., haciendo que un usuario resetee el sistema 10 de tratamiento por compresión. El controlador 14 puede proporcionar una alarma de error para una, para una pluralidad o para todas las siguientes condiciones de error: error por alta presión, que incluye aquellas presiones detectadas por encima de la presión establecida; error por baja presión, que incluye aquellas presiones detectadas por debajo de la presión establecida y si no se detectan mangas; error de presión del sistema, que incluye presión determinada dentro de un ciclo de inflado fuera de parámetros deseados; error de válvula, error de software; error de bomba; error de salida de aire y de desinflado, error de batería; y error de temperatura, que incluye temperaturas detectadas fuera de condiciones ambientales especificadas.

30 En un ejemplo alternativo no cubierto por las reivindicaciones, como el que muestra en la Figura 8, el sistema 10 de tratamiento por compresión, similar al descrito anteriormente, incluye una manga 312 para el pie configurada para proporcionar terapia vascular al pie del sujeto. La manga 312 para el pie incluye una bolsa 314 que se infla con aire para proporcionar una aplicación de presión al pie y que a continuación se desinfla. Véase, por ejemplo, la manga descrita en la Solicitud de Patente U.S. Nº 10/784.604, registrada el 23 de Febrero de 2004 y titulada Aparato de Compresión.

35 La bomba 50 se comunica de manera fluida con la manga 312 del pie. La manga 312 incluye un conector 316 que encaja con el conector 42 hembra, el cual está conectado al orificio 40 a través del tubo 44. El conector 316 de la válvula comunica de manera fluida con la bolsa 314 de la manga 312 a través del tubo 318. De esta manera, esta configuración facilita una comunicación fluida entre la bolsa 314 y la bomba 50. La manga 312 del pie se enrolla alrededor de las porciones laterales del pie por medio de una solapa 320 de conexión de tipo velcro que cruza el empeine del pie y una tira 322 para tobillo con conexión de tipo velcro.

40 Tras la finalización de la compresión de la secuencia de autodiagnóstico para el sistema 10 de tratamiento, similar a la descrita, el controlador 14 comienza el procedimiento de detección de mangas para determinar el tipo o los tipos

de mangas fijadas a los orificios 38, 40. En lo que respecta a la manga 312 para el pie, la contrapresión es detectada por el procesador de control del controlador 14 correspondiente a la bolsa 314, la cual está conectada al orificio 40b de salida. Se contempla que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda tratar el pie de una segunda pierna de un sujeto con la manga 312 para el pie y tratar también la pierna L, como se ha descrito anteriormente, en ciclos de inflado alternativos.

En un ciclo de compresión de ejemplo concreto para la manga 312 para el pie, los parámetros de compresión incluyen un periodo de inflado de 5 segundos seguido por 60 segundos de salida de aire. En la Tabla 3 posterior se ilustra un ejemplo.

Tabla 3

	Comienzo de la Secuencia	Final de la Secuencia
Compresión del pie:	0 segundos	5,0 segundos
Descompresión/Salida de aire:	Mínimo 20 segundos, máximo 60 segundos	

Se contempla que se mida el periodo de salida de aire desde el final de un ciclo de inflado hasta el comienzo del siguiente ciclo de inflado sobre el pie del sujeto. Se contempla además que se puedan tratar ambas extremidades del sujeto y que el sistema 10 de tratamiento por compresión alterne la terapia vascular de la pierna L a la segunda pierna. Se prevé que el periodo de tiempo desde el final del ciclo de inflado para la pierna L hasta el inicio del ciclo de inflado para la segunda pierna pueda ser de 7,5-27,5 segundos.

Durante el ciclo de inflado inicial para el tratamiento del pie del sujeto, como se ha descrito anteriormente, la bomba 50 arranca con una tensión por defecto baja para no inflar en exceso la bolsa 314 en el ciclo inicial. La válvula 60b de solenoide se energiza pasando a la posición abierta, como se ha descrito, de tal manera que la válvula se abre para enviar aire a la bolsa 314 usando una secuencia de temporización de ciclo deseada. El transductor 66 de presión monitoriza la presión en la bolsa 314 durante todo el ciclo de compresión de 5 segundos. Tras la finalización del ciclo de inflado, la bomba 50 se detiene y la válvula 60b de solenoide se desenergiza pasando a la posición cerrada para permitir que la bolsa 314 se desinfe a través del orificio 68b de salida de aire.

