

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 915 828**

51 Int. Cl.:

A61B 5/02 (2006.01)

A61B 5/0215 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2018** **PCT/US2018/060047**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2019** **WO19203895**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2018** **E 18822528 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2022** **EP 3781026**

54 Título: **Evaluación de un vaso**

30 Prioridad:

20.04.2018 US 201862660521 P

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

27.06.2022

73 Titular/es:

ACIST MEDICAL SYSTEMS, INC. (100.0%)
7905 Fuller Road
Eden Prairie, MN 55344, US

72 Inventor/es:

SUH, JUNG W.;
SUCHECKI, TODD;
SNYDER, THOMAS M. y
WILSON, ROBERT F.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 915 828 T3

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

DESCRIPCIÓN

Evaluación de un vaso

Solicitud relacionada

Esta aplicación reivindica el beneficio de la solicitud provisional de EE.UU. No. 62/660,521 presentada el 20 de abril de 2018.

Campo técnico

Esta invención se relaciona en general con el campo de la tecnología médica y, más particularmente, con dispositivos, sistemas y métodos para evaluar estructuras anatómicas de pacientes, tal como una constricción o estrechamiento, en una ubicación de interés en un vaso sanguíneo.

Antecedentes

Para comprender mejor la gravedad de una afección particular en una estructura anatómica de un paciente, se pueden recopilar datos fisiológicos y utilizarlos para guiar las decisiones de tratamiento. Un ejemplo de tal condición es una constricción o estrechamiento de un vaso sanguíneo, denominado, en algunos casos, estenosis. Por medio de la medición de la gravedad de la constricción, se pueden determinar las opciones de tratamiento adecuadas.

Una técnica para evaluar el grado en que una estenosis obstruye el flujo a través de un vaso sanguíneo se denomina medición de la reserva de flujo fraccional (FFR, fractional flow reserve, por sus siglas en inglés). Para calcular la FFR de un vaso determinado, se toman dos lecturas de la presión arterial - una en el lado distal de la estenosis (por ejemplo, corriente abajo de la estenosis) y la otra en el lado proximal, o aórtico, de la estenosis (por ejemplo, corriente arriba de la estenosis, hacia la aorta). La FFR se define como la relación entre el flujo sanguíneo máximo en una arteria estenótica, tomada distalmente con respecto a la estenosis, y el flujo máximo normal, y normalmente se calcula en base a una medición del gradiente de presión de la presión distal a la presión proximal. El gradiente de presión a través de una estenosis puede servir como indicador de la gravedad de la estenosis. Cuanto más restrictiva es la estenosis, mayor es la caída de presión y menor la FFR resultante. La medición de la FFR puede ser una herramienta de diagnóstico útil. Un médico puede decidir, por ejemplo, realizar un procedimiento intervencionista (por ejemplo, una angioplastia o colocación de stent) cuando la FFR para una estenosis determinada está por debajo de un umbral clínico (por ejemplo, 0,8) y puede decidir renunciar a dicho tratamiento para una estenosis determinada cuando la FFR está por encima del umbral clínico (por ejemplo, 0,8). Por lo tanto, la medición de la FFR puede ser un punto de decisión para guiar el tratamiento.

Sin embargo, la evaluación precisa de la caída de presión en una estenosis requiere en general que la resistencia coronaria sea estable y mínima. En la FFR tradicional, esto generalmente se logra induciendo una hiperemia máxima en el vaso mediante la administración de un agente hiperémico farmacológico, como la adenosina. Sería preferible realizar una aproximación de la FFR en condiciones normales de flujo sin necesidad de administrar un agente farmacológico, dado que esto podría reducir los efectos secundarios para el paciente, así como el coste y tiempo asociados a la evaluación diagnóstica.

Recientemente se han desarrollado técnicas para realizar una aproximación de la FFR en un momento en el que la resistencia coronaria se minimiza de forma natural y, por lo tanto, no se necesita un agente farmacológico. Estas técnicas se han centrado en identificar el período de diástole del ciclo cardíaco y en tomar mediciones de presión durante un sub-período definido de diástole cuando se muestra empíricamente que la resistencia es baja. Pero, al objeto de identificar el período de diástole, estas técnicas se basan en identificar en primer lugar la muesca dicrótica en las mediciones de presión. La muesca dicrótica representa el cierre de la válvula aórtica al comienzo de la diástole ventricular y aparece en la forma de onda de presión como una desviación ascendente relativamente ligera en una parte descendente de la forma de onda de presión. Sin embargo, dependiendo del paciente en particular, la muesca dicrótica puede ser difícil de detectar y, en algunos casos, puede que no haya ninguna muesca dicrótica perceptible. Dado que estas técnicas de aproximación de la FFR definen el período de medición de presión en relación a la muesca dicrótica, el hecho de no identificar con precisión la muesca dicrótica puede dar lugar al uso de mediciones de presión tomadas cuando la resistencia del vaso es importante y, por lo tanto, dar como resultado una aproximación inexacta de la FFR. Esto, a su vez, puede reducir el valor de la aproximación de FFR para el guiado del tratamiento.

Compendio

En la presente memoria se describen realizaciones a modo de ejemplo para evaluar un vaso u otra estructura anatómica pertinente (por ejemplo, una válvula) de un paciente. Las diferentes realizaciones descritas en la presente memoria pueden ser útiles para proporcionar una aproximación de la reserva de flujo fraccional (FFR) que pueda servir como punto de decisión fiable para guiar las decisiones de tratamiento, ya que la aproximación proporcionada puede ser comparable a la FFR tradicional. Sin embargo, ciertas realizaciones pueden proporcionar esta aproximación de FFR, por ejemplo, en condiciones de flujo normales sin inducir hiperemia (por ejemplo, sin administrar un agente farmacológico hiperémico) y/o sin necesidad de identificar la muesca dicrótica. Las realizaciones descritas en la presente memoria pueden identificar unas características, distintas de la muesca dicrótica, asociadas con mediciones

de presión obtenidas no durante la hiperemia y usar estas características identificadas para seleccionar unas mediciones de presión tomadas en un momento en el que la resistencia del vaso se minimiza naturalmente. En consecuencia, tales realizaciones pueden reducir los efectos secundarios del paciente, así como el coste y el tiempo, asociados con la inducción de hiperemia, a la vez que proporcionan una aproximación más consistente y precisa de la FFR al eliminar la necesidad de identificar la muesca dicrótica.

Una realización a modo de ejemplo incluye un método para evaluar un vaso. En esta realización a modo de ejemplo, el método incluye obtener un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación en una primera ubicación del vaso durante un primer período de tiempo y un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación en una segunda ubicación del vaso durante el primer período de tiempo. La segunda ubicación es diferente de la primera ubicación. Por ejemplo, la primera ubicación puede ser una de entre una distal con respecto a una ubicación de interés y una proximal con respecto a la ubicación de interés, mientras que la segunda ubicación puede ser la otra de la distal con respecto a la ubicación de interés y la proximal con respecto a la ubicación de interés. El conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación se pueden obtener no durante la hiperemia (es decir, en un estado no hiperémico).

Esta realización de método incluye además identificar una primera característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación.

Esta realización de método también incluye identificar una primera característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación. La primera característica trasera identificada está después de la primera característica delantera identificada en el primer período de tiempo y la segunda característica trasera identificada está después de la segunda característica delantera identificada en el primer período de tiempo. Además, al menos una de entre la primera característica delantera identificada, la segunda característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada está asociada con una medición de presión en el conjunto respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación que se obtiene sin referencia a ninguna muesca dicrótica que pueda estar presente en el conjunto respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación.

Además, esta realización de método incluye calcular un valor numérico basado en i) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada. Por ejemplo, este método puede incluir calcular una relación de presión usando i) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada. Este método puede incluir además proporcionar el valor numérico como una evaluación de una restricción en el vaso sanguíneo.

Otra realización a modo de ejemplo incluye un artículo de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que tiene almacenadas en el mismo unas instrucciones ejecutables por ordenador. En esta realización, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que al menos un procesador programable reciba un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación tomadas en una primera ubicación de un vaso durante un primer período de tiempo y un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación tomadas en una segunda ubicación del vaso durante el primer período de tiempo. La segunda ubicación es diferente de la primera ubicación. Y, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación se toman no durante la hiperemia (es decir, en un estado no hiperémico).

En esta realización de artículo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que al menos un procesador programable identifique una primera característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación.

En esta realización de artículo, las instrucciones ejecutables por ordenador también hacen que al menos un procesador programable identifique una primera característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación. La primera característica trasera está después de la primera característica delantera en el primer período de tiempo y la segunda característica trasera está después de la segunda característica delantera en el primer período de tiempo. Además, al menos una de entre la primera característica delantera identificada, la segunda característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada está asociada con una medición de presión en el conjunto respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de

segunda ubicación que se obtiene sin referencia a ninguna muesca micrótica que pueda estar presente en el conjunto respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación.

En esta realización de artículo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen además que al menos un procesador programable calcule una relación de presión utilizando i) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera y la primera característica trasera y ii) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera y la segunda característica trasera.

En estas realizaciones a modo de ejemplo indicadas anteriormente, las características identificadas pueden ser alguna o más de una variedad de tipos de características. Por ejemplo, la primera característica delantera identificada, la segunda característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada y/o la segunda característica trasera identificada pueden ser un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consiste en: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima. En algunos casos, todas las características identificadas pueden ser del mismo tipo de característica, pero en otros casos se pueden identificar dos o más tipos de características diferentes.

Los detalles de uno o más ejemplos se exponen en los dibujos adjuntos y en la descripción que sigue. Otras características, objetos y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

Los siguientes dibujos son ilustrativos de realizaciones particulares de la presente invención y, por lo tanto, no limitan el alcance de la invención. Los dibujos están destinados a ser utilizados junto con las explicaciones de la siguiente descripción. A continuación, se describirán realizaciones de la invención junto con los dibujos adjuntos, en los que números iguales indican elementos iguales.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una realización a modo de ejemplo de un dispositivo de provisión de sensor.

La figura 2 es un diagrama de una realización a modo de ejemplo de un sistema para evaluar la gravedad de una restricción en una ubicación de interés en un vaso que utiliza el dispositivo de provisión de sensor de la figura 1.

Las figuras 3A y 3B muestran, cada una, una representación gráfica de unas mediciones de presión que se pueden usar para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión, según una realización a modo de ejemplo. En particular, las figuras 3A y 3B ilustran, cada una, una realización a modo de ejemplo en la que se identifica un tipo de característica de medición de presión máxima, mostrando la figura 3B un aspecto particular de esta realización en la que se usa la identificación de características independientes.

La figura 4 es una representación gráfica de unas mediciones de presión tomadas durante varios ciclos que puede usarse para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión, según otra realización a modo de ejemplo.

La figura 5 es una representación gráfica de unas mediciones de presión que se pueden usar para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión, según una realización a modo de ejemplo adicional. En particular, la figura 5 ilustra una realización a modo de ejemplo en la que se identifica un tipo de característica de medición de presión mínima.

La figura 6 es una representación gráfica de unas mediciones de presión que se pueden usar para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión, según una realización a modo de ejemplo adicional. En particular, la figura 6 ilustra una realización a modo de ejemplo en la que se identifica un tipo de característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima.

La figura 7 es una representación gráfica de unas mediciones de presión que se pueden usar para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión, según otra realización a modo de ejemplo. En particular, la figura 7 ilustra una realización a modo de ejemplo en la que se identifica un tipo de característica de tasa de cambio de medición de presión creciente máxima.

La figura 8 es una representación gráfica de unas mediciones de presión que se pueden usar para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión, según una realización a modo de ejemplo adicional. En particular, la figura 8 ilustra una realización a modo de ejemplo en la que se identifica un tipo de característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral.

