

SET DE INFUSIÓN PARA MEDIR LOS SIGNOS VITALES DE UN PACIENTE QUE COMPRENDE UN ELEMENTO DE CONFORMIDAD Y UN ELEMENTO REFLECTANTE

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un set de infusión para medir los signos vitales de un paciente. De manera más detallada, la invención se refiere a un set de infusión para medir los signos vitales de un paciente que comprende un elemento de conformidad y un elemento reflectante.

El set de infusión que incluye, por ejemplo, una línea de infusión principal y una línea de infusión auxiliar, incluye (en una o en ambas líneas) un elemento de conformidad, configurado para absorber o atenuar las ondas de presión que se transmiten a través de un medicamento líquido transportado a través del equipo de infusión, y un elemento de resistencia, configurado para amplificar o intensificar las ondas de presión. El elemento de conformidad y el elemento de resistencia están relativamente posicionados en una línea de infusión (por ejemplo, principal y/o auxiliar) con respecto a una ubicación potencial para medir la presión del medicamento líquido en la línea de infusión, de tal manera que los componentes o perturbaciones no deseados del espectro de la señal de la bomba se absorben o atenúan y de modo que la señal que se va a medir se amplifica o intensifica y los componentes no deseados se atenúan o reducen. Los componentes del espectro de la señal de la bomba no deseados pueden resultar, por ejemplo, de la forma del espectro de amplitud de la señal de la bomba, que puede cubrir o superponerse a una señal que se va a medir que se amplifica o intensifica.

Antecedentes de la Invención

En el campo médico, a menudo se desea o se requiere medir los signos vitales de un paciente que se va a someter a un tratamiento, antes, durante y/o después de dicho tratamiento. El tratamiento puede incluir la infusión de un medicamento líquido al sistema cardiovascular de un paciente o el tratamiento extracorpóreo de un medicamento líquido, por ejemplo, sangre extraída de un paciente y/o devuelta a un paciente.

Los signos vitales de un paciente, por ejemplo, la señal cardíaca o la presión venosa periférica pueden medirse utilizando un set de infusión intravenosa (IV) y colocando uno o más sensores en uno o más componentes del set de infusión IV. Por ejemplo, la presión venosa periférica (PVP) se puede medir midiendo la presión de la línea (PL) dentro del set de infusión IV, midiendo

la PL en la línea de infusión IV entre la bomba de infusión IV y el acceso venoso. Durante una operación, sin embargo, la presión de la bomba se propaga a lo largo de la línea de infusión IV desde la bomba hasta el acceso venoso. La PVP se propaga a lo largo de la línea de infusión IV desde el acceso venoso hacia la bomba.

La medición de la PL puede implicar varios problemas. Por ejemplo, durante una operación, la bomba puede generar una forma de espectro de amplitud, que usualmente depende de la velocidad de operación de la bomba. El espectro de amplitud de la señal de la bomba se propaga a lo largo de la línea de infusión IV y puede afectar negativamente una extracción y/o la medición de la PL. La ubicación particular del sensor que mide/extrae la PL puede tener un impacto sustancial en la calidad de las mediciones y/o de la señal generada por el sensor.

Se desea mejorar la relación señal/ruido para las mediciones de PL para poder medir con mayor precisión la PVP u otros signos vitales de un paciente en vista de los componentes del espectro no deseados.

Para abordar los problemas antes mencionados, se sabe que el sitio en el que se mide la PL puede moverse hacia el acceso venoso para reducir los efectos de la forma del espectro de amplitud de la señal de la bomba y/o para poder medir la PVP con mayor precisión. Sin embargo, debido a efectos particulares (p. ej., ondas de eco, resonancia, etc.), la ubicación del sensor suele resultar muy difícil y es posible que tenga que adaptarse a una serie de factores que afectan las mediciones, incluyendo, mas no limitado, el tipo de set de infusión usado, la velocidad de operación de la bomba, un tipo de aparato de infusión y/o la bomba utilizada, viscosidad y/o densidad del líquido, altura de la bomba con respecto al paciente y otros factores.

Adicionalmente, se puede insertar un elemento absorbente (por ejemplo, un volumen parcialmente lleno de gas; por ejemplo, una cámara de goteo) o moverse a una posición descendente desde la bomba (por ejemplo, con respecto al flujo de líquido, entre una posición de la bomba y una posición donde se mide la PL). Esto puede absorber las ondas de presión y/o el espectro de amplitud generado por la bomba.

Los problemas que ocurren con los dibujos del arte previo incluyen que la amortiguación afecta tanto el espectro de amplitud de la señal de la bomba como la señal cardíaca. Se sabe, además, que puede resultar difícil cambiar la frecuencia de corte del amortiguador/absorbedor simplemente cambiando su conformidad (por ejemplo, a través de una flexibilidad diferente de la cámara o a través de un volumen interno de gas diferente), dado que es bastante común que el espectro de amplitud de la señal de la bomba tenga sustancialmente el mismo espectro de

frecuencia de la señal cardíaca que se va a medir (típicamente entre 0,5 y 3 Hz) y, por lo tanto, puede afectar sustancialmente las mediciones.

U.S. 4,551,133 A describe un sistema de infusión de medicamentos que incluye una línea de infusión, una bomba y un transductor de presión. También se incluyen filtros eléctricos y amplificadores para procesar la señal de presión. El sistema de infusión se puede usar para monitorear la respiración y la frecuencia cardíaca de una vena periférica. El sistema incluye un procesamiento de señal extenso basado en filtros eléctricos y amplificadores para derivar, a partir de la señal de presión, la frecuencia respiratoria y/o la frecuencia cardíaca de un paciente. El sistema está diseñado para activar la bomba solo de manera intermitente para que el funcionamiento de la bomba no interfiera con las mediciones de presión.

U.S. 4,979,940 A describe el monitoreo de la presión del líquido en un conducto para detectar artefactos de presión relacionados con la actividad del paciente. El sistema incluye una bomba de infusión, un transductor de presión y un amplificador. Un enfoque clave del sistema incluye evitar las falsas alarmas y a la vez detectar la infiltración no deseada de líquido en el tejido debido a una colocación incorrecta de una aguja de infusión IV o debido al movimiento de la aguja durante el tratamiento.

WO 2015/061723 A2 describe un colector de inyección de medicamento líquido, que incluye un colector que aloja un dispositivo de amortiguación para amortiguar las señales de presión comunicadas desde un paciente a un sensor de presión. El colector permite poner un sensor de presión en comunicación fluida con diferentes líneas de fluido.

U.S. 2009/026146 A1 describe un sistema de control de flujo para una bomba de infusión. El sistema permite establecer un umbral de presión mínimo, de modo que sea lo suficientemente sensible como para evitar el ruido en una señal de flujo, por ejemplo, inducida por el movimiento del paciente, y a la vez permanecer sensible a la presión del paciente. El sistema también proporciona medios para detectar una oclusión.

U.S. 2013/331811 A1 describe una cámara de goteo para amortiguar las ondas de presión de la bomba de infusión, en la que la cámara de goteo se encuentra ubicada en dirección ascendente con relación a la bomba. Un objetivo principal parece ser la amortiguación de los pulsos de presión que se propagan de forma ascendente con respecto a la entrada de la bomba. El sistema se basa en un control de circuito cerrado, en el que la presión y la resistencia se pueden ajustar continuamente. Adicionalmente, el efecto de amortiguación se basa parcialmente en la cámara de goteo.

WO 98/04303 A1 describe el monitoreo de la resistencia al flujo de una línea de infusión mediante la medición de la presión, por ejemplo, para detectar una oclusión de la línea de administración. La divulgación se enfoca en hacer frente a las fuentes de ruido, como el movimiento del paciente, la respiración, etc. Además, se describen los efectos del uso de varios sets de infusión IV en paralelo.

U.S. 2006/272421 A1 describe la detección de la presión intravascular, en donde una membrana puede amortiguar las oscilaciones relacionadas con el sistema cardiovascular de un paciente. Los conceptos descritos también son aplicables a la infusión intravenosa.

Resumen

Un objetivo general de la presente invención es proporcionar un set de infusión IV que alivie o minimice los inconvenientes antes mencionados. Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una línea de infusión que alivie o minimice los inconvenientes antes mencionados. Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un proceso para detectar la presión de un medicamento líquido en un set de infusión IV que alivie o minimice los inconvenientes antes mencionados.

Un set de infusión IV, una línea de infusión y/o un proceso de acuerdo con una o más de las reivindicaciones adjuntas, tomadas individualmente o en cualquier combinación, logran al menos uno de los objetivos indicados anteriormente.

En un primer aspecto independiente se proporciona un set de infusión IV que comprende un acceso al paciente configurado para conectarse a un sistema vascular (86) de un paciente, una fuente (40, 40a) de medicamento líquido, una línea de infusión cuyo al menos primer extremo está configurado para conectarse a la fuente de medicamento líquido y al menos un segundo extremo opuesto configurado para administrar el medicamento líquido hacia el acceso al paciente, en donde la línea de infusión define al menos una vía de medicamento líquido que se desarrolla desde el primer extremo de la línea de infusión hasta el acceso al paciente, el segundo extremo de la línea de infusión está conectado al acceso al paciente, la fuente de medicamento líquido se acopla al primer extremo de la línea de infusión y está configurada para suministrar medicamento líquido a la línea de infusión, un aparato de infusión dispuesto en la línea de infusión, un sensor configurado para emitir una señal de presión que indica una presión de un medicamento líquido en la línea de infusión, y una unidad de control configurada para recibir la señal de presión y determinar una señal del paciente que indica un signo vital del paciente con base en la señal de presión. El aparato de infusión incluye una bomba. El set de infusión IV

comprende, además, un elemento de conformidad configurado para atenuar las variaciones de presión del medicamento líquido en la línea de infusión, y un elemento de resistencia configurado para reflejar las ondas de presión que se mueven a lo largo de la línea de infusión. El sensor está dispuesto en la línea de infusión en una posición descendente desde el elemento de resistencia con respecto a una dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente. Opcionalmente, la línea de infusión puede incluir una línea de infusión principal y/o una o más líneas de infusión auxiliares conectadas a una línea de infusión principal.

De acuerdo con cualquiera de los aspectos de la invención, la línea de infusión incluye una línea de infusión principal y al menos una línea de infusión auxiliar conectada a la línea de infusión principal. La al menos una línea de infusión auxiliar tiene al menos un primer extremo configurado para conectarse a una fuente auxiliar de medicamento líquido y al menos un segundo extremo opuesto configurado para suministrar el medicamento líquido hacia la línea de infusión principal. La línea de infusión auxiliar define al menos una vía de fluido médico que se desarrolla desde el primer extremo de la línea de infusión auxiliar hasta el acceso al paciente. La fuente de medicamento líquido está acoplada al primer extremo de la línea de infusión auxiliar y está configurada para suministrar medicamento líquido a la línea de infusión auxiliar. El set de infusión IV comprende, además, la fuente de medicamento líquido auxiliar y un aparato de infusión auxiliar dispuesto en la línea de infusión auxiliar.

De acuerdo con cualquiera de los aspectos de la invención, en particular de acuerdo con el aspecto anterior, el set de infusión IV comprende, además, al menos un sensor auxiliar configurado para emitir una señal de presión auxiliar que indica una presión de un medicamento líquido en la al menos una línea de infusión auxiliar.

De acuerdo con cualquiera de los dos aspectos anteriores, el set de infusión IV comprende, además, para cada una de las al menos una de las líneas de infusión auxiliares, un elemento de conformidad auxiliar configurado para atenuar las variaciones de presión del medicamento líquido en la respectiva línea de infusión auxiliar, y un elemento de resistencia auxiliar configurado para reflejar las ondas de presión que se mueven a lo largo de la respectiva línea de infusión auxiliar. El elemento de conformidad y el elemento de resistencia están dispuestos en la línea de infusión principal y el elemento de conformidad auxiliar y el elemento de resistencia auxiliar están dispuestos en la línea de infusión auxiliar. Opcionalmente, el elemento de conformidad auxiliar y el elemento de resistencia auxiliar están dispuestos en la línea de infusión auxiliar próxima a la conexión a la línea de infusión principal.