Se prevé que si se trata con terapia vascular un segundo pie del sujeto, se energice la válvula 58b de solenoide pasando a la posición abierta, como se ha descrito, de tal manera que la válvula se abra para enviar aire a una bolsa correspondiente de una manga para el pie situada alrededor de la otra pierna, similar a la manga 312 para el pie, usando una secuencia de temporización de ciclo deseada. Por ejemplo, el transductor 66 de presión monitoriza la presión en la correspondiente bolsa durante todo el ciclo de compresión de 5 segundos. Tras la finalización del ciclo de inflado, la bomba 50 se detiene y la válvula 58b de solenoide se desenergiza pasando a la posición cerrada para permitir que la correspondiente bolsa se desinfe a través del orificio 66b de salida de aire. Se prevé además que el ciclo de inflado para tratamiento del segundo pie se pueda iniciar aproximadamente 27,5 segundos después de la finalización del ciclo de inflado para el tratamiento del pie tratado por la manga 312 para el pie. Este proceso se puede repetir para ciclos pertenecientes a ambos pies o, de manera alternativa, para una manga para el pie de una primera pierna y una manga para la pierna de una segunda pierna. Se contempla que el sistema 10 de tratamiento por compresión pueda proporcionar compresión alternante a cualquier combinación de una manga y una funda para el pie y que si se emplea esta combinación, entonces, por ejemplo, se sume un margen o tiempo adicional de salida de aire de 6 segundos a todos los periodos de salida de aire después del ciclo de inflado para el pie, de tal manera que el tiempo total sea consistente con los parámetros de compresión de manga por defecto. Se contemplan otros tiempos de ciclo.

En esta realización, la presión objetivo, medida por el transductor 66 de presión y la correspondiente señal transmitida al procesador de control del controlador 14, de la bolsa 314 es, por ejemplo, 130 mm Hg. Se contempla que la compresión continúe según este patrón cíclico hasta que se apague el sistema 10 de tratamiento por compresión o hasta que el controlador 14 indique un código de error por medio de señales acústicas o visuales.

Para ciclos de inflado posteriores al ciclo de inflado inicial para la manga 312 para el pie descrita, se puede realizar un ajuste por realimentación de presión de acuerdo con la medida de presión tomada por el transductor 66 de presión. Tras la finalización del ciclo de inflado inicial para la manga 312 para el pie, el transductor 66 de presión mide la presión de final de ciclo en la bolsa 314 y el procesador de control del controlador 14 la compara con la presión establecida de 130 mm Hg. Si la presión de la bolsa 314 es mayor o menor que la presión establecida, entonces es necesario un aumento o una disminución correspondiente en la velocidad de la bomba 50 para aumentar o reducir la entrega de presión. El ajuste de la velocidad de la bomba se basa en el siguiente cálculo:

$$\text{Ajuste} = |130 - P|, \text{ donde } P = \text{presión en el pie}$$

donde P = presión en el pie

Si la presión es menor que la presión establecida, entonces la velocidad de la bomba para el siguiente ciclo se incrementa en la cantidad de ajuste. Si la presión es mayor que la presión establecida, entonces la velocidad de la bomba para el siguiente ciclo se reduce en la cantidad de ajuste. Se contempla que el proceso de ajuste continúe

incluso después de que se haya alcanzado el rango de presión establecida. Se contempla además que el sistema 10 de tratamiento por compresión se pueda ajustar para velocidades de bomba independientes para cada manga conectada al controlador 14. Se contemplan también otros ciclos de compresión secuencial.