La figura 9 es un diagrama de flujo de una realización a modo de ejemplo de un método para evaluar un vaso, por ejemplo, para evaluar la gravedad de una restricción en una ubicación de interés del vaso sin administrar un agente hiperémico.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es de naturaleza a modo de ejemplo y proporciona algunas ilustraciones y ejemplos prácticos. Los expertos en la técnica reconocerán que muchos de los ejemplos señalados tienen una variedad de alternativas adecuadas que han de ser consideradas dentro del alcance de la presente invención.

5 La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización a modo de ejemplo de un dispositivo de provisión de sensor 10 que se puede usar para recopilar uno o más parámetros fisiológicos en una ubicación de interés. El dispositivo de provisión de sensor 10 incluye un manguito distal 20 que tiene un lumen de cable guía 22 para recibir de forma deslizante un cable guía médico 30. Un sensor 40 está acoplado al manguito distal 20, estando el sensor 40 configurado para medir un parámetro fisiológico de un paciente y generar una señal representativa de ese parámetro fisiológico, por ejemplo, una presión. El manguito distal 20 y, por lo tanto, el sensor 40, pueden estar dispuestos dentro de un paciente (por ejemplo, dentro de una estructura anatómica de un paciente, tal como dentro de una vena, arteria u otro vaso sanguíneo, o a través de una válvula cardíaca) al hacer que el manguito distal 20 deslice sobre el cable guía médico 30 hasta la posición deseada. En algunos casos, como en el ejemplo que se muestra en este caso, el dispositivo 10 se despliega utilizando un catéter guía 32. El catéter guía 32 se puede colocar dentro de un vaso sanguíneo 34, que podría ser, por ejemplo, una arteria coronaria del paciente. El dispositivo 10 y el cable guía 30 pueden luego manipularse dentro del catéter guía 32. Por ejemplo, el sensor 40 puede colocarse en el vaso sanguíneo 34 distal respecto a una ubicación de interés del vaso sanguíneo 34 y usarse allí para medir la presión durante el ciclo cardíaco.

El dispositivo de provisión de sensor 10 de la figura 1 también incluye una parte proximal 50. La parte proximal 50 se puede acoplar al manguito distal 20 como se muestra en este caso. La parte proximal 50 incluye un canal de comunicación 60 para comunicar la señal del sensor 40 a una ubicación situada fuera del paciente (por ejemplo, a un procesador, pantalla, ordenador, monitor o a otro dispositivo médico). El canal de comunicación 60 puede comprender un canal de comunicación de fibra óptica en ciertas realizaciones, tal como cuando el sensor 40 es un sensor de presión de fibra óptica. Alternativamente, el canal de comunicación 60 puede comprender un medio eléctricamente conductor, tal como uno o más cables eléctricos conductores. Por supuesto, muchas otras formas de medios de comunicación pueden ser adecuadas para transmitir la señal generada por el sensor 40 hasta una ubicación situada fuera del paciente.

La parte proximal 50 se puede adaptar para ayudar a un operador (por ejemplo, un médico u otro personal médico) a colocar el manguito distal 20 y el sensor 40 dentro de una estructura anatómica (por ejemplo, vascular) del paciente. Esto se consigue normalmente por parte de un operador al insertar en primer lugar el cable guía 30 en la vasculatura de un paciente y hacerlo avanzar más allá de una zona de interés. A continuación, el dispositivo de provisión de sensor 10 se despliega por medio del "enroscado" del manguito distal 20 en el cable guía 30 de forma que el lumen 22 se deslice sobre el cable guía 30 y haciendo avanzar el manguito distal 20 (y el sensor 40 asociado) al mover (por ejemplo, empujando y/o tirando) la parte proximal 50 hasta que el sensor 40 esté en la ubicación deseada en relación con la ubicación de interés en el vaso sanguíneo 34.

Una aplicación de diagnóstico para la que puede ser adecuado el dispositivo de provisión de sensor 10 es la aproximación de la reserva de flujo fraccional (FFR) en el vaso sanguíneo 34 o en otra estructura anatómica apropiada, como una válvula. En esta aplicación, el dispositivo 10 se puede desplegar en una o más ubicaciones de interés en el vaso sanguíneo 34 y el sensor 40 puede configurarse para medir la presión en esa una o más ubicaciones de interés. En un ejemplo, el sensor 40 puede colocarse para medir la presión distal, P_d , en una ubicación aguas abajo de una ubicación de interés que tenga una restricción (por ejemplo, una estenosis) en el vaso sanguíneo 34. En otro ejemplo, el sensor 40 puede colocarse para medir la presión aórtica, P_a , en una ubicación aguas arriba de la ubicación de interés que tiene la restricción (por ejemplo, la estenosis) en el vaso sanguíneo 34. El uso de los términos "aguas abajo" y "aguas arriba" es con respecto a la dirección normal del flujo sanguíneo D, tal y como se muestra en la figura 1.

En algunos ejemplos, el dispositivo 10 puede incluir un segundo sensor separado del sensor 40 lo suficiente como para extenderse sobre una estenosis. En otros ejemplos, se puede usar un segundo sensor de presión que esté separado del manguito distal 20 y de la parte proximal 50. Por ejemplo, en un ejemplo, un segundo sensor puede estar separado del dispositivo 10 y usarse para medir la presión aórtica, P_a , en la ubicación aguas arriba de la ubicación de interés que tiene la restricción (por ejemplo, la estenosis) en el vaso sanguíneo 34. Estos ejemplos pueden proporcionar la capacidad de obtener mediciones de presión en cada lado de la estenosis sin tener que reposicionar el dispositivo 10.

Ya sea que se usen uno o varios sensores, se puede tomar un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación en una primera ubicación del vaso durante un primer período de tiempo y se puede tomar un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación en una segunda ubicación, diferente, del vaso durante el primer período de tiempo. Esto también podría aplicarse a estructuras anatómicas de interés que no sean un vaso.

La figura 2 muestra un diagrama de una realización a modo de ejemplo de un sistema 70 para evaluar la gravedad de una restricción en una ubicación de interés de un vaso. El sistema 70 incluye el dispositivo de provisión de sensor 10, tal y como se ha detallado haciendo referencia a la figura 1, así como un dispositivo informático 75. El dispositivo

informático 75 se puede conectar al sensor 40 a través del canal de comunicación 60, al objeto de recibir una o más señales generadas por el sensor 40 representativas de un parámetro fisiológico del vaso (por ejemplo, una presión). El dispositivo informático 75 puede incluir uno o más procesadores programables, así como un artículo de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que tiene almacenadas unas instrucciones ejecutables por ordenador en el mismo. Las instrucciones ejecutables por ordenador pueden hacer que al menos un procesador programable procese señales del sensor 40 (y de cualquier otro sensor usado en una aplicación particular) y que genere como salida una información que puede ser útil para evaluar el vaso. Por ejemplo, estas instrucciones ejecutables por ordenador pueden hacer que al menos un procesador programable procese señales del sensor 40 (y de cualquier otro sensor usado en una aplicación particular) para calcular un valor numérico basado en la presión distal medida, P_d , y en la presión aórtica medida, P_a , del vaso sanguíneo y proporcionar el valor numérico como una evaluación de una restricción en el vaso sanguíneo.

El dispositivo informático 75 puede incluir una interfaz de usuario 80. El uno o más procesadores programables puede(n) procesar la(s) señal(es) del (de los) sensor(es) y hacer que la interfaz de usuario 80 presente una visualización de información relacionada con el(los) parámetro(s) fisiológico(s) medido(s) en el vaso. Cuando el sistema 70 se usa en una aplicación para aproximar la FFR, el uno o más procesadores programables pueden procesar señales de presión de los sensores, tal y como se describe en la presente memoria, y la interfaz de usuario 80 puede indicar una aproximación numérica de la FFR. En algunos de estos casos, la interfaz de usuario 80 puede presentar una visualización de una forma de onda de presión en función del tiempo para la presión aórtica, P_a , y/o una forma de onda de presión en función del tiempo para la presión distal, P_d . La interfaz de usuario 80 también puede presentar información útil adicional, tal como características de navegación e información de estado relacionada con el dispositivo de provisión de sensor 10 y/o con el paciente.

Como se ha indicado, el dispositivo de provisión de sensor 10 y el sistema 70 se pueden utilizar para evaluar un vaso. En particular, el dispositivo de provisión de sensor 10 se puede usar para obtener un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación en una primera ubicación del vaso durante un primer período de tiempo y un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación en una segunda ubicación, diferente, del vaso durante el primer período de tiempo. Por ejemplo, cuando estos conjuntos de mediciones de presión se utilizan para aproximar la FFR, la primera ubicación puede estar en un primer lado de una estenosis del vaso y la segunda ubicación puede estar en un segundo lado, opuesto, de la estenosis del vaso, tal y como se ha detallado con anterioridad. A continuación, se describen realizaciones de técnicas de utilización (por ejemplo, procesar) de dichos conjuntos de mediciones de presión para aproximar la FFR.

La evaluación adecuada de la gravedad de la estenosis generalmente requiere que se minimice la resistencia del vaso. En la FFR tradicional, esto se consigue induciendo una hiperemia máxima en el vaso mediante la administración de un agente farmacológico hiperémico, tal como adenosina, y tomando mediciones de presión a continuación durante la hiperemia máxima inducida. Las técnicas, así como los dispositivos, sistemas e instrucciones ejecutables por ordenador, descritos en la presente memoria pueden usar mediciones de presión tomadas en el vaso no durante la hiperemia (es decir, durante un estado no hiperémico) y así eliminar la administración de un agente farmacológico hiperémico, o en algunos casos la de cualquier tipo de agente farmacológico. En su lugar, estas realizaciones pueden identificar características asociadas con las mediciones de presión obtenidas no durante la hiperemia y usar estas características identificadas para seleccionar unas mediciones de presión en un momento en el que la resistencia del vaso se minimiza de forma natural. Estas mediciones de presión seleccionadas se pueden usar entonces para calcular una relación de presión. Dado que las realizaciones de las técnicas descritas en la presente memoria pueden usar mediciones de presión obtenidas no durante la hiperemia, la relación de presión calculada puede denominarse una aproximación de FFR. Aunque las realizaciones descritas en la presente memoria pueden proporcionar ciertas ventajas al eliminar la necesidad de hiperemia (por ejemplo, mediante la administración de un agente hiperémico), debe entenderse que cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria puede usarse en un estado hiperémico.

Las figuras 3A y 3B muestran representaciones gráficas 100A, 100B de un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. El conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 puede incluir una serie de mediciones de presión individuales tomadas en una primera ubicación del vaso durante un primer período de tiempo 106. El conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 puede incluir una serie de mediciones de presión individuales tomadas en una segunda ubicación, diferente, del vaso tomadas durante el mismo primer período de tiempo 106. En un ejemplo, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 podría haberse tomado en una ubicación distal respecto a una zona de interés (por ejemplo, una restricción, tal como una estenosis) y, por lo tanto, se denominará presión distal, P_d , mientras que el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 podría haberse tomado en una ubicación próxima a, o en una dirección hacia, la aorta desde la zona de interés (por ejemplo, la restricción, tal como la estenosis) y, por lo tanto, se denominará presión aórtica, P_a . El primer período de tiempo 106 puede representar un estado no hiperémico en el vaso, de forma que el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 se pueden obtener no durante la hiperemia.

Las figuras 3A y 3B muestran gráficamente, con fines ilustrativos, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 como una forma de onda de presión en función del primer período de tiempo 106. Sin embargo, en ciertas realizaciones de técnicas dentro del alcance de

esta invención el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 se pueden usar sin necesidad de generar una forma de onda gráfica, por ejemplo, en forma de conjuntos de datos numéricos que incluyen las presiones medidas individuales y los correspondientes instantes.