En un segundo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, en particular de acuerdo con el aspecto 1, el elemento de conformidad está dispuesto en posición descendente desde la bomba con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente.

En un tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de conformidad está dispuesto en dirección ascendente desde el elemento de resistencia con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente.

En un cuarto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia incluye un limitador de flujo para restringir el flujo de medicamento líquido a lo largo de la línea de infusión a través del elemento de resistencia.

En un quinto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de conformidad tiene un puerto de entrada y un puerto de salida para el medicamento líquido y define una parte de la ruta del medicamento líquido.

En un sexto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de conformidad comprende una cámara de goteo.

En un séptimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el set de infusión IV comprende, además, una cámara de goteo adicional dispuesta en dirección descendente de la fuente de medicamento líquido con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente. Opcionalmente, la cámara de goteo adicional está dispuesta en dirección ascendente desde la bomba con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente.

En un octavo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia comprende un cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión para permitir el paso del medicamento líquido, en donde el cuerpo hueco tiene una sección de paso de líquido más pequeña que una sección de paso de líquido de la línea de infusión que define una restricción de sección para el flujo de medicamento líquido.

En un noveno aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, en donde el cuerpo hueco define una parte de la ruta del medicamento líquido.

En un décimo aspecto de acuerdo con uno cualquiera de los dos aspectos anteriores, el cuerpo hueco incluye un cuerpo hueco delgado.

En un undécimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los tres aspectos anteriores, el cuerpo hueco está hecho de un material más rígido que el material de la línea de infusión. Alternativa o adicionalmente a los aspectos 9 a 11, el cuerpo hueco tiene un eje longitudinal que coincide con un eje longitudinal de la línea de infusión y una sección de paso circular más pequeña que una sección de paso de la línea de infusión.

En un duodécimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia está conectado directamente a una salida del elemento de conformidad.

En un décimo tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia comprende una aguja. De manera opcional, el elemento de resistencia incluye uno entre: una aguja de 16 G, una aguja de 18 G, una aguja de 20 G, una aguja de 22 G, una aguja de 24 G y una aguja de 27 G.

En un décimo cuarto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el set de infusión IV comprende, además, un segundo elemento de resistencia.

En un décimo quinto aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el segundo elemento de resistencia está dispuesto en la línea de infusión en dirección ascendente del elemento de conformidad con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente.

En un décimo sexto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el segundo elemento de resistencia comprende un segundo cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión para permitir el paso del medicamento líquido, en donde el segundo cuerpo hueco tiene una sección de paso de líquido más pequeña que una sección de paso de líquido de la línea de infusión que define una restricción de sección para el flujo de medicamento líquido.

En un décimo séptimo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, en donde el segundo cuerpo hueco define una parte de la ruta del medicamento líquido.

En un décimo octavo aspecto de acuerdo con uno cualquiera de los dos aspectos anteriores, el segundo cuerpo hueco incluye un cuerpo hueco delgado.

En un décimo noveno aspecto de acuerdo con cualquiera de los tres aspectos anteriores, el segundo cuerpo hueco está hecho de un material más rígido que el material de la línea de

infusión.

En un vigésimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el segundo elemento de resistencia está conectado directamente a una entrada del elemento de conformidad.

En un vigésimo primer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores en combinación con el aspecto 14, el segundo elemento de resistencia comprende una aguja. De manera opcional, el segundo elemento de resistencia incluye uno de: una aguja de 16 G, una aguja de 18 G, una aguja de 20 G, una aguja de 22 G, una aguja de 24 G y una aguja de 27 G.

En un vigésimo segundo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores en combinación con el aspecto 14, el segundo elemento de resistencia incluye un limitador de flujo.

En un vigésimo tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, la señal del paciente indica cualquiera de: una presión venosa periférica, la frecuencia cardíaca de un paciente, la frecuencia respiratoria de un paciente.

En un vigésimo cuarto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, la bomba es una bomba de desplazamiento positivo configurada para operar en la parte externa de una porción del tubo de la línea de infusión para transportar un medicamento líquido a lo largo de la dirección del flujo de líquido.

Opcionalmente, la bomba incluye una entre una bomba peristáltica y una bomba operada con el dedo.

En un vigésimo quinto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia está dispuesto en dirección descendente desde la bomba con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión desde la fuente de medicamento líquido hacia el acceso al paciente.

En un vigésimo sexto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el set de infusión IV comprende, además, un elemento de fijación colocado en correspondencia con el primer extremo de la línea de infusión, en donde la fuente de medicamento líquido comprende un recipiente, en donde el elemento de fijación está configurado para acoplar fluidamente la línea de infusión con el recipiente de medicamento líquido. De manera opcional, el contenedor incluye uno entre una bolsa y una botella.

En un vigésimo séptimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el set de

infusión IV comprende, además, un regulador de flujo configurado para restringir selectivamente un paso de flujo de líquido dentro de la línea de infusión, en donde dicho regulador de flujo está configurado para apretar progresivamente una parte de la línea de infusión, reduciendo así el paso de flujo de líquido. El regulador de flujo de líquido está configurado opcionalmente para apretar progresivamente una parte de la línea de infusión en función de la operación manual por parte del usuario.

En un vigésimo octavo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, la línea de infusión incluye un acoplamiento a presión configurado para acoplarse a y cooperar con el sensor para permitirle estimar la señal de presión.

En un vigésimo noveno aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el acoplamiento a presión comprende una membrana plana y elástica configurada para deformarse en función de la presión del líquido que fluye dentro de la línea de infusión.

En un trigésimo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el acoplamiento a presión comprende un cuerpo rígido que incluye un puerto de entrada para recibir una porción de tubo de entrada de la línea de infusión y un puerto de salida para recibir una porción de tubo de salida de la línea de infusión, en donde el cuerpo rígido define una carcasa interna dividida por la membrana plana y elástica dentro de una primera cámara en comunicación fluida con el puerto de entrada y salida y una segunda cámara de aire aislada de la primera cámara.

En un trigésimo primer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el sensor incluye un transductor para detectar un parámetro que indica una señal de presión a lo largo de la línea de infusión y proporcionar una función de señal eléctrica del parámetro detectado.

En un trigésimo segundo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el sensor incluye, además, un módulo de medición configurado para recibir la señal eléctrica del transductor y para determinar la señal de presión con base en la señal eléctrica.

En un trigésimo tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el sensor está acoplado a un puerto de inyección.

En un trigésimo cuarto aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el puerto de inyección comprende una primera sección en comunicación fluida con un volumen interno de la línea de infusión, una segunda sección que incluye un volumen externo, en donde el sensor está acoplado al volumen externo y configurado para generar una señal de presión secundaria con base en una presión en el volumen externo, y una membrana que separa la primera sección de

la segunda sección. La unidad de control está configurada para recibir la señal de presión secundaria y para determinar la señal de presión con base en la señal de presión secundaria.

En un trigésimo quinto aspecto de acuerdo con la invención, se proporciona una línea de infusión para medicamento líquido, la línea de infusión comprende al menos un primer extremo configurado para conectarse a una fuente de medicamento líquido, al menos un segundo extremo opuesto configurado para conectarse al acceso al paciente, en donde la línea de infusión define una ruta de medicamento líquido que se desarrolla desde el primer extremo de la línea de infusión hasta el acceso al paciente, un elemento de conformidad configurado para atenuar las variaciones de presión del medicamento líquido en la línea de infusión y un elemento de resistencia configurado para reflejar las ondas de presión que se mueven a lo largo del línea de infusión. Con base en una dirección del flujo de líquido del medicamento líquido a través de la línea de infusión desde el primer extremo hacia el segundo extremo, en donde el elemento de resistencia está dispuesto en posición descendente con respecto al elemento de conformidad y en posición ascendente con respecto al segundo extremo. Opcionalmente, la línea de infusión puede incluir una línea de infusión principal y/o una o más líneas de infusión auxiliares conectadas a una línea de infusión principal.

En un trigésimo sexto aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, la línea de infusión comprende, además, un sensor configurado para emitir una señal que indica una presión del medicamento líquido en la línea de infusión. El sensor está dispuesto en posición descendente con respecto al elemento de resistencia y en posición ascendente con respecto al segundo extremo.

En un trigésimo séptimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 o 36, el elemento de resistencia incluye un limitador de flujo para restringir el flujo de medicamento líquido a lo largo de la línea de infusión a través del elemento de resistencia.

En un trigésimo octavo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 37, el elemento de conformidad tiene un puerto de entrada y un puerto de salida para el medicamento líquido y define una parte de la ruta del medicamento líquido.

En un trigésimo noveno aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 38, en donde el elemento de conformidad comprende una cámara de goteo.

En un cuadragésimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 38, la línea de infusión comprende, además, una cámara de goteo adicional dispuesta en posición descendente del primer extremo con respecto a la dirección del flujo de líquido.

En un cuadragésimo primer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 40, el elemento de resistencia comprende un cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión para permitir el paso del medicamento líquido, en donde el cuerpo hueco tiene una sección de paso de líquido más pequeña que una sección de paso de líquido de la línea de infusión que define una restricción de sección para el flujo de medicamento líquido.

En un cuadragésimo segundo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el cuerpo hueco define una parte de la ruta del medicamento líquido.

En un cuadragésimo tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 41 o 42, el cuerpo hueco incluye un cuerpo hueco delgado.

En un cuadragésimo cuarto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 41 a 43, el cuerpo hueco está hecho de un material más rígido que el material de la línea de infusión.

En un cuadragésimo quinto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 44, el elemento de resistencia está conectado directamente a una salida del elemento de conformidad.

En un cuadragésimo sexto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 45, el elemento de resistencia comprende una aguja. De manera opcional, el elemento de resistencia incluye uno entre: una aguja de 16 G, una aguja de 18 G, una aguja de 20 G, una aguja de 22 G, una aguja de 24 G y una aguja de 27 G.

En un cuadragésimo séptimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 46, la línea de infusión comprende, además, un segundo elemento de resistencia.

En un cuadragésimo octavo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el segundo elemento de resistencia está dispuesto en la línea de infusión en dirección ascendente del elemento de conformidad con respecto a la dirección del flujo de líquido a lo largo de la línea de infusión.

En un cuadragésimo noveno aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 47 o 48, el segundo elemento de resistencia comprende un segundo cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión para permitir el paso del medicamento líquido, en donde el segundo cuerpo hueco tiene una sección de paso de líquido más pequeña que una sección de paso de líquido de la línea de infusión que define una restricción de sección para el flujo de medicamento líquido.

En un quincuagésimo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el segundo cuerpo hueco define una parte de la ruta del medicamento líquido.

En un quincuagésimo primer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 49 o 50, el cuerpo hueco incluye un cuerpo hueco delgado.

En un quincuagésimo segundo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 49 a 51, el segundo cuerpo hueco está hecho de un material más rígido que el material de la línea de infusión.

En un quincuagésimo tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 52, en combinación con el aspecto 47, el segundo elemento de resistencia está conectado directamente a una entrada del elemento de conformidad.

En un quincuagésimo cuarto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 53 en combinación con el aspecto 47, el segundo elemento de resistencia comprende una aguja. De manera opcional, el segundo elemento de resistencia incluye uno de: una aguja de 22 G y una aguja de 27 G.

En un quincuagésimo quinto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 54 en combinación con el aspecto 47, el segundo elemento de resistencia comprende un limitador de flujo.

En un quincuagésimo sexto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 55, la línea de infusión comprende, además, un elemento de fijación ubicado en correspondencia con el primer extremo de la línea de infusión, en donde el elemento de fijación está configurado para conectarse a una fuente de medicamento líquido que comprende un recipiente, en donde el elemento de fijación está configurado para acoplar fluidamente la línea de infusión con el recipiente de medicamento líquido. De manera opcional, el contenedor incluye uno entre una bolsa y una botella.

En un quincuagésimo séptimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 56, la línea de infusión comprende, además, un regulador de flujo configurado para restringir selectivamente un paso de flujo de líquido dentro de la línea de infusión, en donde dicho regulador de flujo está configurado para apretar progresivamente una parte de la línea de infusión, reduciendo así el paso de flujo de líquido. El regulador de flujo de líquido está configurado opcionalmente para apretar progresivamente una parte de la línea de infusión en función de la operación manual por parte del usuario.