- 5 Se comprenderá que se pueden hacer diferentes modificaciones a las realizaciones presentadas en este documento. Por lo tanto, la descripción anterior no se debería considerar como limitativa, sino solamente un ejemplo de las diferentes realizaciones. Aquellas personas con experiencia en la técnica concebirán otras modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas a esta patente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) de tratamiento por compresión que comprende:
 - una fuente (50) de fluido; una primera bolsa (46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c) que se puede sujetar alrededor de una extremidad (L);
 - 5 una segunda bolsa que se puede sujetar alrededor de la extremidad, estando las bolsas en comunicación fluida con la fuente (50) de fluido;
 - un único sensor (66) de presión que comunica con la primera bolsa y con la segunda bolsa;
 - un controlador que comunica con la fuente de fluido y con el sensor de presión, estando el controlador configurado para monitorizar y regular la presión en las bolsas, donde las bolsas se inflan de tal manera que la primera bolsa se infla durante un primer periodo de tiempo y la segunda bolsa se infla durante un segundo periodo de tiempo, iniciándose el segundo periodo de tiempo dentro del primer periodo de tiempo;
 - 10 **caracterizado por** una única válvula (54) antirretorno que controla el flujo de fluido con respecto a la fuente de fluido y que está situada entre la fuente de fluido y el único sensor de presión.
2. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el controlador está provisto de una carcasa (12) que es portátil.
3. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la carcasa incluye una pluralidad de orificios (38a, 38b, 38c, 40a, 40b, 40c) conectables a una pluralidad de bolsas.
4. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual el único sensor de presión monitoriza la presión en cada orificio de la pluralidad de ellos para determinar si una bolsa está conectada a él y envía una señal representativa al controlador.
- 20 5. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el controlador incluye válvulas independientes que regulan el inflado de las bolsas.
6. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el sistema incluye además:
 - 25 una tercera bolsa (314) sujeta alrededor de un pie, estando la tercera bolsa en comunicación fluida con la fuente de fluido; y
 - el sensor de presión único, que comunica con las bolsas.
7. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la fuente de fluido presurizado infla de manera alternativa las bolsas situadas alrededor de la extremidad y la bolsa situada alrededor del pie.
- 30 8. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la primera pluralidad de bolsas (46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c) que comprende la primera bolsa y la segunda bolsa está sujeta alrededor de la extremidad;
 - 35 una segunda pluralidad de bolsas (46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c) está sujeta alrededor de una segunda extremidad, estando las bolsas en comunicación fluida con una fuente de fluido e inflándose las bolsas de tal manera que:
 - una tercera bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infle durante un tercer periodo de tiempo y una cuarta bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infle durante un cuarto periodo de tiempo, iniciándose el cuarto periodo de tiempo dentro del tercer periodo de tiempo; y
 - 40 comunicando el único sensor de presión con las bolsas.
9. Un sistema de tratamiento por compresión de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el sistema:
 - una primera pluralidad de bolsas (46a, 46b, 46c, 48a, 48b, 48c) que están sujetas alrededor de la extremidad y una segunda pluralidad de bolsas que están sujetas alrededor de una segunda extremidad, comprendiendo la primera pluralidad de bolsas la primera bolsa y la segunda bolsa;
 - 45 teniendo cada bolsa de la primera pluralidad de bolsas y de la segunda pluralidad de bolsas una válvula independiente en comunicación con ella, estando las válvulas en comunicación fluida con la fuente de fluido e inflándose las bolsas de tal manera que:
 - se abra una primera válvula de tal manera que la primera bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infle durante el primer periodo de tiempo y se abra una segunda válvula de tal manera que la segunda bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infle durante el segundo periodo de tiempo, y se abra una tercera válvula de tal manera que una tercera bolsa de la primera pluralidad de bolsas se infle durante un tercer periodo de tiempo, iniciándose el tercer periodo de tiempo dentro del segundo periodo de tiempo, y
 - 50

- 5 se abra una cuarta válvula de tal manera que una cuarta bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infle durante un cuarto periodo de tiempo y se abra una quinta válvula de tal manera que una quinta bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infle durante un quinto periodo de tiempo, iniciándose el quinto periodo de tiempo dentro del cuarto periodo de tiempo, y se abra una sexta válvula de tal manera que una sexta bolsa de la segunda pluralidad de bolsas se infle durante un sexto periodo de tiempo, iniciándose el sexto periodo de tiempo dentro del quinto periodo de tiempo;
- comunicando el único sensor de presión con las bolsas.