Tal y como se muestra en las figuras 3A y 3B, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 incluye una muesca dicrótica 108 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 incluye una muesca dicrótica 110. En la aplicación de diagnóstico a modo de ejemplo descrita en la presente memoria, las muescas dicróticas 108, 110 representan el cierre de la válvula aórtica al comienzo de la diástole ventricular durante un ciclo cardíaco 112. Cada muesca dicrótica 108, 110 aparece en la forma de onda de presión respectiva como una desviación ascendente relativamente ligera en una parte descendente de la forma de onda de presión. En otras palabras, cada muesca dicrótica 108, 110 está representada por una o más mediciones de presión creciente en el respectivo conjunto de mediciones de presión que tiene mediciones de presión decrecientes inmediatamente antes e inmediatamente después de la una o más mediciones de presión crecientes en el tiempo.

Tal y como se ha descrito previamente, las técnicas anteriores para aproximar la FFR se basan en la identificación del período de diástole del ciclo cardíaco y en el uso de mediciones de presión tomadas durante un sub-período predefinido de diástole, a veces denominado "período sin ondas", cuando la resistencia del vaso se ha encontrado empíricamente que es baja. Al objeto de identificar el comienzo del período de diástole, estas técnicas anteriores se basan en identificar la muesca dicrótica 108, 110 en cada conjunto de mediciones de presión. Usando la muesca dicrótica 108, 110 identificada como punto de referencia, estas técnicas anteriores definen un sub-período dentro de la diástole relativo a la muesca dicrótica 108, 110 a partir del cual se usarán las mediciones de presión para calcular una relación de presión. Debido a que estas técnicas anteriores de aproximación de la FFR definen el período (por ejemplo, diástole) a partir del cual se usan las mediciones de presión en relación con la muesca dicrótica, es problemático el fallo al identificar con precisión la muesca dicrótica en las mediciones de presión tomadas para un paciente en particular. Es decir, puede conducir a una aproximación inexacta de la FFR, ya que la relación de presión puede terminar calculándose utilizando mediciones de presión tomadas cuando la resistencia del vaso es importante, y perjudicial, para las mediciones de presión.

Las figuras 3A y 3B muestran formas de onda idealizadas con fines ilustrativos, pero en la práctica, la muesca dicrótica puede ser difícil de detectar en muchos pacientes como resultado de diferentes condiciones anatómicas y, en algunos casos, puede que no haya ninguna muesca dicrótica detectable. Por ejemplo, dependiendo del paciente en particular, la muesca dicrótica puede ir acompañada de una serie de otras desviaciones hacia arriba en la parte descendente de la forma de onda de presión. Esto hace que sea difícil identificar cuál de dichas desviaciones es la muesca dicrótica (por ejemplo, cuál representa el cierre de la válvula aórtica), y cuáles de las otras desviaciones son simplemente ruido asociado con la anatomía particular del paciente. En otros casos, dependiendo de la anatomía del paciente en particular, la parte descendente de la forma de onda de presión puede no tener desviación hacia arriba y, por lo tanto, no tener una muesca dicrótica detectable.

En consecuencia, las diferentes realizaciones de técnicas descritas en la presente memoria pueden identificar características asociadas con mediciones de presión (por ejemplo, obtenidas no durante la hiperemia) en un momento distinto a aquel en el que está presente una muesca dicrótica. Por ejemplo, el tipo de característica que se identificará mediante las técnicas descritas en la presente memoria podría incluir, como ejemplos, una o más de entre una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima o umbral y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima. Las características identificadas en estas realizaciones se pueden identificar de forma más fácil y consistente en pacientes diferentes en comparación con la muesca dicrótica. Estas realizaciones pueden utilizar entonces las características identificadas para seleccionar mediciones de presión relativas a las mismas (por ejemplo, una o más mediciones de presión tomadas en instantes entre las características identificadas) y luego usar las mediciones de presión seleccionadas para calcular un valor numérico, tal como una relación de presión que aproxime la FFR. Por ejemplo, las mediciones de presión utilizadas para calcular la relación de presión pueden seleccionarse en relación a las características identificadas, de forma que las mediciones de presión seleccionadas sean las tomadas en un instante en el que se haya mostrado que la resistencia del vaso se minimiza de forma natural. En consecuencia, tales realizaciones son capaces de reducir los efectos secundarios del paciente, así como el coste y el tiempo asociados con la inducción de hiperemia en la FFR tradicional, a la vez que proporcionan una aproximación más consistente y precisa de la FFR al eliminar la necesidad de identificar la muesca dicrótica.

Haciendo referencia a las figuras 3A y 3B, se describe una realización a modo de ejemplo de una técnica para calcular una relación de presión que aproxime la FFR. En la realización a modo de ejemplo descrita haciendo referencia a las figuras 3A y 3B, la técnica usa una medición de presión máxima como el tipo de característica que ha de ser identificada y usada para seleccionar mediciones de presión relativas a la misma para su uso en el cálculo de una relación de presión que aproxime la FFR. Esta técnica a modo de ejemplo se describirá haciendo referencia a la figura 3A. A continuación, haciendo referencia a la figura 3B, se describirá un aspecto particular de la identificación de características independientes para cada uno de entre el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 que se puede utilizar en esta técnica a modo de ejemplo.

Para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, se identifica una primera característica delantera 114 y una primera característica trasera 116. La primera característica trasera 116 identificada está después de la primera característica delantera 114 identificada en el primer período de tiempo 106. La primera característica delantera 114 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la primera característica trasera 116 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. La una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que se asocia la primera característica trasera 116 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un instante diferente) que la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que está asociada la primera característica delantera 114.

En particular, en la realización de la técnica descrita haciendo referencia a las figuras 3A y 3B, la primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 son características identificadas como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. En el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica delantera 114 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro de un primer intervalo de tiempo predefinido 122 del primer período de tiempo 106. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica trasera 116 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro de un segundo intervalo de tiempo predefinido 124 del primer período de tiempo 106, que es posterior al primer intervalo de tiempo predefinido 122. El primer intervalo de tiempo predefinido 122 y el segundo intervalo de tiempo predefinido 124 se pueden configurar según corresponda para una aplicación específica. En algunos ejemplos, el primer intervalo de tiempo predefinido 122 y el segundo intervalo de tiempo predefinido 124 se establecerán para que sean consecutivos y de igual duración. En el ejemplo que se muestra en este caso, el primer intervalo de tiempo predefinido 122 se establece para aproximarse al tiempo que generalmente dura un ciclo cardíaco 112 (por ejemplo, del paciente particular en una aplicación). El segundo intervalo de tiempo predefinido 124 puede configurarse de forma similar para aproximarse al tiempo que generalmente dura otro ciclo cardíaco 112 posterior.

La primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 108. En cambio, la primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 están asociadas con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 126, un instante 128) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 108 está presente en el conjunto de las mediciones de presión de primera ubicación 102.

Para el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, se identifican una segunda característica delantera 118 y una segunda característica trasera 120. La segunda característica trasera 120 identificada está después de la segunda característica delantera 118 identificada en el primer período de tiempo 106. La segunda característica delantera 118 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 y la segunda característica trasera 120 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. La una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica de trasera 120 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un instante diferente) que la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica delantera 118.

En particular, en la realización de la técnica descrita haciendo referencia a las figuras 3A y 3B, la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 son características identificadas como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. En el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica delantera 118 puede identificarse como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica trasera 120 se puede identificar como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124. En algunos casos, una medición de presión máxima identificada puede representar más de una medición de presión individual en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y/o en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Por ejemplo, en alguno, o en ambos, de estos conjuntos se puede identificar una medición de presión máxima identificada como correspondiente a un tiempo promedio en el intervalo de tiempo predefinido respectivo que representa a múltiples mediciones de presión localizadas consecutivas que son mayores en una cantidad predeterminada que otras mediciones de presión adyacentes en el tiempo. Esto puede ser útil, en un ejemplo, para alinear las características delanteras y/o traseras identificadas de los diferentes conjuntos 102, 104 en un instante común en el respectivo intervalo de tiempo predefinido.

La segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 110. En cambio, la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 están asociadas con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 126, un instante 128) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 110 está presente en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104.

En algunos casos, como se muestra en la figura 3A, la medición de presión máxima identificada como la primera característica delantera 114 y la medición de presión máxima identificada como la segunda característica delantera 118 pueden ocurrir en el mismo instante 126 del primer período de tiempo 106. De forma similar, en algunos casos, como se muestra en la figura 3A, la medición de presión máxima identificada como la primera característica trasera 116 y la medición de presión máxima identificada como la segunda característica trasera 120 pueden ocurrir en el mismo instante 128 del primer período de tiempo 106. Sin embargo, como se describirá haciendo referencia a la figura 3B, en otros casos, la medición de presión máxima identificada como la primera característica delantera 114 y la medición de presión máxima identificada como la segunda característica delantera 118 pueden ocurrir en instantes diferentes del primer período de tiempo 106, y la medición de presión máxima identificada como la primera característica trasera 116 y la medición de presión máxima identificada como la segunda característica trasera 120 puede ocurrir en instantes diferentes del primer período de tiempo 106.

Las características delanteras y traseras identificadas pueden servir como referencia para seleccionar las mediciones de presión que se utilizan para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada. Asimismo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada. En un caso, la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 identificada se pueden obtener en el mismo instante del primer período de tiempo 106. Por tanto, se puede calcular un valor numérico que representa una evaluación de una restricción en el vaso sanguíneo, tal como una relación de presión, usando i) la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y ii) la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 identificada. En otros casos, las mediciones de presión se pueden seleccionar con respecto a las características delanteras y traseras identificadas en ubicaciones que no estén entre las características delanteras y traseras identificadas.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, se pueden usar dos o más mediciones de presión de cada conjunto entre las respectivas características identificadas para calcular la relación de presión. Como ejemplo, una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada se puede promediar con otra medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 identificada. Del mismo modo, una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada se puede promediar con otra medición de presión en el conjunto de las mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada. Por tanto, la relación de presión se puede calcular usando las mediciones de presión promediadas en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y las mediciones de presión promediadas en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada.

En algunos casos, se pueden seleccionar una o más mediciones de presión utilizadas para calcular la relación de presiones en una ubicación particular entre las respectivas características delanteras y traseras. Por ejemplo, la relación de presión se puede calcular usando i) una medición de presión 132 que es una primera distancia 130 (por ejemplo, medida en el tiempo y, por lo tanto, a la que se puede denominar un tiempo 130) entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y ii) una medición de presión 134 que es la primera distancia 130 (por ejemplo, medida en el tiempo y, por lo tanto, a la que se puede denominar el tiempo 130) entre la segunda característica trasera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada. En el ejemplo ilustrado en la figura 3A, la primera distancia 130 está a mitad de camino entre (por ejemplo, medida en tiempo) la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada, y a mitad de camino entre (por ejemplo, medida en tiempo) la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada. Por lo tanto, como se muestra en este caso, la primera distancia 130 es el cincuenta por ciento del tiempo 129 que se extiende entre el instante 126, asociado con las respectivas características delanteras 114, 118, y el instante 128, asociado con las respectivas características traseras 116, 120.

En aquellas realizaciones mencionadas anteriormente donde se usan dos o más mediciones de presión de cada conjunto entre las respectivas características identificadas para calcular la relación de presión, cada una de estas dos o más mediciones de presión también se pueden seleccionar en una ubicación particular entre las respectivas características delanteras y traseras. En el ejemplo mostrado en la figura 3A, además de usar las mediciones de presión 132, 134 en la primera distancia 130, pueden usarse mediciones de presión en una segunda distancia 136 y/o mediciones de presión en una tercera distancia 142.