En un quincuagésimo octavo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 56, en combinación con el aspecto 36, la línea de infusión incluye un acoplamiento a presión

configurado para acoplarse a y cooperar con el sensor para permitirle estimar la señal de presión.

En un quincuagésimo noveno aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el acoplamiento a presión comprende una membrana plana y elástica configurada para deformarse en función de la presión del líquido que fluye dentro de la línea de infusión.

En un sexagésimo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el acoplamiento a presión comprende un cuerpo rígido que incluye un puerto de entrada para recibir una porción de tubo de entrada de la línea de infusión y un puerto de salida para recibir una porción de tubo de salida de la línea de infusión, en donde el cuerpo rígido define una carcasa interna dividida por la membrana plana y elástica dentro de una primera cámara en comunicación fluida con el puerto de entrada y salida y una segunda cámara de aire aislada de la primera cámara.

En un sexagésimo primer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 60, en combinación con el aspecto 36, el sensor incluye un transductor para detectar un parámetro que indica una señal de presión a lo largo de la línea de infusión y proporcionar una función de señal eléctrica del parámetro detectado.

En un sexagésimo segundo aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el sensor incluye, además, un módulo de medición configurado para recibir la señal eléctrica del transductor y para determinar la señal de presión con base en la señal eléctrica.

En un sexagésimo tercer aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos 35 a 62 en combinación con el aspecto 36, el sensor está acoplado a un puerto de inyección.

En un sexagésimo cuarto aspecto de acuerdo con el aspecto anterior, el puerto de inyección comprende una primera sección en comunicación fluida con un volumen interno de la línea de infusión, una segunda sección que incluye un volumen externo, en donde el sensor está acoplado al volumen externo y está configurado para generar una señal de presión secundaria con base en una presión en el volumen externo, y una membrana que separa la primera sección de la segunda sección. La unidad de control está configurada para recibir la señal de presión secundaria y para determinar la señal de presión con base en la señal de presión secundaria.

En un sexagésimo quinto aspecto independiente de acuerdo con la invención, se proporciona un proceso para detectar la presión de un medicamento líquido en un set de infusión IV, en donde el set de infusión IV se realiza de acuerdo con cualquiera de los aspectos 1 a 34 (incluyendo los aspectos intermedios), en donde el proceso comprende controlar, mediante la unidad de control,

la bomba para transportar medicamento líquido a lo largo de la línea de infusión en la dirección del flujo de líquido, recibir la señal de presión del sensor, determinando, mediante la unidad de control, la señal del paciente que indica un signo vital del paciente con base en la señal de presión.

En un sexagésimo sexto aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, la línea de infusión está hecha de un material flexible (o incluye porciones hechas de material flexible).

En un sexagésimo séptimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, la línea de infusión está hecha de un material plástico flexible y/o compresible.

En un sexagésimo octavo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia (130, 130-1, 130a, 130a-1) comprende un cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión (200) para permitir el paso del medicamento líquido, en donde la línea de infusión tiene una sección transversal de paso de líquidos sustancialmente circular y el cuerpo hueco tiene una sección transversal de paso de líquidos más pequeña que la sección transversal de paso de líquidos de la línea de infusión (200) que define una restricción de sección para el flujo de medicamento líquido, en donde el cuerpo hueco define una porción alargada de la ruta del medicamento líquido.

En un sexagésimo noveno aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, el elemento de resistencia (130, 130-1, 130a, 130a-1) comprende un cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión (200) con un pasaje de líquidos alargado para permitir el paso del medicamento líquido, en donde el cuerpo hueco recibe líquido de una porción de la línea de infusión, transporta el líquido a lo largo del pasaje de líquidos alargado y entrega líquidos a una porción subsiguiente de la línea de infusión, al menos una entrada de, y preferiblemente todo, el pasaje de líquidos alargado que tiene una sección transversal de paso de líquidos más pequeña que una sección transversal de paso de líquidos de la línea de infusión (200).

En un septuagésimo aspecto de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, la línea de infusión es (sustancialmente o al menos parcialmente) transparente.

Otras características y ventajas de la presente invención surgirán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de al menos una realización de la invención, ilustrada a modo de ejemplo no limitativo en las figuras adjuntas de los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, sigue la descripción, que hace referencia a las figuras adjuntas, proporcionadas a modo de ejemplo no limitativo, en las que:

La figura 1A muestra esquemáticamente un primer set de infusión IV conocido;

La figura 1B muestra esquemáticamente un segundo set de infusión IV conocido que incluye una línea de infusión principal y una línea de infusión auxiliar;

La Figura 2 muestra esquemáticamente un set de infusión IV conocido e ilustra los efectos que pueden ocurrir durante la medición de la presión de la línea en una línea de infusión IV de acuerdo con los dibujos del arte previo;

La Figura 2A muestra un diagrama que ilustra la frecuencia/amplitud para diferentes velocidades de flujo;

La Figura 2B muestra un diagrama que ilustra la frecuencia/amplitud para diferentes velocidades de flujo;

La Figura 3 muestra esquemáticamente un set de infusión IV conocido e ilustra los efectos que pueden ocurrir durante la medición de la presión de la línea en una línea de infusión IV de acuerdo con los dibujos del arte previo;

La Figura 3A muestra un diagrama que ilustra la frecuencia/amplitud que ocurre en los sets de infusión IV con y sin cámara de goteo;

La Figura 3B muestra varios diagramas, respectivamente, que ilustran ejemplos de señales que indican la presión de la bomba y la presión venosa del paciente;

Las Figuras 3C y 3D muestran dibujos del arte previo para colocar un sensor en una línea de infusión IV;

La Figura 3E muestra esquemáticamente la ubicación de un sensor configurado para medir la presión de un líquido en una línea de infusión IV de acuerdo con las realizaciones de la presente invención;

La Figura 4 muestra esquemáticamente un set de infusión IV de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

La Figura 4A muestra un diagrama que aparece en el arte previo IV que ilustra sets de infusión de frecuencia/amplitud comparados con los sets de infusión IV de acuerdo con la presente

invención;

La Figura 4B muestra un diagrama que ilustra los sets de infusión de frecuencia/amplitud 10 que aparecen en el arte previo IV comparados con los sets de infusión IV de acuerdo con la presente invención;

La Figura 4C muestra un diagrama que ilustra la relación flujo/amplitud de la bomba que ocurre en los sets de infusión IV de acuerdo con la presente invención comparados con un set de infusión IV de acuerdo con los dibujos del arte previo;

La Figura 4D muestra un diagrama que ilustra la relación flujo/amplitud de la bomba que ocurre en los sets de infusión IV de acuerdo con la presente invención comparados con un set de infusión IV de acuerdo con los dibujos del arte previo;

La figura 4E muestra esquemáticamente un set de infusión IV de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

La figura 5 muestra esquemáticamente un set de infusión IV de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;

La figura 5A muestra esquemáticamente un set de infusión IV de acuerdo con la segunda realización de la presente invención;

La figura 6 muestra esquemáticamente un tercer set de infusión IV conocido que tiene una línea de infusión principal y una línea de infusión auxiliar;

La figura 6A muestra un diagrama que ilustra la frecuencia/amplitud para señales medidas en el tercer set de infusión IV conocido de la figura 6;

La figura 6B muestra un diagrama que ilustra la presión/tiempo para señales medidas en el tercer set de infusión IV conocido de la figura 6;

La figura 7 muestra esquemáticamente un set de infusión IV de acuerdo con una tercera realización de la presente invención;

La Figura 7A muestra un diagrama que ilustra la frecuencia/amplitud, por ejemplo, señales medidas en el set de infusión IV de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

La Figura 7B muestra un diagrama que ilustra la presión/tiempo, por ejemplo, señales medidas en el set de infusión IV de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

La figura 8 muestra esquemáticamente un set de infusión IV de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención; y

La figura 9 ilustra un proceso para determinar los signos vitales de un paciente de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

La figura 1A muestra esquemáticamente un primer set de infusión IV 10 conocido. El set de infusión IV 10 incluye una fuente 40 de medicamento líquido, una cámara de goteo 150, un aparato de infusión 60 que incluye una bomba de infusión 62, una línea de infusión 200 que incluye una línea de infusión principal 100 y un acceso al paciente 80. El acceso al paciente 80 usualmente comprende una cánula configurada para proporcionar acceso al sistema cardiovascular 86 de un paciente.

De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, una línea de infusión 200 puede incluir una línea de infusión principal 100 y, opcionalmente, una o más líneas de infusión auxiliares 100a. Por lo tanto, se entiende que el término “línea de infusión 200” abarca todas las combinaciones que incluyen solamente una línea de infusión principal 100 y todas las combinaciones de una línea de infusión principal 100 con una o más líneas de infusión auxiliares 100a. Por ejemplo, un conjunto de una línea de infusión principal 100 combinada con tres líneas de infusión auxiliares 100a puede, por lo tanto, denominarse colectivamente como “línea de infusión 200”.

Durante la operación del aparato de infusión 60, se suministra medicamento líquido desde la fuente 40 de medicamento líquido a través de la línea de infusión principal 100 hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando una bomba 62, por ejemplo, una bomba peristáltica, usualmente integrada en el aparato de infusión 60. La línea de infusión principal 100 puede proporcionarse, por ejemplo, en la posición PL, con un sensor de presión 102 configurado para detectar una presión de líquido presente dentro de la línea de infusión principal 100.

La Figura 1A ilustra, además, efectos que generalmente ocurren durante la operación del set de infusión IV 10. El diagrama 62' ilustra una señal de presión que típicamente se puede observar en posición descendente con respecto a la bomba, por ejemplo, en la posición PB (indicada como “PB” para “presión de la bomba”) en la línea de infusión principal 100. En la posición PB, una señal de presión tomada de un sensor de presión puede corresponder generalmente a la señal ilustrada en el diagrama 62'. La señal de presión mostrada en el diagrama 62' indica la

presión en la línea de infusión principal 100 en la posición PB y puede sufrir interrupciones causadas por la operación de la bomba 62 en posición ascendente o aproximadamente en la posición PB.

La presión venosa del paciente (PVP) está presente en el sistema cardiovascular 86 de un paciente. Un ejemplo de señal que indica la PVP se ilustra en el diagrama 82'. Se desea medir la PVP dentro de la línea de infusión principal 100, por ejemplo, en la posición PL (denotada como "PL" para "presión de línea"). Sin embargo, la señal de presión efectiva que se puede obtener en la posición PL generalmente se ve afectada tanto por las interrupciones causadas por la bomba (como se muestra en el diagrama 62') como por la propagación en dirección descendente desde la posición PB hacia la posición PL, así como por la señal real de PVP presente dentro del sistema cardiovascular 86 de un paciente y la propagación en dirección ascendente desde el acceso 80 del paciente hacia la posición LP. Los términos "ascendente (*upstream*)" y "descendente (*downstream*)" se definen por una dirección del flujo de líquido del medicamento líquido durante la operación del aparato de infusión 60, es decir, generalmente desde la fuente 40 de medicamento líquido hacia el acceso al paciente 80.

La figura 1B muestra esquemáticamente un segundo set de infusión IV 10' conocido que tiene una línea de infusión 200 que incluye una línea de infusión principal 100 y una línea de infusión auxiliar 100a. El set de infusión IV 10' incluye, en la línea de infusión principal 100, una fuente 40 de medicamento líquido, una cámara de goteo 150, un aparato de infusión 60 que incluye una bomba de infusión 62 y un acceso al paciente 80. El acceso al paciente 80 usualmente comprende una cánula configurada para proporcionar acceso al sistema cardiovascular 86 de un paciente. El set de infusión IV 10' incluye, además, en una línea de infusión auxiliar 100a, una fuente auxiliar 40a de medicamento líquido, una cámara de goteo auxiliar 150a y un aparato de infusión auxiliar 60a que incluye una bomba de infusión auxiliar 62a. La línea de infusión auxiliar 100a está conectada a la línea de infusión principal 100 mediante un conector de línea de infusión 100c (por ejemplo, un conector Luer), en donde la conexión se realiza a lo largo de la línea de infusión principal 100 entre el acceso al paciente 80 y la bomba de infusión 62, usualmente cerca del acceso al paciente 80.