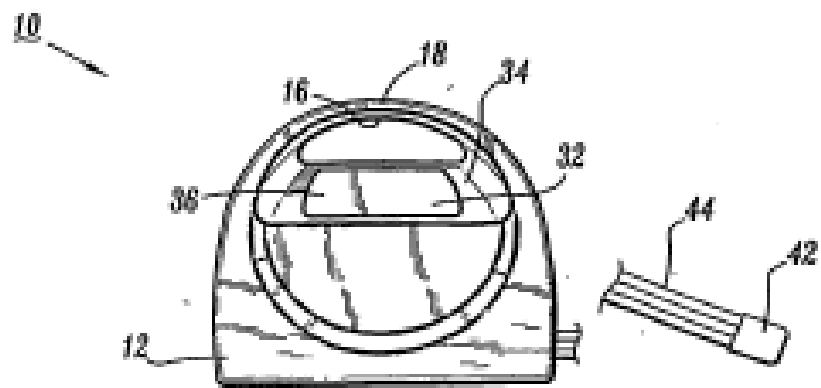


FIG. 1

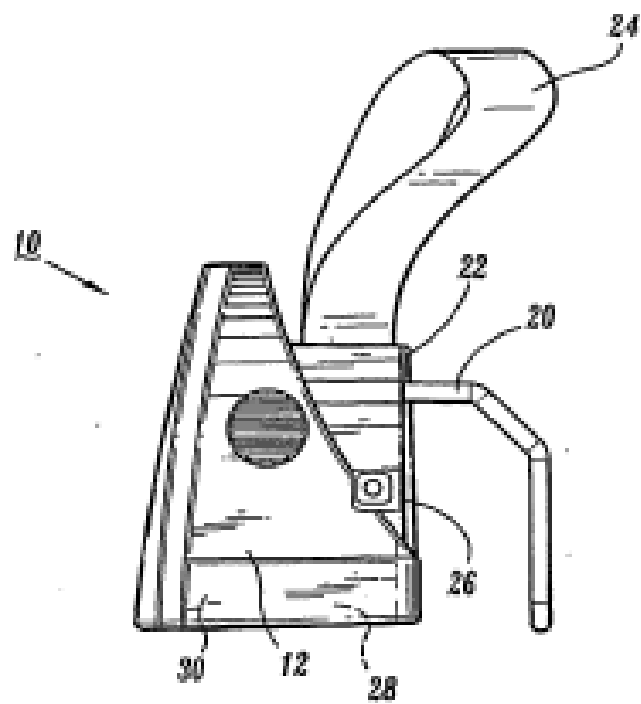


FIG. 2

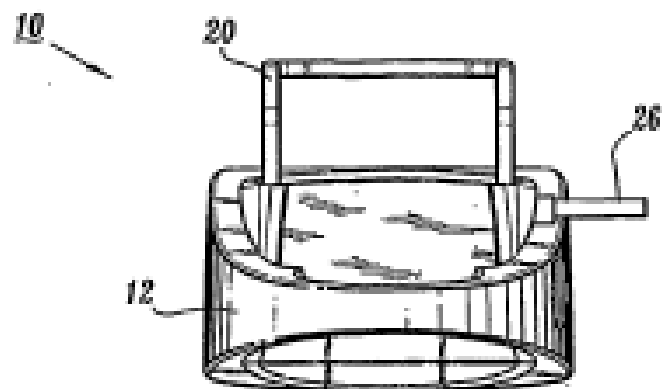