Por ejemplo, i) una medición de presión 138 que está a la segunda distancia 136 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y ii) una medición de presión 140 que está a la segunda distancia 136 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica

trasera 120 identificada pueden usarse, cada una de ellas, junto con las mediciones de presión 132, 134 para calcular una relación de presión. La segunda distancia 136 puede estar entre el instante 126 y el instante en el que se establece la primera distancia 130, por ejemplo, al veinte por ciento, veinticinco por ciento, treinta por ciento, treinta y cinco por ciento, cuarenta por ciento o cuarenta y cinco por ciento del tiempo 129.

Además, i) una medición de presión 144 que está a la tercera distancia 142 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y ii) una medición de presión 146 que está a la tercera distancia 142 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada pueden usarse, cada una de ellas, junto con las mediciones de presión 132, 134, y de forma adicional o alternativa a las mediciones de presión 138, 140, para calcular una relación de presión. La tercera distancia 142 puede estar entre el instante 128 y el instante en el que se establece la primera distancia 130, por ejemplo, al cincuenta y cinco por ciento, sesenta por ciento, sesenta y cinco por ciento, setenta por ciento, setenta y cinco por ciento, ochenta por ciento, ochenta y cinco por ciento, o el noventa por ciento del tiempo 129.

Estas dos o más mediciones de presión de cada conjunto en una ubicación particular entre las características delanteras y traseras respectivas pueden combinarse y usarse para calcular una relación de presión. Por ejemplo, la medición de presión 132 se puede promediar con la medición de presión 138 y/o 144. Del mismo modo, la medición de presión 134 se puede promediar con la medición de presión 140 y/o 146. Por tanto, la relación de presión se puede calcular usando las mediciones de presión promediadas en las ubicaciones particulares en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada, y las mediciones de presión promediadas en las ubicaciones particulares en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada.

Como se ha señalado, la figura 3B ilustra un ejemplo de un aspecto particular de la identificación de características independientes para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Una vez que una o más características se identifican de forma independiente en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, estas una o más características se pueden usar para seleccionar una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, y para calcular un valor numérico igual, o similar, al descrito en otra parte (por ejemplo, con respecto a la figura 3A) de la presente memoria. Al igual que en el ejemplo descrito haciendo referencia a la figura 3A, en el ejemplo de la figura 3B la primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 son características identificadas como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 son características identificadas como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Sin embargo, alguno, o más, de los aspectos descritos haciendo referencia a la figura 3B se puede utilizar con cualquier otro tipo de característica descrito en otra parte de la presente memoria (por ejemplo, la identificación de alguna, o más, características descritas haciendo referencia a las figuras 4, 5, 6, 7 y 8).

En algunos ejemplos, como se muestra en la figura 3B, la forma de onda de presión que representa el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 puede estar desfasada, o desplazada, en el primer período de tiempo 106 con respecto a la forma de onda de presión que representa el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Esto puede ocurrir, en ciertas aplicaciones a modo de ejemplo, cuando el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 se obtienen en diferentes ubicaciones que experimentan cambios de presión en diferentes momentos debido a la distancia entre estas diferentes ubicaciones.

En el ejemplo descrito haciendo referencia a la figura 3B, la primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 se identifican en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 de forma independiente con respecto a la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Como se muestra en este caso, la primera característica delantera 114 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la segunda característica delantera 118 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122 del primer período de tiempo 106. Es decir, la primera característica delantera 114 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 en el instante 126d. La segunda característica delantera 118 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 en el instante 126a, que es diferente del instante 126d. Como también se muestra en este caso, la primera característica trasera 116 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la segunda característica trasera 120 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124 del primer período de tiempo 106. Es decir, la primera característica trasera 116 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 en el instante 128d. La segunda característica trasera 120 se identifica como una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 en el instante 128a, que es diferente del instante 128d.

Tal y como se ha descrito anteriormente, la primera característica delantera 114, la primera característica trasera 116, la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 no están asociadas con mediciones de presión que representan la respectiva muesca dicrótica 108, 110.

En la figura 3B, las características delanteras y traseras identificadas pueden servir como referencias para seleccionar mediciones de presión que se usan para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada. Asimismo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada.

Como ejemplo, mostrado en la figura 3B, se puede seleccionar una o más mediciones de presión utilizadas para calcular la relación de presión en una ubicación particular entre las respectivas características delanteras y traseras. Por ejemplo, la relación de presión se puede calcular utilizando la medición de presión 132 que está a una primera distancia 130d (por ejemplo, medida en tiempo y, por lo tanto, puede denominarse tiempo 130d) entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada y/o la medición de presión 134 que está a una primera distancia 130a (por ejemplo, medida en tiempo y, por lo tanto, puede denominarse tiempo 130a) entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada. Como se muestra en el ejemplo de la figura 3B, la primera distancia 130d está a mitad de camino entre (por ejemplo, medida en tiempo) la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 identificada. Por lo tanto, como se muestra en este caso, la primera distancia 130d es el cincuenta por ciento del tiempo 129d que se extiende entre el instante 126d, asociado con la primera característica delantera 114, y el instante 128d, asociado con la primera característica trasera 116. Y, la primera distancia 130a está a mitad de camino entre (por ejemplo, medida en tiempo) la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120 identificada. Por lo tanto, como se muestra en este caso, la primera distancia 130a es el cincuenta por ciento del tiempo 129a que se extiende entre el instante 126a, asociado con la segunda característica trasera 116, y el instante 128a, asociado con la segunda característica trasera 120. Dado que en la figura 3B la forma de onda de presión que representa el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 está desplazada en el primer período de tiempo 106 con respecto a la forma de onda de presión que representa el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, la primera distancia 130a puede estar desplazada con respecto a la primera distancia 130d. Como se muestra en este caso, la primera distancia 130a está desplazada con respecto a la primera distancia 130d en un tiempo 148.

La relación de presión se puede calcular usando la medición de presión 132 y/o la medición de presión 134 de diferentes formas. Como ejemplo, se puede calcular una relación de presión usando i) la medición de presión 132, en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, en el instante correspondiente a 130d y ii) la medición de presión 134, en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, en el instante correspondiente a 130a. A modo de otro ejemplo, se puede calcular una relación de presión usando i) la medición de presión 132, en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, en el instante correspondiente a 130d y ii) una medición de presión 135, en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, en el instante correspondiente a 130d. Por lo tanto, en este ejemplo, la medición de presión 132 se puede identificar usando las características delanteras y traseras 114 y 116, como se ha descrito, y la medición de presión 135 se puede identificar como una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 en el instante del primer período de tiempo 106 correspondiente a la medición de presión 132. Como ejemplo adicional, se puede calcular una relación de presión usando i) la medición de presión 134, en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, en el instante correspondiente a 130a y ii) una medición de presión 133, en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, en el instante correspondiente a 130a. Por lo tanto, en este ejemplo, la medición de presión 134 se puede identificar usando las características delanteras y traseras 118 y 120, como se ha descrito, y la medición de presión 133 se puede identificar como una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 en el instante del primer período de tiempo 106 correspondiente a la medición de presión 134.

En algunos casos en los que las formas de onda de presión están desplazadas, como en la figura 3B, se puede aplicar un factor de corrección para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede calcular en un ejemplo una relación de presión usando i) la medición de presión 132, en un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, en el instante correspondiente a 130d y ii) una medición de presión corregida que se calcula aplicando un factor de corrección a la medición de presión 135, en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, en el instante correspondiente a 130d. El factor de corrección aplicado a la medición de presión 135 puede ser un multiplicador numérico (por ejemplo, menor que uno o mayor que uno) que compensa la medición de presión 135 por el desfase en el tiempo entre las formas de onda de presión para las mediciones de presión de ubicaciones primera y segunda 102, 104. En un caso, el factor de corrección puede ser un multiplicador numérico (por ejemplo, menor que uno o mayor que uno) que compensa la medición de presión 135 por el tiempo de desfase 148. Como tal, en este caso, el factor de corrección puede ser un multiplicador numérico correspondiente al tiempo de desfase 148 para el ajuste de la medición de presión 135 para este tiempo de desfase 148. Así, en este caso, cuanto mayor sea el tiempo de desfase 148, mayor será el valor de ajuste del factor de corrección aplicado a la medición de presión 135.

En otro ejemplo de factor de corrección, se puede calcular una relación de presión usando i) la medición de presión 134, en un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, en el instante correspondiente a 130a y ii) una medición de presión corregida que se calcula aplicando un factor de corrección a la medición de presión 133, en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, en el instante correspondiente a 130a. El factor de corrección aplicado a la medición de presión 133 puede ser un multiplicador numérico (por ejemplo, menor que uno o mayor que uno) que compensa la medición de presión 133 por el desfase en el tiempo entre las formas de onda de presión para las mediciones de presión de ubicaciones primera y segunda 102, 104. En un caso, el factor de corrección puede ser un multiplicador numérico (por ejemplo, menor que uno o mayor que uno) que compensa la medición de presión 133 por el tiempo de desfase 148. Como tal, en este caso, el factor de corrección puede ser un multiplicador numérico correspondiente al tiempo de desfase 148 para el ajuste de la medición de presión 133 para este tiempo de desfase 148. Así, en este caso, cuanto mayor sea el tiempo de desfase 148, mayor será el valor de ajuste del factor de corrección aplicado a la medición de presión 133.

En ciertos ejemplos, se puede usar un electrocardiograma (a veces abreviado como ECG o EKG) para ayudar a identificar una característica delantera y/o trasera en uno o más conjuntos de mediciones de presión. Una o ambas de las formas de onda de presión de primera y segunda ubicación pueden compararse con una traza de electrocardiograma. Por medio de esta comparación, se puede usar una característica comprobable de la traza del electrocardiograma para identificar una característica correspondiente de una o ambas formas de onda de presión de primera y segunda ubicación. Esto puede ser útil cuando una característica particular de una o ambas de las formas de onda de presión de ubicación primera y segunda que se busca identificar es difícil de identificar de forma aislada. Este puede ser el caso, por ejemplo, en ciertos pacientes en los que dos o más mediciones de presión adyacentes en el tiempo en una forma de onda de presión están cerca de un valor de presión máximo similar. Al comparar esta forma de onda de presión con una traza de electrocardiograma del paciente adquirido al mismo tiempo que la medición de presión, se puede usar una característica fácilmente comprobable de una traza de electrocardiograma para determinar qué medición de presión debe identificarse como la característica de medición de presión máxima.

Por ejemplo, se puede usar un electrocardiograma para identificar una medición de presión máxima como cada una de las características delanteras y traseras. En este ejemplo, se puede determinar el instante de un pico (a veces denominado onda o pico "R" de contracción ventricular) de una primera traza de electrocardiograma. Entonces, este instante del pico de la primera traza de electrocardiograma puede usarse como el instante en el que una medición de presión en el conjunto (por ejemplo, el conjunto de mediciones de presión de primera y/o segunda ubicación) de mediciones de presión se identifica como una característica delantera. Asimismo, se puede determinar un instante de un pico de una segunda traza de electrocardiograma posterior. Entonces, este instante del pico de la segunda traza de electrocardiograma se puede usar como el instante en el que una medición de presión en el conjunto (por ejemplo, el conjunto de mediciones de presión de primera y/o segunda ubicación) de mediciones de presión se identifica como una característica trasera.

En otros ejemplos, se puede usar un electrocardiograma para ayudar a identificar otros tipos de características delanteras y/o traseras en uno o más conjuntos de mediciones de presión. Esto puede incluir, por ejemplo, los tipos de características delanteras y traseras descritas haciendo referencia a las figuras 4-8.

La figura 4 muestra una representación gráfica 200 de mediciones de presión tomadas durante una serie de intervalos de tiempo predefinidos del primer período de tiempo 106. Según una realización a modo de ejemplo descrita en la presente memoria haciendo referencia a la figura 4, se puede calcular una relación de presión usando unas mediciones de presión de cada uno de dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes. Esto puede ser útil para proporcionar un tamaño de muestra más grande a partir del cual calcular la relación de presión y, por lo tanto, puede servir para aumentar la precisión.