Durante la operación de los aparatos de infusión 60 y/o 60a, se suministra medicamento líquido desde una o las dos fuentes 40 y 40a de medicamento líquido a través de la línea de infusión principal 100 y/o la línea de infusión auxiliar 100a hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando bombas 62 y/o 62a (p. Ej. una o ambas, incluyendo una bomba peristáltica), usualmente

integradas en los aparatos de infusión 60 y/o 60a. Similar a la línea de infusión principal 100, se puede proporcionar una línea de infusión auxiliar 100a, por ejemplo, en la posición PLa, con un sensor de presión 102a configurado para detectar una presión de líquido presente dentro de la línea de infusión 100a.

La Figura 1B ilustra, además, efectos que generalmente ocurren durante la operación del set de infusión IV 10'. Los diagramas 62' y 62a' ilustran señales de presión correspondientes que típicamente se pueden observar en posición descendente con respecto a las bombas 62 y 62a respectivas, por ejemplo, en las posiciones PB (indicada como "PB" para "presión de la bomba") y PBa (indicada como "PBa" para "presión de bomba auxiliar") en las líneas de infusión principal/auxiliar 100 y 100a. En la posición PB, una señal de presión tomada de un sensor de presión puede corresponder generalmente a la señal ilustrada en el diagrama 62'. La señal de presión mostrada en el diagrama 62' indica la presión en la línea de infusión principal 100 en la posición PB y puede sufrir interrupciones causadas por la operación de la bomba 62 en posición ascendente o aproximadamente en la posición PB. Similarmente, en la posición PBa, una señal de presión tomada de un sensor de presión puede corresponder generalmente a la señal ilustrada en el diagrama 62a'. La señal de presión mostrada en el diagrama 62a' indica la presión en la línea de infusión auxiliar 100a en la posición PBa y, similarmente, puede sufrir interrupciones causadas por la operación de la bomba 62a en posición ascendente con respecto a o aproximadamente en la posición PBa.

Nuevamente, un ejemplo de señal que indica la PVP se ilustra en el diagrama 82'. Tal como se describe arriba con respecto a la Figura 1A, se desea medir la PVP dentro de la línea de infusión principal 100, por ejemplo, en la posición PL (denotada como "PL" para "presión de línea") o dentro de la línea de infusión auxiliar 100a, por ejemplo, en la posición PLa (denotada como "PLa" para "presión de línea auxiliar"). Sin embargo, la señal de presión efectiva que se puede obtener en las posiciones PL y/o PLa generalmente se ve afectada tanto por las interrupciones causadas por las bombas 62 y/o 62a (como se muestra en los diagramas 62' y 62a') como por la propagación en dirección descendente desde la posición PB y/o PBa, respectivamente, hacia la posición PL y/o PLa, respectivamente, así como por la señal real de PVP presente dentro del sistema cardiovascular 86 de un paciente y la propagación en dirección ascendente desde el acceso 80 del paciente hacia las posiciones PL y PLa. Los términos "ascendente (*upstream*)" y "descendente (*downstream*)" se definen tal como se describe arriba. En el caso de la línea de infusión auxiliar 100a, estos términos se definen por una dirección del flujo de líquido del medicamento líquido durante la operación del aparato de infusión auxiliar 60a, es decir, generalmente desde la fuente auxiliar 40a de medicamento líquido hacia el acceso al paciente

La Figura 2 muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-10 conocido e ilustra los efectos que pueden ocurrir durante la medición de la presión de la línea PL en una línea de infusión principal 100 de acuerdo con los dibujos del arte previo. Para fines ilustrativos, en la figura 2 se ilustran varias posiciones PL1, PL2 o PL3. En cualquiera de estas posiciones PL1, PL2 o PL3, se podría colocar un sensor de presión 102-1, 102-2 o 102-3 para medir la PL en una de sus posiciones. La razón para seleccionar diferentes posiciones, por ejemplo, las posiciones PL1, PL2 o PL3 tal como se muestra en la figura 2, u otras posiciones, es que varios factores afectan la calidad de las mediciones de presión potencial a lo largo de la línea de infusión principal 100.

Por ejemplo, la conformidad de la línea de infusión principal 100 como tal influye en la forma en que tanto el espectro de amplitud de señal de la bomba como la PVP se propagan a través de la línea de infusión principal 100. Adicionalmente, pueden producirse reflexiones de ondas de presión en varios componentes, por ejemplo, en el aparato de infusión 60 y/o en el acceso al paciente 80. Tales reflexiones pueden amplificar el espectro de amplitud de la señal de la bomba y/o introducir artefactos que potencialmente deterioren la señal de presión que se va a medir. Además, el espectro de amplitud de la señal de la bomba depende en gran medida de la velocidad de operación de la bomba 62 y puede mostrar resonancias en una pluralidad de frecuencias. Estas resonancias también pueden depender de la conformidad de la línea de infusión principal 100. Adicionalmente, las ondas de presión transmitidas a lo largo de la línea de infusión principal 100 pueden, dependiendo de su frecuencia y/o amplitud, amplificarse o cancelarse entre sí. Existen varios efectos adicionales, de modo que la medición de la PVP en cualquiera de las posiciones PL1, PL2 o PL3 puede o no producir una señal con calidad suficiente para obtener de manera confiable una señal que indica PVP a partir de ella. La identificación de una posición adecuada para medir la PVP es, por lo tanto, típicamente compleja, propensa a los errores, y/o no reproducible de manera fiable.

Por lo general, las ondas de presión pierden energía mientras se propagan a lo largo de la línea de infusión principal 100. Esto se ilustra en la figura 2 con las flechas 62" y 82". Las ondas de presión causadas por la bomba 62, por ejemplo, viajan en dirección descendente a lo largo de la línea de infusión principal 100, es decir, en la dirección 62", y la amplitud de estas ondas de presión disminuye, entre otras cosas, dependiendo de las propiedades de atenuación de la línea de infusión principal 100. De manera similar, las ondas de presión que se originan en el sistema cardiovascular de un paciente viajan en dirección ascendente a lo largo de la línea de infusión principal 100, es decir, en la dirección 82", y la amplitud de estas ondas de presión disminuye a lo

largo de la línea de infusión principal 100.

Sin embargo, debido a los muchos factores descritos anteriormente, no es suficiente mover la posición PL tanto como sea posible en la dirección del acceso al paciente 80, por ejemplo, a la posición PL-3, para obtener una señal de presión de calidad suficiente. Como tal, la ubicación de un sensor para obtener una señal de presión que indica la PVP sigue siendo problemática.

La Figura 2A muestra un diagrama 220 que ilustra la frecuencia/amplitud para diferentes velocidades de flujo. Los gráficos ilustrados en la figura 2A representan los espectros de amplitud de señal respectivos (derivados de las transformaciones rápidas de Fourier (FFT)) de una señal que indica la presión de la bomba, en donde la señal incluye el espectro de amplitud de la señal de la bomba, medido en una línea de líquido en la que opera la bomba 62. Las mediciones se realizaron con base en un set de infusión IV correspondiente al set de infusión IV 10-10 como se muestra esquemáticamente en la Figura 2 y en gran parte correspondiente al set de infusión IV 10 como se muestra esquemáticamente en la Figura 1A. Se usó agua como el medicamento líquido y el sensor utilizado para realizar las mediciones fue un sensor UC3-E1JABCCBGA1G disponible en Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG, Alemania.

Tal como se mencionó arriba, el espectro de amplitud de la señal de la bomba depende en gran medida de la velocidad de operación de la bomba 62 y puede mostrar resonancias en una pluralidad de frecuencias. Dichas resonancias se ilustran en el diagrama 220 mostrado en la Figura 2A. El diagrama 220 muestra varios gráficos que indican las respectivas amplitudes de la señal de presión de la bomba a diferentes velocidades de flujo de bomba, a saber, a 5 ml/h, a 20 ml/h, a 60 ml/h, a 100 ml/h, y a 300 ml/h. Las amplitudes particularmente potentes se producen por debajo de 5 Hz (a 300 ml/h) y alrededor de 20 Hz (a 60 ml/h).

Generalmente, el comportamiento de la bomba 62 se puede dividir aproximadamente en 3 bandas de flujo de infusión. La primera banda varía de 0 ml/h a 60 ml/h y resulta en frecuencias principalmente entre 12 Hz y 50 Hz. La segunda banda varía de 60 ml/h a 200 ml/h y resulta en frecuencias principalmente entre 0 Hz y 6 Hz, así como entre 12 Hz y 50 Hz. La segunda banda, por lo tanto, muestra un comportamiento mixto. La tercera banda incluye un flujo de líquido superior a 200 ml/h y resulta en frecuencias principalmente entre 0 Hz y 6 Hz.

La Figura 2B muestra un diagrama 222 que ilustra la frecuencia/amplitud para diferentes velocidades de flujo. El diagrama 222 ilustra la amplitud de la señal de presión de la bomba en una banda de frecuencia más estrecha (por ejemplo, por debajo de 8 Hz). La frecuencia de los signos vitales del paciente, por ejemplo, el latido del corazón de un paciente, generalmente se

observa a frecuencias de aproximadamente 1 Hz. Por lo tanto, la banda de frecuencia mostrada en la figura 2B es de particular interés. Nuevamente, se puede ver que, especialmente para las velocidades de flujo más altas (por ejemplo, de 10 ml/h o superiores), el espectro de señal de la bomba tiene un pico a frecuencias de, por ejemplo, alrededor de 1 Hz y alrededor de 3 Hz. Por consiguiente, las mediciones de los signos vitales del paciente son cada vez más difíciles de tomar a velocidades de flujo tan altas.

La Figura 3 muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-20 conocido e ilustra los efectos que pueden ocurrir durante la medición de la presión de la línea en una línea de infusión IV de acuerdo con los dibujos del arte previo. La estructura general del set de infusión IV 10-20 es en gran medida idéntica a la del set de infusión IV 10-10 tal como se muestra en la figura 2. Sin embargo, se ha agregado un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) a la línea de infusión principal 100 del set de infusión IV 10-20 en dirección ascendente desde una posición PL en la que se mide la presión de la línea PL (o en dirección descendente desde la bomba 62).

También en el set de infusión IV 10-20, las ondas de presión típicamente pierden energía mientras se propagan a lo largo de la línea de infusión principal 100 tal como se describió anteriormente con respecto a la figura 2. Por tanto, esto también se ilustra en la figura 3 con las flechas 62" y 82". Las ondas de presión causadas por la bomba 62, por ejemplo, viajan en dirección descendente a lo largo de la línea de infusión principal 100, es decir, en la dirección 62", y la amplitud de estas ondas de presión disminuye, entre otras cosas, dependiendo de las propiedades de atenuación de la línea de infusión principal 100. De manera similar, las ondas de presión que se originan en el sistema cardiovascular de un paciente viajan en dirección ascendente a lo largo de la línea de infusión principal 100, es decir, en la dirección 82", y la amplitud de estas ondas de presión disminuye a lo largo de la línea de infusión principal 100.

La cámara de goteo dispuesta en posición ascendente PL, actúa como un elemento de conformidad 120, amortiguando o atenuando efectivamente la presión que se propaga a lo largo de la línea de infusión principal 100. Sin embargo, el elemento de conformidad 120 no solo atenúa la presión que se propaga en dirección descendente, por ejemplo, componentes del espectro de señal de bomba no deseados, sino también la presión que se propaga en dirección ascendente, por ejemplo, la PVP. Este efecto se ilustra en los diagramas que se muestran en las figuras 3A y 3B.