FIG. 3

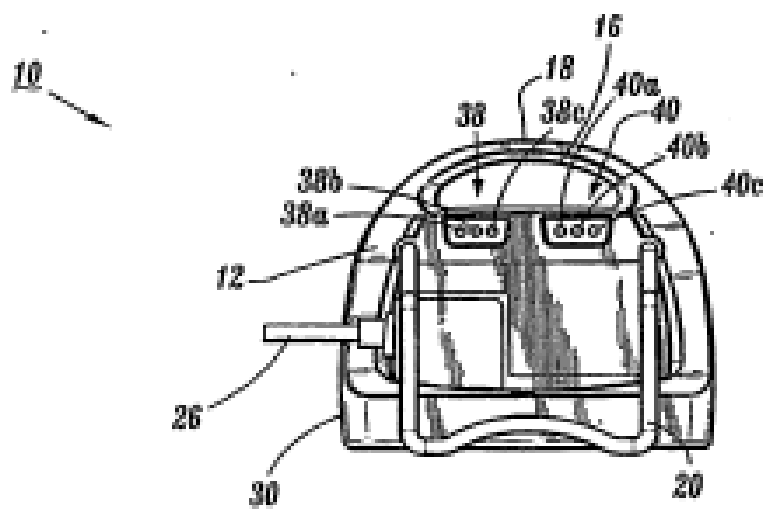


FIG. 4

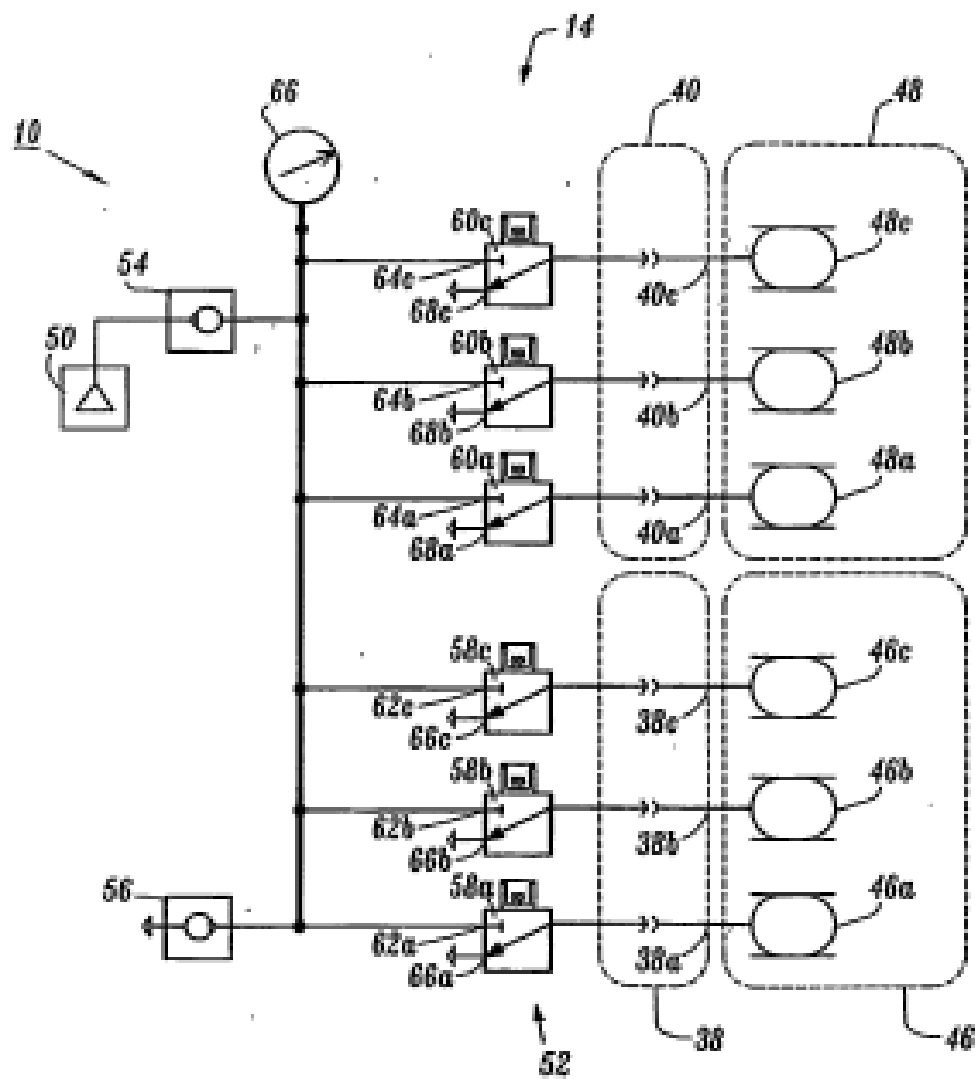


FIG. 5