Haciendo referencia al ejemplo que se muestra en la figura 4, el primer período de tiempo 106 incluye una serie de intervalos de tiempo predefinidos. Como se muestra en este caso, el primer período de tiempo 106 incluye el primer intervalo de tiempo predefinido 122 y el segundo intervalo de tiempo predefinido 124, posterior en el tiempo a los primeros intervalos de tiempo predefinidos 122. El conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 conforma una forma de onda de presión de primera ubicación que incluye un primer ciclo 160 de mediciones de presión de primera ubicación durante el primer intervalo de tiempo predefinido 122 y un segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación durante el segundo intervalo de tiempo predefinido 124. De forma similar, el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 conforma una forma de onda de presión de segunda ubicación que incluye un primer ciclo 164 de mediciones de presión de segunda ubicación durante el primer intervalo de tiempo predefinido 122 y un segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación durante el segundo intervalo de tiempo predefinido 124. En una aplicación a modo de ejemplo descrita en este caso, el primer ciclo 160 de mediciones de presión de primera ubicación y el primer ciclo 164 de mediciones de presión de segunda ubicación pueden corresponder, cada uno, a un primer ciclo cardíaco en el que se establece el primer intervalo de tiempo predefinido 122. Además, en esta misma aplicación a modo de ejemplo descrita en este caso, el segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación y el segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación pueden corresponder, cada uno, a un segundo ciclo cardíaco en el que se establece el segundo intervalo de tiempo predefinido 124.

Al obtener mediciones de presión en varios intervalos de tiempo predefinidos diferentes establecidos que corresponden a respectivos ciclos diferentes, se puede calcular una relación de presión usando mediciones de presión de diferentes ciclos. Por ejemplo, una relación de presión de primer intervalo de tiempo predefinido 168 puede calcularse usando un promedio de una o más mediciones de presión del primer ciclo 160 de mediciones de presión de primera ubicación y una o más mediciones de presión del primer ciclo 164 de mediciones de presión de segunda ubicación. Además, se puede calcular una relación de presión de segundo intervalo de tiempo predefinido 170 usando un promedio de una o más mediciones de presión del segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación y una o más mediciones de presión del segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación. Entonces, esta relación de presión de primer intervalo de tiempo predefinido 168 y esta relación de presión de segundo intervalo de tiempo predefinido 170 pueden promediarse para proporcionar una relación de presión calculada usando mediciones de presión de diferentes ciclos.

Más específicamente, como se ha detallado previamente, la una o más mediciones de presión usadas de cada uno de los ciclos 160, 162, 164, 166 pueden seleccionarse en relación con las características delanteras y traseras identificadas.

La primera característica delantera 114 y la primera característica trasera 116 se pueden identificar, y la una o más mediciones de presión del primer ciclo 160 de las mediciones de presión de primera ubicación se pueden seleccionar entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116. Además, la segunda característica delantera 118 y la segunda característica trasera 120 se pueden identificar, y la una o más mediciones de presión del primer ciclo 164 de las mediciones de presión de segunda ubicación se pueden seleccionar entre la segunda característica delantera 118 identificada y la segunda característica trasera 120. Como se muestra en la figura 4, la relación de presión de primer intervalo de tiempo predefinido 168 se calcula usando i) la medición de presión 132 del primer ciclo 160 de las mediciones de presión de primera ubicación que está a mitad de camino entre la primera característica delantera 114 identificada y la primera característica trasera 116 (o al cincuenta por ciento del intervalo de tiempo entre el instante asociado con la característica delantera 114 y el instante asociado con la característica trasera 116) y ii) la medición de presión 134 del primer ciclo 164 de mediciones de presión de segunda ubicación que está a mitad de camino entre la segunda característica delantera 118 identificada y segunda característica trasera 120 (o al cincuenta por ciento del tiempo que transcurre entre el instante asociado con la característica delantera 118 y el instante asociado con la característica trasera 120). Como se ha descrito anteriormente, pueden usarse mediciones de presión en una o más ubicaciones particulares entre la característica delantera respectiva 114, 118 y la característica trasera respectiva 116, 120. Ejemplos de dichas mediciones de presión en una o más ubicaciones particulares entre la característica delantera respectiva 114, 118 y la característica trasera respectiva 116, 120 se muestran en la figura 4 a lo largo de cada forma de onda respectiva usando marcadores visuales únicos, estando detallado cada uno de ellos con la clave situada en el lado derecho de la figura 4.

Para seleccionar la una o más mediciones de presión del segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación y la una o más mediciones de presión del segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación, se pueden identificar de nuevo las características delanteras y traseras respectivas. Por ejemplo, se puede identificar una tercera característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación, y se puede identificar una cuarta característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación. En el ejemplo mostrado en la figura 4, la primera característica trasera 116 se comporta como la tercera característica delantera y la segunda característica trasera 120 se comporta como la cuarta característica delantera. Además, se puede identificar una tercera característica trasera 172 asociada con una o más mediciones de presión en un tercer ciclo 174 de mediciones de presión de primera ubicación durante un tercer intervalo de tiempo predefinido 150 del primer período de tiempo 106. Y puede identificarse una cuarta característica trasera 176 asociada con una o más mediciones de presión en un tercer ciclo 178 de mediciones de presión de segunda ubicación durante el tercer intervalo de tiempo predefinido 150. En este ejemplo, la tercera característica trasera 172 y la cuarta característica trasera 176 pueden ser, cada una, una medición de presión máxima en los respectivos conjuntos de mediciones de presión de ubicaciones primera y segunda 102, 104 durante el tercer período de tiempo predefinido 150. La tercera característica trasera 172 identificada puede estar después de la tercera característica delantera identificada en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la cuarta característica trasera 176 identificada puede estar después de la cuarta característica delantera identificada en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104.

Se pueden seleccionar una o más mediciones de presión del segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación entre la tercera característica delantera identificada y la tercera característica trasera 172 identificada. Además, se pueden seleccionar una o más mediciones de presión del segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación entre la cuarta característica delantera identificada y la cuarta característica trasera 176 identificada. Como se muestra en la figura 4, la relación de presión de segundo intervalo de tiempo predefinido 170 se calcula usando i) una medición de presión 180 del segundo ciclo 162 de las mediciones de presión de primera ubicación que está a mitad de camino entre la tercera característica delantera identificada y la tercera característica trasera 172 (o al cincuenta por ciento del intervalo de tiempo entre el instante asociado con la tercera característica delantera y el instante asociado con la tercera característica trasera 172) y ii) una medición de presión 182 del segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación que está a mitad de camino entre la cuarta característica delantera identificada y la cuarta característica trasera 176 (o al cincuenta por ciento del tiempo que transcurre entre el instante asociado con la cuarta característica trasera y el instante asociado con la cuarta característica trasera 176).

Como se ha descrito anteriormente, se pueden usar mediciones de presión en una o más ubicaciones particulares entre las respectivas tercera y cuarta características delanteras y las respectivas tercera y cuarta características traseras 172, 176. Ejemplos de tales mediciones de presión en una o más ubicaciones particulares entre las respectivas tercera y cuarta características delanteras y las respectivas tercera y cuarta características traseras 172, 176 se muestran en la figura 4 a lo largo de cada forma de onda respectiva usando marcadores visuales únicos, estando detallado cada uno de ellos con la clave situada en el lado derecho de la figura 4.

Habiendo calculado la relación de presión de primer intervalo de tiempo predefinido 168 y la relación de presión de segundo intervalo de tiempo predefinido 170, se puede calcular una relación de presión a lo largo de dos ciclos diferentes, correspondientes a los períodos de tiempo 122 y 124, promediando la relación de presión de primer intervalo de tiempo predefinido 168 y la relación de presión de segundo intervalo de tiempo predefinido 170.

En algunas realizaciones, como se muestra en la figura 4, se puede calcular una relación de presión a través de más de dos ciclos diferentes. La figura 4 muestra adicionalmente un cuarto intervalo de tiempo predefinido 152 y un quinto intervalo de tiempo predefinido 154. De la misma forma que se ha descrito justo con anterioridad, las características delanteras y traseras pueden identificarse para seleccionar una o más mediciones de presión ubicadas entre ellas que, a su vez, pueden usarse para calcular una relación de presión para ciclos adicionales a fin de aumentar el tamaño de la muestra para proporcionar una aproximación de la FFR. Como se muestra en este caso, además de calcular la relación de presión de primer intervalo de tiempo predefinido 168 y la relación de presión de segundo intervalo de tiempo predefinido 170, también se puede calcular una relación de presión de tercer intervalo de tiempo predefinido 184, una relación de presión de cuarto intervalo de tiempo predefinido 186 y una relación de presión de quinto intervalo de tiempo predefinido 188. Las relaciones de presión de intervalo de tiempo predefinido 168, 170, 184, 186 y 188 se pueden promediar para proporcionar una relación de presión calculada usando mediciones de presión de cinco ciclos diferentes, tal y como se muestra en la figura 4.

Se observa que, como se ilustra en el ejemplo de la figura 4, una característica delantera identificada puede estar asociada con una o más mediciones de presión que ocurren en un ciclo de mediciones de presión diferente de los de esas una o más mediciones de presión asociadas con una característica trasera identificada. Por ejemplo, como se ilustra en este caso, la primera característica delantera 114 identificada puede estar asociada con una o más mediciones de presión del primer ciclo 160 de las mediciones de presión de primera ubicación, mientras que la primera característica trasera 116 identificada puede estar asociada con una o más mediciones de presión del segundo ciclo 162 de mediciones de presión de primera ubicación. Asimismo, la segunda característica delantera 118 identificada puede estar asociada con una o más mediciones de presión del primer ciclo 164 de las mediciones de presión de segunda ubicación, mientras que la segunda característica trasera 120 identificada puede estar asociada con una o más mediciones de presión del segundo ciclo 166 de mediciones de presión de segunda ubicación.

Las realizaciones a modo de ejemplo descritas hasta este punto se han descrito e ilustrado usando una medición de presión máxima como un ejemplo de un tipo característico identificado. A continuación, se describirán realizaciones a modo de ejemplo adicionales en las que se pueden utilizar otros ejemplos de tipos característicos identificables.

La figura 5 muestra de nuevo la representación gráfica 100 de unas mediciones de presión que pueden usarse para calcular una relación de presión. Los detalles proporcionados anteriormente en la presente memoria se aplican igualmente a la realización descrita con respecto a la figura 5 excepto que se indique lo contrario. En particular, la figura 5 ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una técnica para calcular una relación de presión para aproximar la FFR en la que se identifica un tipo de característica de medición de presión mínima y se usa para seleccionar unas mediciones de presión relativas al mismo para su uso en el cálculo de la relación de presión que aproxima la FFR.

La figura 5 muestra la representación gráfica 100 del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 tomadas durante el primer período de tiempo 106 como se ha descrito anteriormente. Como se muestra nuevamente en este caso, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 incluye la muesca dicrótica 108 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 incluye la muesca dicrótica 110, en donde las muescas dicróticas 108, 110 representan el cierre de la válvula aórtica al inicio de la diástole ventricular durante el ciclo cardíaco 112.

Para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, se identifica una primera característica delantera 214 y una primera característica trasera 216. La primera característica trasera 216 identificada está después de la primera característica delantera 214 identificada en el primer período de tiempo 106. La primera característica delantera 214 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la primera característica trasera 216 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. La una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que se asocia la primera característica trasera 216 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un tiempo diferente) que la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que está asociada la primera característica delantera 214.