La Figura 3A muestra un diagrama 230 que ilustra la frecuencia/amplitud que ocurre en los sets de infusión IV con (set de infusión IV 10-20) y sin (set de infusión IV 10-20) cámara de goteo. El

diagrama 230 muestra el espectro de frecuencia de una señal de presión de la bomba, en el que el gráfico 202' ilustra el espectro de frecuencia para un set de infusión IV 10-10 sin un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, sin una cámara de goteo) y en el que el gráfico 204' ilustra el espectro de frecuencia para un set de infusión IV 10-20 provisto de un elemento de conformidad 120. En el ejemplo mostrado, la bomba 62 era operada a una velocidad de 100 ml/h. Como se puede ver en los gráficos 202' y 204', el elemento de conformidad 120 prácticamente elimina las frecuencias superiores a 10 Hz y reduce sustancialmente las frecuencias inferiores a 10 Hz. Este es un comportamiento deseado en términos de reducir los componentes no deseados del espectro de señal de la bomba con respecto a mejorar la relación señal/ruido.

La Figura 3B muestra varios diagramas 232, 233, 234 y 235, respectivamente, que ilustran ejemplos de señales que indican la presión de la bomba y la presión venosa del paciente (señales 64', 66', 84' y 86'). Los diagramas 232, 233, 234 y 235 muestran una presión absoluta (mmHg) en los ejes verticales y el tiempo (segundos) en los ejes horizontales. Se observa que los diagramas 232 y 234, así como los diagramas 233 y 235, muestran diferentes rangos de presión (por ejemplo, aproximadamente -20 mmHg a aproximadamente 30 mmHg en el diagrama 232 comparados con aproximadamente -1 mmHg a aproximadamente 7 mmHg en el diagrama 234).

Los diagramas 232 y 233 muestran señales adquiridas con base en un set de infusión IV 10-10 sin un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo). Los diagramas 234 y 235 muestran señales adquiridas con base en un set de infusión IV 10-20 provistos de un elemento de conformidad 120. En ambos ejemplos, la bomba 62 era operada a una velocidad de 60 ml/h.

En el diagrama 232 se puede ver que la señal 64' contiene regiones 64p que exhiben componentes sustanciales del espectro de señal de la bomba a medida que la actividad de la bomba 62 se manifiesta en forma de aumentos de amplitud regularmente recurrentes (ver regiones 64p). Dentro de dichas regiones 64p, los componentes del espectro de señal de la bomba típicamente alcanzan su punto máximo, por ejemplo, en o alrededor de las posiciones 65.

El diagrama 233 ilustra una señal 84' que se ha obtenido aplicando un filtro de paso bajo de 3 Hz a la señal 64' que se muestra en el diagrama 232. Como se puede ver, la señal 84' contiene componentes de espectro de señal de bomba mucho menos indeseados, pero aún contiene, a modo de ejemplo, dos picos causados por la operación de la bomba 62. Aparentemente, por lo tanto, porciones sustanciales de componentes de espectro de señal de bomba no deseados ocurren a frecuencias superiores a 3 Hz. Adicionalmente, la señal 84' muestra una serie de picos

85 que indican los pulsos cardíacos correspondientes.

Como se puede ver en el diagrama 234, en el ejemplo, la presencia de un elemento de conformidad 120 resulta en que la señal 66' se atenúe significativamente, aproximadamente por un factor de 8 (ver diferentes rangos de presión en los diagramas 232 y 234). La señal ejemplar 66' también exhibe dos picos en o alrededor de las posiciones 67, indicando la operación de la bomba. Sin embargo, la señal general 86' parece estar sustancialmente atenuada y los picos parecen menos pronunciados.

Una vez más, el diagrama 235 muestra una señal 86' obtenida mediante la aplicación de un filtro de paso bajo de 3 Hz a la señal 66'. Como se puede ver en el diagrama 235, la señal resultante 86' no solo se atenúa, sino que la mayoría de los picos 85 claramente visibles anteriormente (ver diagrama 233) han desaparecido, aunque los picos que indican la operación de la bomba todavía se pueden distinguir claramente en o alrededor de los mismos puntos en el tiempo que los de las posiciones 67 en el diagrama 234 (ver, aproximadamente, a los 312 segundos y a los 328 segundos, respectivamente).

Los diagramas mostrados en la figura 3B, por lo tanto, demuestran que un elemento de conformidad 120 presente en un set de infusión IV como el set de infusión IV 10-20 (ver figura 3) no solo atenúa los componentes del espectro de señal de la bomba no deseados, sino que también contribuye a un deterioro significativo y no deseado de la señal de PVP. Por tanto, la relación de amplitud es más favorable para la detección de la señal cardíaca con base en la PVP medida, si un elemento de conformidad 120 no está presente en el set de infusión IV.

Las Figuras 3C y 3D muestran algunos diseños recientemente propuestos para colocar un sensor 102, 102a en una línea de infusión 100, 100a. Lo que se muestra en las figuras 3C a 3E es aplicable a las líneas de infusión en general, por ejemplo, las líneas de infusión 100 y 100a, y a los sensores en general, por ejemplo, los sensores 102 y 102a, aunque las figuras muestran un ejemplo basado en la línea 100 y el sensor 102. Se entiende que los ejemplos son aplicables a cualquier línea de infusión y a los sensores descritos aquí. La Figura 3C muestra un sensor 102 conectado directamente a una línea de infusión IV 100. La presión interna en la línea de infusión 100 puede detectarse midiendo una propiedad física de la línea durante la operación y determinando la presión interna con base en dicha propiedad física. En algunos ejemplos, la propiedad física incluye una fuerza ejercida por el líquido que fluye a través de la línea de infusión 100 sobre una superficie interna del tubo, lo que resulta en la transmisión de presión a una superficie externa del tubo, donde la presión (por ejemplo, causada por la deformación del tubo) puede medirse con un sensor sensible a la presión. Los sensores sensibles a la presión

incluyen, por ejemplo, sensores piezoeléctricos u otros sensores sensibles a la fuerza. En otros ejemplos, la propiedad física incluye vibraciones ejercidas por el líquido que fluye a través de la línea de infusión 100 sobre una superficie interna del tubo, lo que resulta en la transmisión de vibraciones a una superficie externa del tubo, donde las vibraciones (por ejemplo, causadas por la deformación y/o el movimiento del tubo) pueden medirse con un sensor sensible a la presión. Los sensores sensibles a la vibración incluyen, por ejemplo, sensores a base de micrófonos o sensores a base de acelerómetros (por ejemplo, sensores basados en sistemas microelectromecánicos o MEMS).

La figura 3D muestra un sensor 102 conectado a una línea de infusión IV 100 a través de una membrana de acoplamiento o una membrana POD. La presión interna en la línea de infusión 100 puede detectarse midiendo una propiedad física de la línea durante la operación y determinando la presión interna con base en dicha propiedad física. En este ejemplo, la propiedad física incluye la deformación deseada de la línea de infusión IV 100, que se transmite a una superficie o membrana plana y elástica. En el caso de una membrana POD, la membrana puede ser parte de una pequeña cámara 102c a la que se puede acoplar un sensor sensible a la presión. En otros casos, podría acoplarse un sensor sensible a la presión directamente a la membrana. Por lo tanto, la presión interna de un líquido que fluye a través de la línea de infusión IV 100 puede medirse con base en una presión ejercida y transmitida por la membrana. En el caso de una disposición de sensor basada en POD, la presión se transmite, además, a la cámara pequeña, cuya presión interna puede medirse mediante un sensor sensible a la presión correspondiente acoplado a la cámara pequeña. A la izquierda de la figura 3D, se muestra una representación esquemática de un sensor 102 conectado a una línea de infusión 100, mientras que, a la derecha, se muestra un ejemplo concreto de un POD de presión que incluye una cámara 102c y una membrana 102m.

La Figura 3E muestra esquemáticamente la ubicación de un sensor 102 configurado para medir la presión de un líquido en una línea de infusión IV 100 de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. A diferencia de las disposiciones del sensor descritas en relación con las figuras 3C y 3D, la disposición mostrada en la figura 3E se basa en acoplar un sensor a un puerto de inyección 102p, tal y como se puede encontrar típicamente en las líneas de infusión IV 100. Para medir una presión interna de fluido que fluye a través de la línea de infusión IV 100, una membrana 102m posicionada en el puerto de inyección 102p separa una primera sección del puerto de inyección 102p, que está en comunicación fluida con un volumen interno dentro de la línea de infusión IV 100 desde una segunda sección que define un volumen externo (por ejemplo, que contiene aire).

Una presión interna de líquido que fluye a través de la línea de infusión IV 100 ejerce una presión correspondiente sobre la membrana 102m, que a su vez transmite la presión a la segunda sección del puerto de inyección 102p. Un sensor sensible a la presión 102 acoplado a la segunda sección (por ejemplo, acoplado al volumen externo de aire) puede, por lo tanto, determinar la presión interna del líquido que fluye a través de la línea de infusión IV 100 con base en una presión dentro del volumen externo. La disposición del sensor que se muestra en la figura 3E puede implicar la ventaja de que se puede usar un puerto de inyección para determinar una presión interna de líquido que fluye a través de la línea de infusión IV 100, sin requerir componentes adicionales (por ejemplo, como se describe con respecto a las figuras 3C y/o 3D).

La Figura 4 muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-21 de acuerdo con una primera realización de la presente invención. La estructura general del set de infusión IV 10-21 es en gran medida idéntica a la del set de infusión IV 10-20 tal como se muestra en la figura 3. Sin embargo, se ha agregado un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) a la línea de infusión principal 100 del set de infusión IV 10-21 en dirección ascendente desde una posición PL en la que se mide la presión de la línea PL (o en dirección descendente desde la bomba 62). Adicionalmente, se ha agregado un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja de 16 G a 27 G) a la línea de infusión principal 100 del set de infusión IV 10-21 en dirección ascendente de la posición PL en la que se mide la presión de línea PL y en dirección descendente del elemento de conformidad 120. El elemento de conformidad 120 y el elemento de resistencia 130, combinados, pueden denominarse colectivamente como un elemento de amortiguación (véase, por ejemplo, los elementos de amortiguación 140, 140a en las figuras 7 y 8). Este documento describe varias combinaciones posibles de un elemento de conformidad (por ejemplo, el elemento de conformidad 120) con uno o más elementos de resistencia (por ejemplo, los elementos de resistencia 130, 130-1). Siempre que se haga referencia a un elemento de amortiguación 140 y 140a, cualquiera de las diferentes combinaciones de elementos de conformidad y resistencia son aplicables. Sin embargo, por lo general, el elemento de amortiguación incluye al menos un elemento de conformidad 120 en dirección ascendente y un elemento de resistencia 130 en dirección descendente. Se observa que los dibujos pueden mostrar elementos separados (por ejemplo, 120, 130, 130-1; ver, por ejemplo, las figuras 4, 5), o un elemento combinado (por ejemplo, 140, 140a; ver, por ejemplo, las figuras 7, 8).

Se observa que, en todas las realizaciones y, cuando corresponde, un elemento de conformidad de un elemento de amortiguación 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar 100a puede denominarse elemento de conformidad 120a (por ejemplo, para distinguirlo de otro elemento de conformidad 120 no dispuesto en la línea de infusión auxiliar 100a). Similarmente, un elemento

de resistencia de un elemento de amortiguación 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar 100a puede denominarse elemento de resistencia 130a 130a-1 (por ejemplo, para distinguirlo de otro elemento de resistencia 130 o 130-1 no dispuesto en la línea de infusión auxiliar 100a).

Tal como se describe anteriormente, y también con respecto al set de infusión IV 10-21, las ondas de presión pierden energía mientras se propagan a lo largo de la línea de infusión principal 100, tal como se describió anteriormente con respecto a las figuras 2 y 3. Esto también se ilustra en la figura 4 con las flechas 62" y 82".

El elemento de conformidad 120 dispuesto en posición ascendente PL, amortigua o atenúa la presión que se propaga a lo largo de la línea de infusión principal 100. Adicionalmente, el elemento de resistencia 130 refleja la presión que se propaga a lo largo de la línea de infusión principal 100, actuando así efectivamente como un amplificador de dicha presión. Por consiguiente, el elemento de conformidad 120 y el elemento de resistencia 130, combinados, sirven para reducir los componentes del espectro de señal de la bomba no deseados y para amplificar la PVP con respecto a la posición PL. Las figuras 4A a 4D muestran los efectos correspondientes sobre las señales medidas.