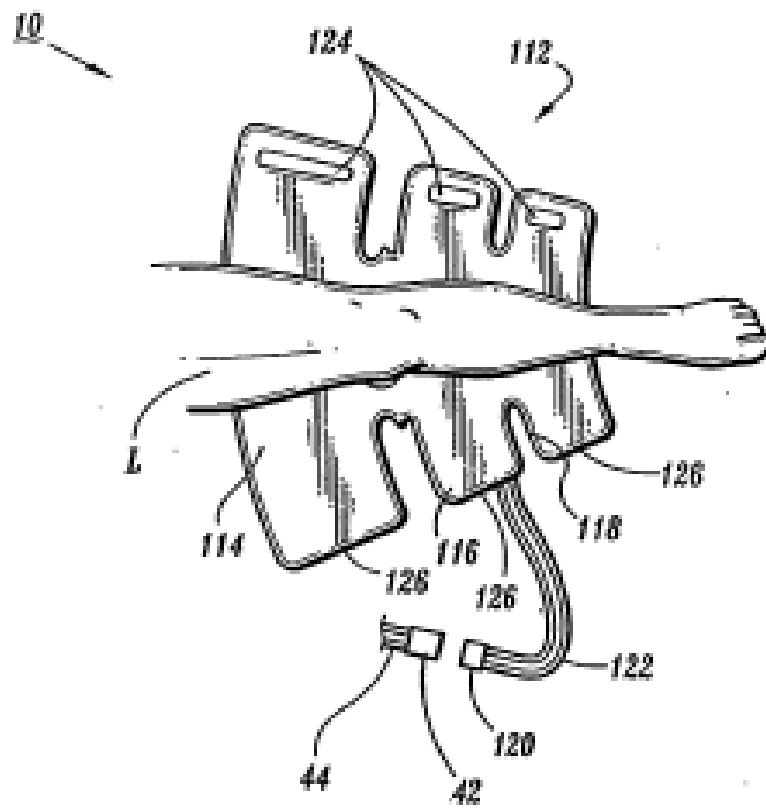


FIG. 6

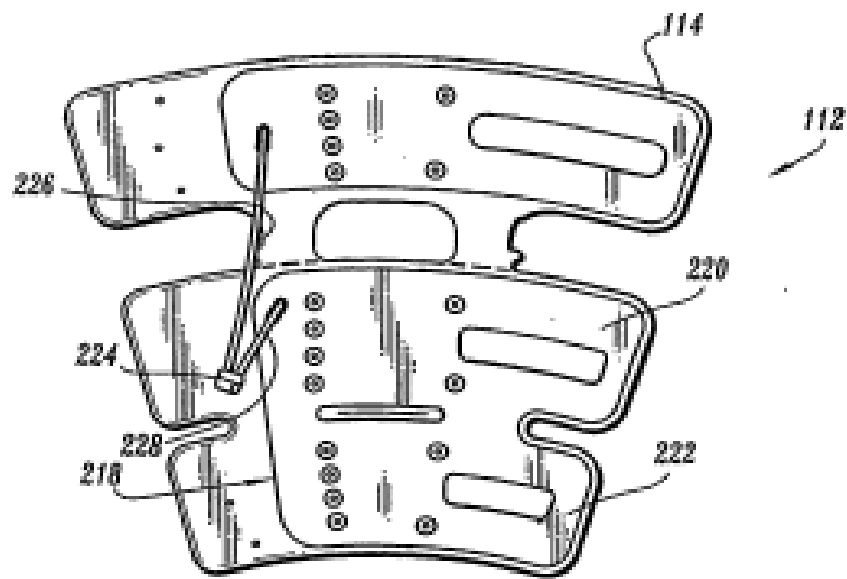


FIG. 7

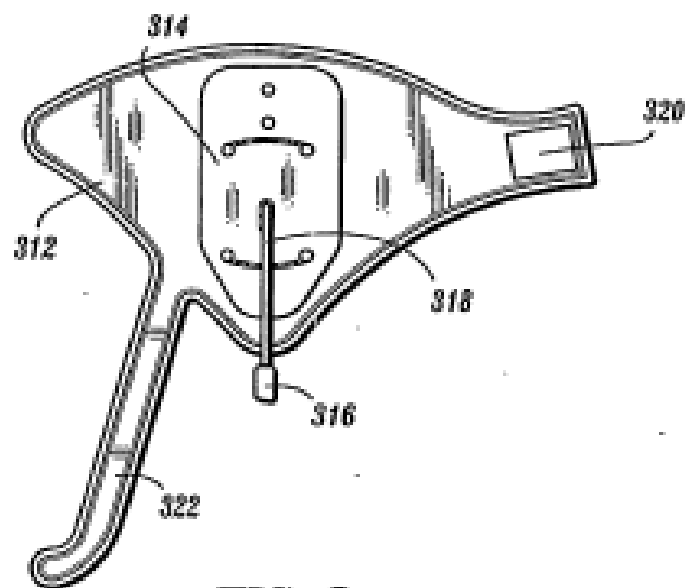


FIG. 8