Como se ha señalado, en la realización a modo de ejemplo descrita haciendo referencia a la figura 5, una medición de presión mínima es el tipo de característica a identificar y usar para seleccionar mediciones de presión relativas a la

misma para su uso en el cálculo de una relación de presión que aproxime la FFR. En particular, en este caso la primera característica delantera 214 y la primera característica trasera 216 son características identificadas como una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. En el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica delantera 214 se identifica como una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122 del primer período de tiempo 106. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica trasera 216 se identifica como una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124 del primer período de tiempo 106 que es posterior al primer intervalo de tiempo predefinido 122.

La primera característica delantera 214 y la primera característica trasera 216 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 108. En su lugar, la primera característica delantera 214 y la primera característica trasera 216 están asociadas con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 226, un instante 228) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 108 está presente en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102.

Para el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, se identifica una segunda característica delantera 218 y una segunda característica trasera 220. La segunda característica trasera 220 identificada está después de la segunda característica delantera 218 identificada en el primer período de tiempo 106. La segunda característica delantera 218 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 y la segunda característica trasera 220 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. La una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica trasera 220 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un tiempo diferente) que la una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica delantera 218.

Como se observa, en la realización de la técnica descrita haciendo referencia a la figura 5, la segunda característica delantera 218 y la segunda característica trasera 220 son características identificadas como una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. En el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica delantera 218 se puede identificar como una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica trasera 220 puede identificarse como una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124. En algunos casos, una medición de presión mínima identificada puede representar más de una medición de presión individual en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y/o en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Por ejemplo, en cualquiera de estos conjuntos, o en ambos, una medición de presión mínima identificada se puede identificar como correspondiente a un instante promedio en el respectivo intervalo de tiempo predefinido que representa múltiples mediciones consecutivas de presión mínima localizadas, como se muestra para la primera característica delantera 214. Esto puede ser útil, por ejemplo, para alinear las características delanteras y/o traseras identificadas de los diferentes conjuntos 102, 104 en un instante común en el respectivo intervalo de tiempo predefinido.

La segunda característica delantera 218 y la segunda característica trasera 220 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 110. En su lugar, la segunda característica delantera 218 y la segunda característica trasera 220 están asociadas con una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 226, un instante 228) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 110 está presente en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104.

En algunos casos, como se muestra en la figura 5, la medición de presión mínima identificada como la primera característica delantera 214 y la medición de presión mínima identificada como la segunda característica delantera 218 pueden ocurrir en el mismo instante 226 del primer período de tiempo 106. De forma similar, en algunos casos, como se muestra en la figura 5, la medición de presión mínima identificada como la primera característica trasera 216 y la medición de presión mínima identificada como la segunda característica trasera 220 pueden ocurrir en el mismo instante 228 del primer período de tiempo 106.

Estas características delantera y trasera identificadas pueden servir como referencia para seleccionar mediciones de presión que se utilizan para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 214 identificada y la primera característica trasera 216 identificada. Asimismo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 218 identificada y la segunda característica trasera 220 identificada. En un caso, la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 214 identificada y la primera característica trasera 216 identificada y la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 218 y la segunda característica trasera 220 identificada se puede obtener en el mismo instante del primer período de tiempo 106. Por tanto, se puede calcular

una relación de presión usando i) la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 214 identificada y la primera característica trasera 216 identificada y ii) la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 218 y la segunda característica trasera 220 identificada. En otros casos, las mediciones de presión pueden seleccionarse en relación a las características delantera y trasera identificadas en ubicaciones distintas de entre las características delantera y trasera identificadas.

Por ejemplo, de la misma forma que se ha descrito haciendo referencia a la figura 3, dos o más mediciones de presión de cada conjunto entre las respectivas características de medición de presión mínima identificadas 214, 216 y 218, 220 de la figura 5 se pueden utilizar para calcular la relación de presión. Esto incluye, como se ha descrito haciendo referencia a la figura 3, seleccionar cada una de estas dos o más mediciones de presión de una o más ubicaciones particulares entre las respectivas características delanteras y traseras y, en algunos casos, combinar estas mediciones de presión de una o más ubicaciones particulares, y usar las mediciones de presión combinadas para luego calcular una relación de presión.

Además, de la misma forma que se ha descrito haciendo referencia a la figura 4, se puede calcular una relación de presión utilizando unas características de medición de presión mínima identificadas asociadas con dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes del primer período de tiempo 106 para seleccionar unas mediciones de presión de cada uno de los dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes del primer período de tiempo 106.

La figura 6 muestra de nuevo la representación gráfica 100 de unas mediciones de presión que pueden usarse para calcular una relación de presión. Los detalles proporcionados anteriormente en la presente memoria se aplican igualmente a la realización descrita con respecto a la figura 6 excepto que se indique lo contrario. En particular, la figura 6 ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una técnica para calcular una relación de presión para aproximar la FFR en la que se identifica un tipo de característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima y se usa para seleccionar mediciones de presión relativas a la misma para su uso en el cálculo de la relación de presión para aproximar la FFR. Se puede identificar una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima, por ejemplo, cuando una diferencia entre mediciones de presión consecutivas constituye una disminución de presión que es una disminución de presión mayor que la que existe entre otras mediciones de presión consecutivas tomadas en instantes diferentes. En el contexto de las formas de onda de presión mostradas en la figura 6, la tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima puede representarse mediante una pendiente descendente máxima en la forma de onda para el respectivo conjunto de mediciones de presión 102, 104. Como se detalla a continuación, la característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima puede identificarse dentro de un intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo 106.

La figura 6 muestra la representación gráfica 100 del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 tomadas durante el primer período de tiempo 106, tal y como se ha descrito anteriormente. Como se muestra nuevamente en este caso, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 incluye la muesca dicrótica 108 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 incluye la muesca dicrótica 110, donde las muescas dicróticas 108, 110 representan el cierre de la válvula aórtica al inicio de la diástole ventricular durante el ciclo cardíaco 112.

Para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, se identifica una primera característica delantera 314 y una primera característica trasera 316. La primera característica trasera 316 identificada está después de la primera característica delantera 314 identificada en el primer período de tiempo 106. La primera característica delantera 314 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la primera característica trasera 316 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. La una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que se asocia la primera característica trasera 316 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un instante diferente) que la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que está asociada la primera característica delantera 314.

Como se ha señalado, en el ejemplo de realización descrito haciendo referencia a la figura 6, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima es el tipo de característica a identificar y usar para seleccionar mediciones de presión relativas a la misma para su uso en el cálculo de una relación de presión que aproxime la FFR. En particular, en este caso la primera característica delantera 314 y la primera característica trasera 316 son características identificadas como una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. En el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica delantera 314 se identifica como una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122 del primer período de tiempo 106. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica trasera 316 se identifica como una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124 del primer período de tiempo 106, que es posterior al primer intervalo de tiempo predefinido 122.

La primera característica delantera 314 y la primera característica trasera 316 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 108. En su lugar, la primera característica delantera 314 y la primera característica trasera 316 están asociadas con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de

presión de primera ubicación 102 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 326, un instante 328) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 108 está presente en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102.

Para el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, se identifica una segunda característica delantera 318 y una segunda característica trasera 320. La segunda característica trasera 320 identificada está después de la segunda característica delantera 318 identificada en el primer período de tiempo 106. La segunda característica delantera 318 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 y la segunda característica trasera 320 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. La una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica trasera 320 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un instante diferente) que la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica delantera 318.

Como se observa, en la realización de la técnica descrita haciendo referencia a la figura 6, la segunda característica delantera 318 y la segunda característica trasera 320 son características identificadas como una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. En el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica delantera 318 se puede identificar como una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica trasera 320 se puede identificar como una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124. En algunos casos, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificada puede representar más de una medición de presión individual en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y/o en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Por ejemplo, es decir, en alguno de estos conjuntos, o en ambos, se puede identificar una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificada como correspondiente a un instante del intervalo de tiempo predefinido respectivo que representa un instante promedio de múltiples mediciones de presión localizadas que tienen una misma, o substancialmente similar, tasa de cambio decreciente entre ellos. Esto puede ser útil, por ejemplo, para alinear las características delanteras y/o traseras identificadas de los diferentes conjuntos 102, 104 en un instante común en el respectivo intervalo de tiempo predefinido.

La segunda característica delantera 318 y la segunda característica trasera 320 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 110. En su lugar, la segunda característica delantera 318 y la segunda característica trasera 320 están asociadas con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 326, un instante 328) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 110 está presente en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104.

En algunos casos, como se muestra en la figura 6, la tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificada como la primera característica delantera 314 y la tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificada como la segunda característica delantera 318 pueden ocurrir en el mismo instante 326 del primer período de tiempo 106. De forma similar, en algunos casos, como se muestra en la figura 6, la tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificada como la primera característica trasera 316 y la tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificada como la segunda característica trasera 320 pueden ocurrir en el mismo instante 328 del primer período de tiempo 106.

Estas características delantera y trasera identificadas pueden servir como referencia para seleccionar mediciones de presión que se utilicen para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 314 identificada y la primera característica trasera 316 identificada. Asimismo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 318 identificada y la segunda característica trasera 320 identificada. En un caso, la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 314 identificada y la primera característica trasera 316 identificada y la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 318 y la segunda característica trasera 320 identificada se pueden obtener en el mismo instante del primer período de tiempo 106. Por tanto, se puede calcular una relación de presión usando i) la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 314 identificada y la primera característica trasera 316 identificada y ii) la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 318 y la segunda característica trasera 320 identificada. En otros casos, las mediciones de presión pueden seleccionarse con respecto a las características delantera y trasera identificadas en ubicaciones distintas de entre las características delantera y trasera identificadas.

Por ejemplo, de la misma forma que se ha descrito haciendo referencia a la figura 3, dos o más mediciones de presión de cada conjunto entre las respectivas características de tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificadas 314, 316 y 318, 320 de la figura 6 se pueden utilizar para calcular la relación de presión. Esto incluye, como se ha descrito haciendo referencia a la figura 3, seleccionar cada una de estas dos o más mediciones de presión

en una o más ubicaciones particulares entre las respectivas características delanteras y traseras y, en algunos casos, combinar estas mediciones de presión de una o más ubicaciones particulares, y usar las mediciones de presión combinadas para luego calcular una relación de presión.

Además, de la misma forma que se ha descrito haciendo referencia a la figura 4, se puede calcular una relación de presión utilizando las características de tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima identificadas asociadas con dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes del primer período de tiempo 106 para seleccionar unas mediciones de presión de cada uno de los dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes del primer período de tiempo 106.

La figura 7 muestra de nuevo la representación gráfica 100 de unas mediciones de presión que pueden usarse para calcular una relación de presión. Los detalles proporcionados anteriormente en la presente memoria se aplican igualmente a la realización descrita con respecto a la figura 7 excepto que se indique lo contrario. En particular, la figura 7 ilustra una realización a modo de ejemplo adicional de una técnica para calcular una relación de presión para aproximar la FFR, en la que se identifica un tipo de característica de tasa de cambio de medición de presión creciente máxima y se usa para seleccionar unas mediciones de presión relativas a las mismas para su uso en el cálculo de la relación de presión para aproximar la FFR. Se puede identificar una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima, por ejemplo, cuando una diferencia entre mediciones de presión consecutivas constituye un aumento de presión que es un aumento de presión mayor que el de otras mediciones de presión consecutivas tomadas en instantes diferentes. En el contexto de las formas de onda de presión mostradas en la figura 7, la tasa de cambio de medición de presión creciente máxima puede representarse mediante una pendiente ascendente máxima en la forma de onda para el conjunto respectivo de mediciones de presión 102, 104. Como se detalla a continuación, la característica de tasa de cambio de medición de presión creciente máxima puede identificarse dentro de un intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo 106.