El elemento de resistencia 130 puede incluir un cuerpo hueco interpuesto a lo largo de la línea de infusión principal 100. El cuerpo hueco está configurado para permitir el paso del medicamento líquido y tiene una sección de paso de líquido más pequeña que una sección de paso de líquido de la línea de infusión principal 100. Por tanto, el cuerpo hueco define una restricción de sección para el flujo de medicamento líquido. El cuerpo hueco puede, además, definir una porción de una vía de medicamento líquido que se desarrolla desde el primer extremo de la línea de infusión hasta el acceso al paciente. En algunas realizaciones, el cuerpo hueco incluye un cuerpo delgado y hueco. El cuerpo hueco puede estar hecho de un material más rígido que el material de la línea de infusión principal 100. En algunas realizaciones, el elemento de resistencia 130 puede conectarse directamente a una salida del elemento de conformidad 120. El elemento de resistencia 130 puede incluir una aguja, por ejemplo, cualquiera entre una aguja de 16 G, una aguja de 18 G, una aguja de 20 G, una aguja de 22 G, una aguja de 24 G o una aguja de 27 G, dependiendo de las propiedades de resistencia deseadas y/o una velocidad de flujo (máxima) deseada.

El elemento de resistencia puede configurarse para reflejar ondas de presión que se propagan en el flujo de líquido a través de la línea de infusión principal 100. En algunas realizaciones, el elemento de resistencia puede configurarse para reflejar principalmente ondas de presión en el flujo de líquido que tiene frecuencias sustancialmente inferiores a 3 Hz, preferiblemente en el

intervalo de 0,5 Hz a 3 Hz.

Las Figuras 4A y 4B, respectivamente, muestran los diagramas 240 y 242 que ilustran la frecuencia/amplitud que ocurre en los sets de infusión IV de la técnica anterior comparado con los sets de infusión IV de acuerdo con la presente invención. La Figura 4A muestra el diagrama 240 que ilustra el espectro de frecuencia de presión de bomba y la PVP para un set de infusión IV 10-10 del arte previo y para un conjunto de infusión IV 10-21 de acuerdo con la presente invención. El ejemplo se basó en una velocidad de bombeo de 100 ml/h. El diagrama 240 muestra un espectro de frecuencia superior, de 0 Hz a aproximadamente 5 Hz, de los cuales un espectro de frecuencia de 0,5 Hz a 1,5 Hz es más relevante para medir continuamente la PVP en un set de infusión IV. La Figura 4B, por lo tanto, muestra el diagrama 242 que ilustra este espectro de frecuencia relevante de 0,5 Hz a 1,5 Hz como se indica en la figura 240 por la región 240-1.

La Figura 242 muestra el gráfico 202' que indica el espectro de frecuencia de la presión de la bomba y la PVP medidas en el set de infusión IV 10-10 del arte previo y el gráfico 206' que indica el espectro de frecuencia medido en el set de infusión IV 10-21 de acuerdo con la primera realización mostrada en la Figura 4. Como se puede ver, el espectro de frecuencia de la bomba se atenúa para todas las frecuencias en el set de infusión IV 10-21. El gráfico 202' muestra varios picos que tienen una magnitud mucho mayor que los del gráfico 206'. El primer armónico del pulso cardíaco se encuentra a 1 Hz (ver línea discontinua F82'), cerca de un pico significativo de la señal de la bomba (ligeramente por debajo de 1 Hz).

Como se puede ver, la señal de la bomba es mucho más fuerte que la señal cardíaca en el gráfico 202', mientras que en el gráfico 206' la señal de la bomba sigue siendo ligeramente más fuerte que la señal cardíaca, pero exhibe una magnitud más similar. Por lo tanto, la relación de amplitud es mucho más favorable en el gráfico 206' y facilita mediciones más precisas y más confiables.

La Figura 4C muestra un diagrama 244 que ilustra la relación flujo/amplitud de la bomba que ocurre en los sets de infusión IV 10-21 de acuerdo con la presente invención comparados con un set de infusión IV 10-10 de acuerdo con los dibujos del arte previo. Varios gráficos muestran relaciones de amplitud medidas en sets de infusión IV provistos con (o sin) un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) y/o diferentes elementos de resistencia (por ejemplo, una aguja de 16 a 27 G) sobre las velocidades de flujo de la bomba (de 0 a 1000 ml/h). La relación de amplitud relaciona las señales de presión que se originan de la PVP con las de la bomba y, por lo tanto, una relación más alta indica una señal de PVP más fuerte en relación con

la señal de la bomba. En otras palabras, entre mayor sea el valor de la relación, más fácil es determinar los signos vitales a partir de la señal.

Como se puede ver, se puede lograr una proporción significativamente mayor en los sets de infusión IV provistos de un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) y un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una aguja G22 o G27). En el ejemplo ilustrado, la mejor relación (es decir, la más alta) se puede lograr con una combinación de una cámara de goteo y una aguja G27. Sin embargo, comparado con los sets de infusión IV que carecen de una cámara de goteo, la combinación de una cámara de goteo y una aguja G22 aún proporciona relaciones que son significativamente más altas y, por lo tanto, facilitan mediciones mucho más confiables y precisas.

La Figura 4D muestra un diagrama 246 que ilustra la contribución de potencia/flujo de la bomba que ocurre en los sets de infusión IV 10-21 de acuerdo con la presente invención comparado con un set de infusión IV 10-10 de acuerdo con los dibujos del arte previo. Similar al diagrama 244 ilustrado en la figura 4C, varios gráficos muestran la contribución de potencia (banda: 0,5 Hz a 5 Hz) medidas en sets de infusión IV provistos con (o sin) un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) y/o diferentes elementos de resistencia (por ejemplo, una aguja de 16 a 27 G) sobre las velocidades de flujo de la bomba (de 0 a 1000 ml/h). La contribución de potencia relaciona las señales de presión que se originan de la PVP con las de la bomba y, por lo tanto, una contribución menor indica una señal de PVP más fuerte en relación con la señal de la bomba. En otras palabras, entre menor sea el valor de la contribución dentro de la banda de 0,5 Hz a 5 Hz, más fácil resulta aislar el signo vital.

Como se puede ver, se puede lograr una contribución significativamente menor en los sets de infusión IV provistos de un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) y un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una aguja G22 o G27). En el ejemplo ilustrado, la mejor contribución (es decir, la más baja) se puede lograr con una combinación de una cámara de goteo y una aguja G27 o una aguja G22, facilitando así unas mediciones mucho más confiables y precisas.

La figura 4E muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-21 de acuerdo con una primera realización de la presente invención. El set de infusión IV 10-21 incluye una fuente 40 de medicamento líquido, una cámara de goteo 150, un aparato de infusión 60 que incluye una bomba de infusión 62, un elemento de conformidad 120 (en el presente ejemplo también una cámara de goteo), un elemento de resistencia 130, una línea de infusión 200 que incluye una línea de infusión principal 100 y un acceso al paciente 80. El acceso al paciente 80 usualmente

comprende una cánula configurada para proporcionar acceso al sistema cardiovascular 86 de un paciente. El elemento de conformidad 120 y el elemento de resistencia 130 pueden denominarse elemento de amortiguación 140.

El elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) está ubicado en dirección ascendente de una posición PL en la que se mide la presión de línea PL y en dirección descendente de la bomba 62. El elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja de 22 G o 27 G) está ubicado en dirección ascendente de una posición PL en la que se mide la presión de línea PL y en dirección descendente del elemento de conformidad 120. En otras palabras, el elemento de amortiguación 140 combina, en orden descendente, un elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130, y está ubicado en dirección ascendente desde la posición PL y descendente de la bomba 62.

Durante la operación del aparato de infusión 60, se suministra medicamento líquido desde la fuente 40 de medicamento líquido a través de la línea de infusión principal 100 hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando una bomba 62, por ejemplo, una bomba peristáltica, usualmente integrada en el aparato de infusión 60. La línea de infusión principal 100 puede proporcionarse, por ejemplo, en la posición PL, con un sensor de presión 102 configurado para detectar una presión de líquido presente dentro de la línea de infusión principal 100.

La Figura 5 muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-22 de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. La estructura general del set de infusión IV 10-22 es en gran medida idéntica a la del set de infusión IV 10-21 tal como se muestra en la figura 4. Sin embargo, aparte de un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) que se ha agregado a la línea de infusión principal 100 del set de infusión IV 10-22 en dirección ascendente desde una posición PL en la que se mide la presión de la línea PL (o en dirección descendente desde la bomba 62) y se ha agregado un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja de 22 G o 27 G) a la línea de infusión principal 100 del set de infusión IV 10-22 en dirección ascendente de la posición PL en la que se mide la presión de línea PL y en dirección descendente del elemento de conformidad 120, también se agregó un segundo elemento de resistencia 130-1 (por ejemplo una cánula/aguja de 22 G o 27 G) a la línea de infusión principal 100 del equipo de infusión IV 10-22 en posición ascendente del elemento de conformidad 120 y descendente del aparato de infusión 60 (es decir, descendente de la bomba 62). El elemento de conformidad 120 y los elementos de resistencia 130 y 130-1 pueden denominarse elemento de amortiguación 140. En estos términos, el elemento de amortiguación 140 del set de infusión IV

10-22 combina, en orden descendente, un segundo elemento de resistencia 130-1, un elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130, y está ubicado en dirección ascendente desde la posición PL y descendente de la bomba 62.

Tal como se describe anteriormente, y también en el set de infusión IV 10-22, las ondas de presión pierden energía mientras se propagan a lo largo de la línea de infusión principal 100, tal como se describió anteriormente con respecto a la figura 4. Esto también se ilustra en la figura 5 con las flechas 62" y 82".

El elemento de conformidad 120 dispuesto en posición ascendente PL, amortigua o atenúa la presión que se propaga a lo largo de la línea de infusión principal 100, tal como se describe anteriormente con respecto a la Figura 4. Adicionalmente, el elemento de resistencia 130 refleja la presión que se propaga a lo largo de la línea de infusión principal 100, actuando así efectivamente como un amplificador de dicha presión, tal como se describe anteriormente con respecto a la Figura 4. Adicionalmente, el segundo elemento de resistencia 130-1 refleja la presión de la bomba que se propaga en dirección descendente a lo largo de la línea de infusión principal 100 y refleja la PVP que se propaga en dirección ascendente a lo largo de la línea de infusión principal 100. Por consiguiente, la combinación del elemento de conformidad 120 y el elemento de resistencia 130, así como del segundo elemento de resistencia 130-1, sirve para reducir aún más los componentes no deseados del espectro de señal de la bomba y para amplificar la PVP con respecto a la posición PL.

La figura 5A muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-22 de acuerdo con la segunda realización de la presente invención. El set de infusión IV 10-22 incluye una fuente 40 de medicamento líquido, una cámara de goteo 150, un aparato de infusión 60 que incluye una bomba de infusión 62, un segundo elemento de resistencia 130-1, un elemento de conformidad 120 (en el presente ejemplo una cámara de goteo), un elemento de resistencia 130, una línea de infusión 200 que incluye una línea de infusión principal 100 y un acceso al paciente 80. El acceso al paciente 80 usualmente comprende una cánula configurada para proporcionar acceso al sistema cardiovascular 86 de un paciente. El segundo elemento de resistencia 130-1, el elemento de conformidad 120 y el elemento de resistencia 130 pueden denominarse elemento de amortiguación 140.

El elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) está ubicado en dirección ascendente de una posición PL en la que se mide la presión de línea PL y en dirección descendente de la bomba 62. El elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja 22 G o 27 G) está ubicado en dirección ascendente de la posición PL en la que se mide la presión

de línea PL y en dirección descendente del elemento de conformidad 120. El segundo elemento de resistencia 130-1 (por ejemplo, una cánula/aguja de 22 G o 27 G) está ubicado en dirección ascendente del elemento de conformidad 120 y descendente del aparato de infusión 60 (es decir, en dirección descendente con respecto a la bomba 62).