La figura 7 muestra la representación gráfica 100 del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 tomadas durante el primer período de tiempo 106, tal y como se ha descrito anteriormente. Como se muestra nuevamente en este caso, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 incluye la muesca dicrótica 108 y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 incluye la muesca dicrótica 110, donde las muescas dicróticas 108, 110 representan el cierre de la válvula aórtica al inicio de la diástole ventricular durante el ciclo cardíaco 112.

Para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102, se identifica una primera característica delantera 414 y una primera característica trasera 416. La primera característica trasera 416 identificada está después de la primera característica delantera 414 identificada en el primer período de tiempo 106. La primera característica delantera 414 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y la primera característica trasera 416 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. La una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que se asocia la primera característica trasera 416 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un instante diferente) que la una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 con las que está asociada la primera característica delantera 414.

Como se ha señalado, en el ejemplo de realización descrito haciendo referencia a la figura 7, una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima es el tipo de característica a identificar y usar para seleccionar unas mediciones de presión relativas a la misma para su uso en el cálculo de una relación de presión que aproxime la FFR. En particular, en este caso la primera característica delantera 414 y la primera característica trasera 416 son características identificadas como una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102. En el ejemplo que se muestra en este caso, se identifica la primera característica delantera 414 como una tasa de cambio de medición de presión máxima creciente en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122 del primer período de tiempo 106. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la primera característica trasera 416 se identifica como una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124 del primer período de tiempo 106, que es posterior al primer intervalo de tiempo predefinido 122.

La primera característica delantera 414 y la primera característica trasera 416 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 108. En su lugar, la primera característica delantera 414 y la primera característica trasera 416 están asociadas con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 426, un instante 428) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 108 está presente en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102.

Para el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104, se identifica una segunda característica delantera 418 y una segunda característica trasera 420. La segunda característica trasera 420 identificada está después de la segunda característica delantera 418 identificada en el primer período de tiempo 106. La segunda característica delantera 418 está asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 y la segunda característica trasera 420 está asociada con una o más mediciones

de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. La una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica trasera 420 pueden ser diferentes (por ejemplo, tomadas en un instante diferente) de la una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 con las que está asociada la segunda característica delantera 418.

Como se observa, en la realización de la técnica descrita haciendo referencia a la figura 7, la segunda característica delantera 418 y la segunda característica trasera 420 son características identificadas como una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. En el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica delantera 418 se puede identificar como una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del primer intervalo de tiempo predefinido 122. También en el ejemplo que se muestra en este caso, la segunda característica trasera 420 se puede identificar como una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 dentro del segundo intervalo de tiempo predefinido 124. En algunos casos, una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada puede representar más de una medición de presión individual en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y/o en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104. Por ejemplo, es decir, en alguno de estos conjuntos, o en ambos, una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada puede identificarse como correspondiente a un instante del intervalo de tiempo predefinido respectivo que representa un instante promedio de múltiples mediciones de presión localizadas que tienen una misma, o substancialmente similar, tasa de cambio creciente entre ellos. Esto puede ser útil, por ejemplo, para alinear las características delanteras y/o traseras identificadas de los diferentes conjuntos 102, 104 en un instante común del respectivo intervalo de tiempo predefinido.

La segunda característica delantera 418 y la segunda característica trasera 420 no están asociadas con mediciones de presión que representan la muesca dicrótica 110. En su lugar, la segunda característica delantera 418 y la segunda característica trasera 420 están asociadas con una o más mediciones de presión del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 que se obtienen en un instante (por ejemplo, un instante 426, un instante 428) del primer período de tiempo 106 que difiere de un instante del primer período de tiempo 106 en el que la muesca dicrótica 110 está presente en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104.

En algunos casos, como se muestra en la figura 7, la tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada como la primera característica delantera 414 y la tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada como la segunda característica delantera 418 pueden ocurrir en el mismo instante 426 del primer período de tiempo 106. De forma similar, en algunos casos, como se muestra en la figura 7, la tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada como la primera característica trasera 416 y la tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada como la segunda característica trasera 420 pueden ocurrir en el mismo instante 428 del primer período de tiempo 106.

Estas características delanteras y traseras identificadas pueden servir como referencia para seleccionar unas mediciones de presión que se utilicen para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 entre la primera característica delantera 414 identificada y la primera característica trasera 416 identificada. Asimismo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 entre la segunda característica delantera 418 identificada y la segunda característica trasera 420 identificada. En un caso, la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 414 identificada y la primera característica trasera 416 identificada y la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 418 y la segunda característica trasera 420 identificada se pueden obtener en el mismo instante del primer período de tiempo 106. Por tanto, se puede calcular una relación de presión usando i) la medición de presión seleccionada entre la primera característica delantera 414 identificada y la primera característica trasera 416 identificada y ii) la medición de presión seleccionada entre la segunda característica delantera 418 y la segunda característica trasera 420 identificada. En otros casos, las mediciones de presión pueden seleccionarse con respecto a las características delanteras y traseras identificadas en ubicaciones distintas de entre las características delanteras y traseras identificadas.

Por ejemplo, de la misma forma que se ha descrito haciendo referencia a la figura 3, dos o más mediciones de presión de cada conjunto entre las respectivas características de tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificadas 414, 416 y 418, 420 de la figura 7 se pueden utilizar para calcular la relación de presión. Esto incluye, como se ha descrito haciendo referencia a la figura 3, seleccionar cada una de estas dos o más mediciones de presión en una o más ubicaciones particulares entre las respectivas características delanteras y traseras y, en algunos casos, combinar estas mediciones de presión de una o más ubicaciones particulares, y usar las mediciones de presión combinadas para luego calcular una relación de presión.

Además, de la misma forma que se ha descrito haciendo referencia a la figura 4, se puede calcular una relación de presión utilizando las características de tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificadas asociadas con dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes del primer período de tiempo 106 para seleccionar unas mediciones de presión de cada uno de los dos o más intervalos de tiempo predefinidos diferentes del primer período de tiempo 106.

La figura 8 muestra una representación gráfica 500 de unas mediciones de presión que pueden usarse para calcular una relación de presión. Los detalles proporcionados anteriormente en la presente memoria se aplican igualmente a la realización descrita con respecto a la figura 8 excepto que se indique lo contrario. En particular, la figura 8 ilustra otra realización a modo de ejemplo de una técnica para calcular una relación de presión para aproximar la FFR, en la que se identifica un tipo de característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral y se utiliza para seleccionar unas mediciones de presión relativas a la misma para su uso en el cálculo de la relación de presión para aproximar el FFR.

En aplicaciones en las que las mediciones de presión se toman durante ciclos cardíacos, por ejemplo, en cada ciclo, para algunos pacientes las mediciones de presión pueden incluir dos intervalos de tiempo diferentes en los que las mediciones de presión durante el intervalo de tiempo respectivo disminuyen dentro de una tasa de cambio umbral. Por ejemplo, como se muestra en la figura 8, durante el ciclo cardíaco 112, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 incluye un primer intervalo 124a en el que un grupo de mediciones de presión 530 disminuye, desde una medición de presión hasta una medición de presión consecutiva dentro del grupo de mediciones de presión 530, dentro de una tasa de cambio umbral. También durante el ciclo cardíaco 112, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 incluye un segundo intervalo 124b en el que un grupo de mediciones de presión 532 disminuye, desde una medición de presión hasta una medición de presión consecutiva dentro del grupo de mediciones de presión 532, dentro de otra tasa de cambio umbral que es diferente de la tasa de cambio umbral del grupo 530. Asimismo, durante el ciclo cardíaco 112, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 104 incluye un primer intervalo 122a en el que un grupo de mediciones de presión 534 disminuye, desde una medición de presión hasta una medición de presión consecutiva dentro del grupo de mediciones de presión 534, dentro de una tasa de cambio umbral. Y, durante el ciclo cardíaco 112, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 104 incluye un segundo intervalo 122b en el que un grupo de mediciones de presión 536 disminuye, desde una medición de presión hasta una medición de presión consecutiva dentro del grupo de mediciones de presión 536, dentro de otra tasa de cambio umbral que es diferente de la tasa de cambio umbral del grupo 534.

La tasa de cambio umbral utilizada para determinar el grupo de mediciones de presión puede variar según la aplicación específica. Por ejemplo, un grupo de mediciones de presión puede ser determinado en sí cuando las mediciones de presión durante un intervalo de tiempo disminuyen de una medición de presión a una medición de presión consecutiva en el intervalo de tiempo en menos del 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 %, 5 %, 7,5 %, 10 %, 15 %, 20 % o 25 %.

Los grupos 530 y 532 del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y los grupos 534 y 536 del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 son referidos en la figura 8 en ciclos cardíacos 112 diferentes para mayor facilidad de ilustración. Sin embargo, en muchas realizaciones los grupos 530 y 532 del conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 y los grupos 534 y 536 del conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 pueden ser analizados y usados en el mismo ciclo cardíaco 112.

Una tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral puede identificarse cuando las mediciones de presión en un conjunto respectivo 102, 104 pasan de un grupo de una tasa de cambio umbral a otro grupo de otra tasa de cambio umbral diferente. Por ejemplo, se puede identificar una tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 514 para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 durante un intervalo de tiempo predefinido (por ejemplo, el primer intervalo de tiempo predefinido 122 y/o el segundo intervalo de tiempo predefinido 124 como se muestra en este caso) cuando las mediciones de presión pasan del grupo de mediciones de presión 530 al grupo de mediciones de presión 532. Como tal, la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 514 en este ejemplo representa un instante en el que la disminución de presión entre una medición de presión inmediatamente anterior en el tiempo a la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 514 y una medición de presión inmediatamente posterior en el tiempo a la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 514 es mayor que una tasa de cambio umbral. De forma similar, se puede identificar una tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 516 para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 104 durante un intervalo de tiempo predefinido (por ejemplo, el primer intervalo de tiempo predefinido 122 como se muestra en este caso, y/o el segundo intervalo de tiempo predefinido 124) cuando las mediciones de presión pasan del grupo de mediciones de presión 534 al grupo de mediciones de presión 536. Como tal, la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 516 en este ejemplo representa un instante en el que la disminución de presión entre una medición de presión inmediatamente anterior en el tiempo a la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 516 y una medición de presión inmediatamente posterior en el tiempo a la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 516 es mayor que una tasa de cambio umbral.

La característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral identificada puede servir como referencia para seleccionar mediciones de presión que se usen para calcular una relación de presión. Por ejemplo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102 como si estuviera en una ubicación particular (por ejemplo, tiempo) con respecto a la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 514. Asimismo, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación 104 como si estuviera en una ubicación particular (por ejemplo, tiempo) con respecto a la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral 516. En ciertas realizaciones, se puede identificar una característica de tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral junto con uno o más de los tipos de características descritos en la presente memoria. En tales realizaciones, se puede seleccionar una medición de presión en el conjunto 102 y/o 104 como si estuviera en una ubicación particular con respecto a la característica de tasa de

cambio de medición de presión decreciente umbral identificada y a los uno o más tipos de características identificados descritos en la presente memoria. Por ejemplo, una o más mediciones de presión tomadas a la vez entre una característica de tasa de cambio de medición de presión descendente umbral identificada y una de entre una medición de presión máxima, medición de presión mínima, tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima y tasa de cambio de medición de presión creciente máxima identificada podrían seleccionarse y usarse para calcular una relación de presión.

Identificar una tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral puede ser útil como medio fiable para seleccionar mediciones de presión apropiadas para su uso en el cálculo de una relación de presión que aproxime la FFR. Por ejemplo, como ilustra la representación gráfica 500, la tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral puede identificarse sin referencia a la muesca dicrótica. Esto puede ser útil cuando un conjunto de mediciones de presión no contiene ninguna muesca dicrótica perceptible, como es el caso de la figura 8 para el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación 102.