Durante la operación del aparato de infusión 60, se suministra medicamento líquido desde la fuente 40 de medicamento líquido a través de la línea de infusión principal 100 hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando una bomba 62, por ejemplo, una bomba peristáltica, usualmente integrada en el aparato de infusión 60. La línea de infusión principal 100 puede proporcionarse, por ejemplo, en la posición PL, con un sensor de presión 102 configurado para detectar una presión de líquido presente dentro de la línea de infusión principal 100.

La figura 6 muestra esquemáticamente un tercer set de infusión IV 10" conocido que tiene una línea de infusión 200 que incluye tanto una línea de infusión principal 100 como una línea de infusión auxiliar 100a. El set de infusión IV 10" incluye, en una línea de infusión principal 100, una fuente 40 de medicamento líquido, una cámara de goteo 150, un aparato de infusión 60 que incluye una bomba de infusión 62 y un acceso al paciente 80. El acceso al paciente 80 usualmente comprende una cánula configurada para proporcionar acceso al sistema cardiovascular 86 de un paciente. El set de infusión IV 10" incluye, además, en una línea de infusión auxiliar 100a, una fuente auxiliar 40a de medicamento líquido, una cámara de goteo auxiliar 150a y un aparato de infusión auxiliar 60a que incluye una bomba de infusión auxiliar 62a. La línea de infusión auxiliar 100a está conectada a la línea de infusión principal 100 mediante un conector de línea de infusión 100c (por ejemplo, un conector Luer), en donde la conexión se realiza a lo largo de la línea de infusión principal 100 entre el acceso al paciente 80 y la bomba de infusión 62, usualmente cerca del acceso al paciente 80.

Durante la operación de los aparatos de infusión 60 y/o 60a, se suministra medicamento líquido desde una o las dos fuentes 40 y 40a de medicamento líquido a través de la línea de infusión principal 100 y/o la línea de infusión auxiliar 100a hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando bombas 62 y/o 62a (p. Ej. una o ambas, incluyendo una bomba peristáltica), usualmente integradas en los aparatos de infusión 60 y/o 60a. Similar a la línea de infusión principal 100, se puede proporcionar una línea de infusión auxiliar 100a, por ejemplo, en la posición PLa, con un sensor de presión 102a configurado para detectar una presión de líquido presente dentro de la línea de infusión auxiliar 100a.

La Figura 6 ilustra, además, efectos que generalmente ocurren durante la operación del set de infusión IV 10". Los diagramas 62' y 62a' ilustran señales de presión correspondientes que típicamente se pueden observar en posición descendente con respecto a las bombas 62 y 62a respectivas, por ejemplo, en las posiciones PB y PBa en las líneas de infusión 100 y 100a. Las señales de presión como se muestra en los diagramas 62' y 62a' pueden contener componentes del espectro de señal de bomba no deseados tal como se describe anteriormente. En la posición PB, una señal de presión tomada de un sensor de presión puede corresponder generalmente a la señal ilustrada en el diagrama 62'. La señal de presión mostrada en el diagrama 62' indica la presión en la línea de infusión principal 100 en la posición PB y puede sufrir interrupciones causadas por la operación de la bomba 62 en posición ascendente o aproximadamente en la posición PB. Similarmente, en la posición PBa, una señal de presión tomada de un sensor de presión puede corresponder generalmente a la señal ilustrada en el diagrama 62a'. La señal de presión mostrada en el diagrama 62a' indica la presión en la línea de infusión auxiliar 100a en la posición PBa y, similarmente, puede sufrir interrupciones causadas por la operación de la bomba 62a en posición ascendente con respecto a o aproximadamente en la posición PBa.

Con respecto al conjunto de infusión IV 10", se puede generar una combinación de varios componentes del espectro de señal de bomba no deseados durante la infusión y se puede propagar a través del conjunto de infusión IV 10" de varias maneras. Tal como se describe arriba, los componentes del espectro de señal de la bomba generalmente pierden energía mientras se propagan a lo largo de las líneas de infusión 100 y 100a. Esto se ilustra en la figura 6 con las flechas 62" y 62a". Las señales de presión PVP 82" también se propagan a través de las líneas de infusión 100 y 100a. Los componentes del espectro de señal de la bomba causados por la bomba 62, por ejemplo, viajan en dirección descendente a lo largo de la línea principal de infusión 100, es decir, en la dirección 62". Se observa que los componentes del espectro de señal de la bomba que se originan en la bomba 62 se propagan no solo en dirección descendente a lo largo de la línea de infusión principal 100, sino también en dirección ascendente en la línea de infusión auxiliar 100a, desde el conector 100c, que está configurado para poner las líneas de infusión 100 y 100a en comunicación fluida entre sí. Nuevamente, la amplitud de estos componentes del espectro de señal de la bomba disminuye en la dirección 62" a lo largo de ambas líneas de infusión 100 y 100a, entre otras cosas, dependiendo de las propiedades de atenuación de las líneas de infusión 100 y 100a, y que depende, además, de la conexión específica realizada por el conector 100c.

De manera similar, los componentes del espectro de señal de la bomba causados por la bomba 62a, por ejemplo, viajan en dirección descendente a lo largo de la línea de infusión auxiliar 100a,

es decir, en la dirección 62a", y, similar a lo descrito anteriormente con respecto a la bomba 62, no solo en dirección descendente a lo largo de la línea de infusión auxiliar 100a, sino que también en dirección ascendente en la línea de infusión principal 100, desde el conector 100c, que está configurado para poner las líneas de infusión 100 y 100a en comunicación fluida entre sí. Nuevamente, la amplitud de estos componentes del espectro de señal de la bomba disminuye en la dirección 62a" a lo largo de ambas líneas de infusión 100a y 100, entre otras cosas, dependiendo de las propiedades de atenuación de las líneas de infusión 100a y 100, y que depende, además, de la conexión específica realizada por el conector 100c.

De manera similar, las ondas de PVP que se originan en el sistema cardiovascular de un paciente, viajan en dirección ascendente a lo largo de las líneas de infusión 100 y 100a, es decir, en la dirección 82", y la amplitud de estas ondas de presión disminuye a lo largo de las líneas de infusión 100 y 100a de una manera similar a la descrita anteriormente con respecto a los componentes del espectro de señal de la bomba que se originan en las bombas 62 y 62a. Cuando se usa una línea de infusión auxiliar 100a, la amplitud de las ondas de PVP no solo disminuye a lo largo de la línea de infusión principal 100 y a lo largo de la línea de infusión auxiliar 100a, sino que también se atenúa debido al hecho de que las ondas de PVP que se originan en el sistema vascular del paciente se dividirán entre la línea de infusión principal 100 y la línea de infusión auxiliar 100a en dirección ascendente con respecto al conector 100c. Las ondas de PVP que se propagan a lo largo de la línea de infusión auxiliar 100a solo incluyen una parte de la contribución cardíaca original (por ejemplo, amplitud o potencia de señal) y las ondas de PVP que se propagan a lo largo de la línea de infusión principal 100 solo incluyen una parte restante de la contribución cardíaca original. La magnitud de las ondas de PVP en dirección ascendente del conector 100c es, por lo tanto, menor en la línea de infusión principal 100 y en la línea de infusión auxiliar 100a que en dirección descendente del conector 100c (donde se originan las ondas de PVP).

Nuevamente, en el diagrama 82' se ilustra un ejemplo de señal que indica la PVP. Tal como se describe arriba con respecto a la Figura 1A, se desea medir la PVP dentro de la línea de infusión principal 100, por ejemplo, en la posición PL o dentro de la línea de infusión auxiliar 100a, por ejemplo, en la posición PLa. Sin embargo, la señal de presión efectiva que se puede obtener en las posiciones PL y/o PLa generalmente se ve afectada tanto por las interrupciones causadas por las bombas 62 y/o 62a (como se muestra en los diagramas 62' y 62a') como por la propagación desde la posición PB y/o PBa, respectivamente, hacia la posición PL y/o PLa, respectivamente, así como por la señal real de PVP presente dentro del sistema cardiovascular 86 de un paciente y la propagación en dirección ascendente desde el acceso 80 del paciente hacia las posiciones

PL y PLa.

La figura 6A muestra un diagrama 260 que ilustra la frecuencia/amplitud para señales medidas en el tercer set de infusión IV 10" conocido de la figura 6. Los datos de ejemplo mostrados en el diagrama 260 se recogieron con base en un set de infusión IV en el que la bomba 62 operaba a aproximadamente 100 ml/h, la bomba auxiliar 62a operaba a aproximadamente 70 ml/h, la PVP tenía una presión de aproximadamente 2 mmHg a 1 Hz (60 latidos por minuto), el acceso al paciente 80 incluía una aguja/cánula de 20 G y el líquido utilizado era agua. Como puede verse en el espectro de frecuencia ilustrado en el diagrama 260, la contribución cardíaca 260-1 exhibe una amplitud FFT bastante pequeña comparado con la contribución 260-2 de la bomba 62 y la contribución 260-3 de la bomba auxiliar 62a. Bajo ciertas condiciones, por ejemplo, a diferentes velocidades de flujo de las bombas 62 y/o 62a, las contribuciones correspondientes 260-2 y 260-3 pueden superponerse sustancialmente a la frecuencia de las contribuciones cardíacas 260-1 y, por lo tanto, hacer que su detección sea más difícil o imposible.

La figura 6B muestra un diagrama 262 que ilustra la presión/tiempo para señales medidas en el tercer set de infusión IV 10" conocido de la figura 6. Los datos de ejemplo mostrados en el diagrama 260 fueron recolectados bajo las mismas condiciones descritas anteriormente con respecto a la figura 6A. Como puede verse en el espectro de tiempo ilustrado en el diagrama 262, nuevamente la contribución cardíaca 262-1 exhibe una amplitud de presión bastante pequeña comparado con la contribución 262-2 de la bomba 62 y la contribución 262-3 de la bomba auxiliar 62a, ambas de las cuales se registran en varias magnitudes más altas. Como se puede ver en el diagrama 262, las contribuciones 262-2 y 262-3 de la bomba se superponen sustancialmente a las amplitudes de la contribución cardíaca 260-1 durante varios intervalos de tiempo (ver, por ejemplo, entre 17 y 18 segundos, y aproximadamente 20 segundos), haciendo que la detección de la contribución cardíaca 260-1 sea más difícil o imposible durante dichos intervalos de tiempo.

La Figura 7 muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-23 de acuerdo con una tercera realización de la presente invención. El set de infusión IV 10-23 es estructuralmente similar al set de infusión IV 10" ilustrado en la figura 6, salvo por un elemento amortiguador 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar 100a. Los números de referencia idénticos en las figuras 7 y 6, por lo tanto, se refieren a elementos correspondientes. Se observa que la realización en la figura 7 ilustra un ejemplo en el que la línea de infusión 200 incluye una línea de infusión principal 100 y una (única) línea de infusión auxiliar 100a. Sin embargo, en algunos ejemplos, el set de infusión IV 10-23 puede comprender una línea de infusión 200 que incluye una línea de infusión principal

100 y dos (o más) líneas de infusión auxiliares 100a. Lo que se describe a continuación con respecto a una única línea de infusión auxiliar 100a, por lo tanto, también se puede aplicar a múltiples líneas de infusión auxiliares 100a.

Como ya se describió anteriormente, el elemento de amortiguación 140a en la figura 7 puede incluir uno o más elementos de conformidad 120 y resistencia 130, 130-1. El ejemplo ilustrado en la figura 7 muestra el elemento de amortiguación 140a que incluye un elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130 (como se describió anteriormente, por ejemplo, con respecto a las figuras 4 y 4E). Por motivos de claridad, no todas las posibles combinaciones de elementos de conformidad y resistencia se muestran en la figura 7. Sin embargo, se entiende que la línea de infusión auxiliar 100a puede incluir, por ejemplo, un elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130 tal como se muestra (como se describió anteriormente y como también se muestra, por ejemplo, en las figuras 4 y 4E), o un elemento de conformidad 120 y elementos de resistencia 130, 130-1 (como se describió anteriormente y como se muestra, por ejemplo, en las figuras 5 y 5A).

Se observa que el elemento de amortiguación 140a puede estar dispuesto en la línea de infusión auxiliar 100a como se muestra en la figura 7 (por ejemplo, en algún lugar a lo largo de la línea 100a), o puede realizarse como un dispositivo accesorio directamente conectado o integrado al conector 100c. En algunas realizaciones, el conector 100c incluye un elemento de amortiguación 140a. En otras realizaciones, el elemento de amortiguación 140a incluye un conector 100c. En dichos ejemplos, la posición PLa se ajusta de acuerdo con la posición del elemento amortiguador 140a.

La respectiva disposición de los respectivos componentes del elemento de amortiguación 140a corresponde a lo que se describe anteriormente y a lo que se muestra en las figuras 4, 4E, 5 y 5A. En un ejemplo de un set de infusión IV 10-23 de acuerdo con la tercera realización y que tiene un elemento de amortiguación 140 correspondiente al elemento de amortiguación 140 ilustrado en las figuras 4 y 4E, un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) está ubicado en la línea de infusión auxiliar 100a en dirección ascendente de la posición PLa a la cual se mide la presión de línea PLa y descendente de la bomba 62a. Un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja de 16 G o 27 G) está ubicado en dirección ascendente de una posición PLa en la que se mide la presión de línea PLa y en dirección descendente del elemento de conformidad 120.

En otro ejemplo de un set de infusión IV 10-23 de acuerdo con la tercera realización y que tiene un elemento de amortiguación 140a correspondiente al elemento de amortiguación 140 ilustrado

en las figuras 5 y 5A, la línea de infusión auxiliar 100a incluye elementos 120 y 130 según descritos con respecto al ejemplo previo ilustrado en la figura 7. Adicionalmente, la línea de infusión auxiliar 100a incluye un segundo elemento de resistencia 130-1 (por ejemplo, una cánula/aguja de 16 G a 27 G; no mostrados por separado en la figura 7) ubicado en dirección ascendente del elemento de conformidad 120 y descendente del aparato de infusión 60a (es decir, en dirección descendente con respecto a bomba 62a).

Durante la operación de los aparatos de infusión 60 y 60a, se suministra medicamento líquido desde las fuentes 40 y 40a de medicamento líquido a través de líneas de infusión 100 y 100a hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando las bombas 62 y 62a.

Por lo general, los componentes del espectro de señal de la bomba que se originan en las bombas 62 y 62a, así como las ondas de PVP se propagan a través de las líneas de infusión 100 y 100a tal como se describe anteriormente con respecto a la figura 6. Sin embargo, debido a los efectos del elemento amortiguador 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar, los componentes del espectro de señal de la bomba no deseados que se originan en la bomba de infusión auxiliar 62a se atenúan de manera que no se propaguen, o en un grado mucho menor, dentro y a lo largo de la línea de infusión principal 100. Para lograr este objetivo, el elemento de amortiguación 140a puede incluir un elemento de conformidad 120 configurado para atenuar los componentes del espectro de señal de la bomba a frecuencias en un rango de 0,67 Hz o superior. Adicionalmente, debido a los efectos del elemento de amortiguación 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar, la señal de PVP no puede propagarse a lo largo de la línea de infusión auxiliar 100a en dirección ascendente del elemento de amortiguación 140a y, por lo tanto, no se drena, ya sea de manera sustancial o en un grado mucho menor. Para lograr este objetivo, el elemento amortiguador 140a puede incluir uno o más elementos de resistencia 130 y 130-1 configurados para restringir el flujo de líquido a través de la línea auxiliar de infusión 100a.

La Figura 7A muestra un diagrama 270 que ilustra la frecuencia/amplitud, por ejemplo, señales medidas en el set de infusión IV 10-23 de acuerdo con la tercera realización de la presente invención. Los datos de ejemplo mostrados en el diagrama 270 fueron recolectados bajo las mismas condiciones descritas anteriormente con respecto a la figura 6A. Como puede verse en el espectro de frecuencia ilustrado en el diagrama 270, la contribución cardíaca 270-1 exhibe una amplitud FFT bastante pequeña comparado con la contribución 270-2 de la bomba 62. Sin embargo, a diferencia de lo ilustrado en el diagrama 260 de la figura 6A, la contribución de la bomba auxiliar 62a (mostrada como 260-3 en la figura 6A) está ausente del espectro. Por

consiguiente, los componentes del espectro de señal de la bomba no deseados que se originan en la bomba de infusión auxiliar 62a son atenuados por el elemento de amortiguación 140a (tal como se describió anteriormente con respecto a la figura 7) de modo que están sustancialmente ausentes del espectro de frecuencia y prácticamente no se propagan dentro y a lo largo de la línea principal de infusión 100. Esto mejora significativamente las posibilidades de obtener una señal limpia que indique la contribución cardíaca 270-1.

La Figura 7B muestra un diagrama que ilustra la presión/tiempo, por ejemplo, señales medidas en el set de infusión IV 10-23 de acuerdo con la tercera realización de la presente invención. Los datos de ejemplo mostrados en el diagrama 272 fueron recolectados bajo las mismas condiciones descritas anteriormente con respecto a la figura 7A. Como puede verse en el espectro de tiempo ilustrado en el diagrama 272, la contribución cardíaca 272-1, nuevamente exhibe una amplitud de presión bastante pequeña comparado con la contribución 272-2 de la bomba 62. Sin embargo, la contribución de la bomba 62a está sustancialmente ausente del diagrama 272.

El elemento de amortiguación 140a, por lo tanto, puede reducir o eliminar ventajosamente los componentes del espectro de señal de la bomba no deseados que se originan en la bomba de infusión auxiliar 62a, mejorando así la detección de una señal que indique la contribución cardíaca 272-1.

La Figura 8 muestra esquemáticamente un set de infusión IV 10-24 de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención. El set de infusión IV 10-24 es estructuralmente similar al set de infusión IV 10-23 ilustrado en la figura 7, salvo por un elemento amortiguador 140 adicional dispuesto en la línea de infusión principal 100. Los números de referencia idénticos en las figuras 8 y 7, por lo tanto, se refieren a elementos correspondientes.

Como ya se describió anteriormente, y similar al elemento de amortiguación 140a, según mostrado en la figura 7, el elemento de amortiguación 140 en la figura 8 también puede incluir uno o más elementos de conformidad 120 y resistencia 130, 130-1. Por motivos de claridad, no todas las combinaciones de elementos de conformidad y resistencia se muestran en la figura 8. Sin embargo, se entiende que la línea de infusión principal 100 puede incluir, por ejemplo, un elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130 tal como se muestra (y como se describió anteriormente y como también se muestra, por ejemplo, en las figuras 4 y 4E), o un elemento de conformidad 120 y elementos de resistencia 130, 130-1 (como se describió anteriormente y como se muestra, por ejemplo, en las figuras 5 y 5A). No existen limitaciones o restricciones en cuanto a la combinación de elementos de conformidad y/o resistencia, cuando

están presentes varios elementos de amortiguación 140, 140a. Por ejemplo, los elementos de amortiguación 140 y 140a pueden tener la misma estructura (por ejemplo, ambos tienen un elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130), o una estructura diferente (por ejemplo, con un número diferente de elementos de resistencia).

Se observa que el elemento de amortiguación 140 puede estar dispuesto en la línea de infusión principal 100 como se muestra en la figura 8 (por ejemplo, en algún lugar a lo largo de la línea de infusión principal 100), o puede realizarse como un dispositivo accesorio directamente conectado o integrado al conector 100c o un conector o puerto receptor correspondiente para el conector 100c. En algunas realizaciones, el elemento de amortiguación 140 puede incluir un puerto configurado para recibir el conector 100c. En otros ejemplos, un elemento amortiguador integrado puede incluir elementos amortiguadores 140 y 140a. En dichas realizaciones, el elemento de amortiguación integrado también puede configurarse para conectar de manera fluida la línea de infusión auxiliar 100a y la línea de infusión principal 100, eliminando la necesidad del conector 100c. La posición de PL y/o PLa puede ajustarse de acuerdo con dichos ejemplos.

La respectiva disposición de los respectivos componentes del elemento de amortiguación 140 corresponde a lo que se describe anteriormente y a lo que se muestra en las figuras 4, 4E, 5 y 5A. En un ejemplo de un set de infusión IV 10-24 de acuerdo con la cuarta realización y que tiene elementos de amortiguación 140 y 140a correspondientes al elemento de amortiguación 140 ilustrado en las figuras 4 y 4E, un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) está ubicado en la línea de infusión auxiliar 100a en dirección ascendente de la posición PLa a la cual se mide la presión de línea PLa y descendente de la bomba 62a, y un elemento de conformidad 120 (por ejemplo, una cámara de goteo) está ubicado en la línea principal de infusión 100 en dirección ascendente de la posición PL a la cual se mide la presión de la línea PL y descendente de la bomba 62. Un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja de 16 G a 27 G) está ubicado en la línea de infusión auxiliar 100a en dirección ascendente desde la posición PLa en la que se mide la presión de la línea PLa y descendente del elemento de conformidad 120 y un elemento de resistencia 130 (por ejemplo, una cánula/aguja de 16 G a 27 G) está ubicado en la línea de infusión principal 100 en dirección ascendente de la posición PL en la que se mide la presión de línea PL y en dirección descendente del elemento de conformidad 120.

Otros ejemplos de un set de infusión IV 10-24 de acuerdo con la cuarta realización y que tiene elementos amortiguadores 140 y 140a pueden incluir uno o más elementos amortiguadores correspondientes al elemento amortiguador 140 mostrado en las figuras 5 y 5A y/o uno o más

elementos amortiguadores correspondientes al elemento de amortiguación 140 mostrado en las figuras 4 y 4E.

Durante la operación de los aparatos de infusión 60 y/o 60a, se suministra medicamento líquido desde las fuentes 40 y 40a de medicamento líquido a través de líneas de infusión 100 y 100a hacia el acceso al paciente 80, en donde se infunde en el sistema cardiovascular 86 del paciente. El medicamento líquido se transporta usando las bombas 62 y 62a.

Por lo general, los componentes del espectro de señal de la bomba que se originan en las bombas 62 y 62a, así como las ondas de PVP se propagan a través de las líneas de infusión 100 y 100a tal como se describe anteriormente con respecto a la figura 6. Sin embargo, debido a los efectos del elemento amortiguador 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar, los componentes del espectro de señal de la bomba no deseados que se originan en la bomba de infusión auxiliar 62a se atenúan de manera que no se propaguen, o en un grado mucho menor, dentro y a lo largo de la línea de infusión principal 100. Para lograr este objetivo, el elemento de amortiguación 140a puede incluir un elemento de conformidad 120 configurado para atenuar los componentes del espectro de señal de la bomba a frecuencias en un rango de 0,67 Hz o superior. Adicionalmente, debido a los efectos del elemento de amortiguación 140a dispuesto en la línea de infusión auxiliar, la señal de PVP no puede propagarse a lo largo de la línea de infusión auxiliar 100a en dirección ascendente del elemento de amortiguación 140a y, por lo tanto, no se drena, ya sea de manera sustancial o en un grado mucho menor. Para lograr este objetivo, el elemento amortiguador 140a puede incluir uno o más elementos de resistencia 130 y 130-1 configurados para restringir el flujo de líquido a través de la línea auxiliar de infusión 100a.

La figura 9 ilustra un proceso 800 para determinar los signos vitales de un paciente de acuerdo con la presente invención. El proceso 800 inicia en el paso 802. En el paso 804, la unidad de control controla la bomba 62 para transportar medicamento líquido a lo largo de la línea de infusión principal 100. En el paso 806, la unidad de control recibe una señal de presión del sensor 102, en donde la señal de presión indica una presión en la línea de infusión principal 100. En el paso 808, el control determina una señal del paciente que indica un signo vital del paciente basado en la señal de presión. El proceso 800 termina en el paso 810.

Aunque la invención se ha descrito en relación con lo que actualmente se considera la realización más práctica y preferida, se entiende que la invención no se limita a la realización descrita, sino que, al contrario, busca cubrir diversas modificaciones y arreglos equivalentes incluidos en la esencia y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