La figura 9 muestra un diagrama de flujo de una realización a modo de ejemplo de un método 600 para evaluar un vaso. Por ejemplo, el método descrito haciendo referencia a la figura 9 podría implementarse como unas acciones realizadas por un usuario, como un algoritmo implementado por instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en un artículo de almacenamiento no transitorio legible por ordenador para hacer que al menos un procesador programable ejecute las acciones, o como una combinación que incluye implementación por usuario y por algoritmo.

En la etapa 610, se obtienen mediciones de presión. Esta etapa puede incluir obtener un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación en una primera ubicación del vaso durante un primer período de tiempo. Esta etapa también puede incluir obtener un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación en una segunda ubicación del vaso durante el primer período de tiempo. La segunda ubicación puede ser diferente de la primera ubicación. Además, en esta etapa, el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación pueden obtenerse no durante la hiperemia.

En algunos casos, el método 600 puede incluir la etapa 620. En la etapa 620, se puede realizar una verificación previa. La verificación previa se puede realizar en uno o más puntos de datos y usarse para determinar si dichos datos son adecuados para su uso en el método 600. La realización de la verificación previa puede incluir, por ejemplo, determinar si el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación satisfacen un conjunto de condiciones de verificación previa y, si se cumple el conjunto de condiciones de verificación previa, se procede a identificar las características delantera y trasera y se calcula la relación de presión.

En un ejemplo, el conjunto de condiciones de verificación previa comprende: que una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación (por ejemplo, aórtica) esté entre 30 y 180 mmHg, que una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación esté entre 40 y 200 mmHg, que una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación (por ejemplo, distal) esté entre -5 y 180 mmHg, que una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación esté entre 10 y 200 mmHg, que la presión de pulso correspondiente al conjunto de mediciones de presión de primera ubicación sea de al menos 10 mmHg, que la presión de pulso correspondiente al conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación sea de al menos 5 mmHg, que una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación sea inferior al 108 % de una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación, que una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación sea inferior al 108 % de una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación, que la frecuencia cardíaca durante el primer período de tiempo (por ejemplo, como promedio durante el primer período de tiempo) esté entre 40 y 300 latidos por minuto, y que ninguno de los latidos del corazón durante el primer período de tiempo varíe en más del 30% de un promedio de cada uno de los otros latidos del corazón que ocurren durante el primer período de tiempo. Cada una de estas condiciones puede evaluarse dentro de un período de tiempo durante el cual se ha de calcular una relación de presión, por ejemplo, durante el transcurso de un período de tiempo que abarque dos o más ciclos cardíacos.

En los casos en los que el método 600 incluye realizar la verificación previa, si una o más condiciones de verificación previa no se cumplen, entonces el método 600 puede incluir rechazar las mediciones de presión obtenidas en la etapa 610 y realizar la etapa 610 nuevamente para obtener nuevas mediciones de presión. Esto puede repetirse hasta que se cumpla la verificación previa de la etapa 620. Como ejemplo, si no se cumple alguna de las condiciones de verificación previa indicadas anteriormente, el método 600 puede incluir rechazar y, por lo tanto, no utilizar, las mediciones de presión obtenidas en la etapa 610. En este ejemplo, una vez que todas las condiciones de verificación previa mencionadas anteriormente se cumplen, el método 600 puede continuar con la etapa 630 y usar las mediciones de presión obtenidas en la etapa 610. Por lo tanto, determinar si el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación satisfacen el conjunto de condiciones de verificación previa puede incluir determinar que se cumple cada una de las condiciones que componen el conjunto de condiciones de verificación previa. En algunos casos, la verificación previa puede cumplirse si se cumplen menos condiciones que todas las condiciones que componen el conjunto de condiciones de verificación previa.

En la etapa 630, se identifica una característica delantera. Esta etapa puede incluir identificar más de una característica delantera. Por ejemplo, esta etapa puede incluir identificar una primera característica delantera asociada con una o

- más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación. En esta etapa, la primera característica delantera identificada y/o la segunda característica delantera identificada puede ser un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consta de: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima, y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima. En algunos ejemplos adicionales, el grupo de tipos de características del que se puede seleccionar la primera característica delantera identificada y/o la segunda característica delantera identificada también puede incluir una tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral.
- En la etapa 640, se identifica una característica trasera. Esta etapa puede incluir identificar más de una característica trasera. Por ejemplo, esta etapa puede incluir identificar una primera característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación. En esta etapa, la primera característica trasera identificada y/o la segunda característica trasera identificada pueden ser un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consta de: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima, y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima. En algunos ejemplos adicionales, el grupo de tipos de características del que se puede seleccionar la primera característica trasera identificada y/o la segunda característica trasera identificada también puede incluir una tasa de cambio de medición de presión decreciente umbral.
- En el método 600, la primera característica trasera identificada puede estar después de la primera característica delantera identificada en el primer período de tiempo, y la segunda característica trasera identificada puede estar después de la segunda característica delantera identificada en el primer período de tiempo. Además, al menos una de entre la primera característica delantera identificada, la segunda característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada se puede asociar con una medición de presión del respectivo conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación que se obtiene en un instante del primer período de tiempo que difiere de un instante del primer período de tiempo en el que está presente una muesca dicrótica en el respectivo conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación.
- En la etapa 650, se calcula una relación de presión. Por ejemplo, en esta etapa, la relación de presión se puede calcular usando i) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada. En otros ejemplos, en esta etapa la relación de presión se puede calcular usando múltiples mediciones de presión entre las respectivas características delanteras y traseras identificadas. Por ejemplo, la relación de presión se puede calcular usando i) un promedio de a) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y b) otra medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada, y ii) un promedio de a) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada y b) otra medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.
- Se han descrito diferentes ejemplos haciendo referencia a ciertas realizaciones descritas. Las realizaciones se presentan con fines ilustrativos y no limitativos. Un experto en la materia apreciará que se pueden realizar diferentes cambios, adaptaciones y modificaciones sin salirse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para evaluar un vaso, comprendiendo el método las etapas de:

obtener un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación en una primera ubicación del vaso durante un primer período de tiempo y un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación en una segunda ubicación del vaso durante el primer período de tiempo, en el que la segunda ubicación es diferente de la primera ubicación, y en el que el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación se obtienen no durante la hiperemia;

identificar una primera característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación;

identificar una primera característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación, en el que la primera característica trasera identificada está después de la primera característica delantera identificada en el primer período de tiempo y la segunda característica trasera identificada está después de la segunda característica delantera identificada en el primer período de tiempo, y en el que al menos una de entre la primera característica delantera identificada, la segunda característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada está asociada con una medición de presión en el conjunto respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación que se obtiene sin referencia a ninguna muesca dicrotica que pueda estar presente en el respectivo conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación; y

calcular una relación de presión usando i) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

2. El método de la reivindicación 1, en el que la medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y la medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada se obtienen en el mismo instante del primer período de tiempo.

3. El método de la reivindicación 2,

en el que la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación asociadas con la primera característica delantera identificada y la una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación asociadas con la segunda característica delantera identificada se obtienen en el mismo instante del primer período de tiempo, y

en el que una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación asociadas con la primera característica trasera identificada y una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación asociadas con la segunda característica trasera identificada se obtienen en el mismo instante del primer período de tiempo.

4. El método de la reivindicación 1, en el que la primera característica delantera identificada y la segunda característica delantera identificada son un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consiste en: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima, y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima.

5. El método de la reivindicación 4, en el que la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada son un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consiste en: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima, y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima.

6. El método de la reivindicación 5, en el que calcular la relación de presión comprende usar i) un promedio de a) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y b) otra medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada, y ii) un promedio de a) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada y b) otra medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

7. El método de la reivindicación 5,

en el que la primera característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada, la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada son una medición de presión

máxima, siendo la primera característica delantera y la segunda característica delantera una medición de presión máxima dentro de un primer intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y siendo la primera característica trasera y la segunda característica trasera una presión máxima dentro de un segundo intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y

5 en el que la relación de presión se calcula utilizando i) una medición de presión a una primera distancia entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión a la primera distancia entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

8. El método de la reivindicación 7, en el que la primera distancia está a mitad de camino entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y a mitad de camino entre la

10 segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

9. El método de la reivindicación 5,

en el que la primera característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada, la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada son una medición de presión mínima, siendo la primera característica delantera y la segunda característica delantera una medición de presión

15 mínima dentro de un primer intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo y siendo la primera característica trasera y la segunda característica trasera una presión mínima dentro de un segundo intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y

en el que la relación de presión se calcula utilizando i) una medición de presión a una primera distancia entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión a la

20 primera distancia entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

10. El método de la reivindicación 5,

en el que la primera característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada, la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada son una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima, siendo la primera característica delantera y la segunda característica

25 delantera una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima dentro de un primer intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y siendo la primera característica trasera y la segunda característica trasera una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima dentro de un segundo intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y

en el que la relación de presión se calcula utilizando i) una medición de presión a una primera distancia entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión a la

30 primera distancia entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

11. El método de la reivindicación 5,

en el que la primera característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada, la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada son una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima, siendo la primera característica delantera y la segunda característica delantera

35 una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima dentro de un primer intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y siendo la primera característica trasera y la segunda característica trasera una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima dentro de un segundo intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo, y

en el que la relación de presión se calcula utilizando i) una medición de presión a una primera distancia entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y ii) una medición de presión a la

40 primera distancia entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada.

12. El método de la reivindicación 5,

en el que el primer período de tiempo incluye un primer intervalo de tiempo predefinido y un segundo intervalo de tiempo predefinido, siendo el segundo intervalo de tiempo predefinido posterior al primer intervalo de tiempo predefinido,

45 en el que el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación conforma una forma de onda de presión de primera ubicación, incluyendo la forma de onda de presión de primera ubicación un primer ciclo de mediciones de presión de primera ubicación durante el primer intervalo de tiempo predefinido y un segundo ciclo de mediciones de presión de primera ubicación durante el segundo intervalo de tiempo predefinido, y

en el que el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación conforma una forma de onda de presión de segunda ubicación, incluyendo la forma de onda de presión de segunda ubicación un primer ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación durante el primer intervalo de tiempo predefinido y un segundo ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación durante el segundo intervalo de tiempo predefinido.

50 en el que el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación conforma una forma de onda de presión de segunda ubicación, incluyendo la forma de onda de presión de segunda ubicación un primer ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación durante el primer intervalo de tiempo predefinido y un segundo ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación durante el segundo intervalo de tiempo predefinido.

13. El método de la reivindicación 12, en el que el primer ciclo corresponde a un primer ciclo cardíaco y el segundo ciclo corresponde a un segundo ciclo cardíaco.

55

14. El método de la reivindicación 12,

en el que la primera característica delantera identificada está asociada con una o más mediciones de presión en el primer ciclo de mediciones de presión de primera ubicación y la primera característica trasera identificada está asociada con una o más mediciones de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de primera ubicación, en el que la segunda característica delantera identificada está asociada con una o más mediciones de presión en el primer ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación y la segunda característica trasera identificada está asociada con una o más mediciones de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación, y que comprende además:

identificar una tercera característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de primera ubicación y una cuarta característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación; e

identificar una tercera característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en un tercer ciclo de mediciones de presión de primera ubicación durante un tercer intervalo de tiempo predefinido del primer período de tiempo y una cuarta característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en un tercer ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación durante el tercer intervalo de tiempo predefinido, en el que la tercera característica trasera identificada está después de la tercera característica delantera identificada en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y la cuarta característica trasera identificada está después de la cuarta característica delantera identificada en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación.

15. El método de la reivindicación 14, en el que calcular la relación de presión comprende usar i) un promedio de a) una medición de presión en el primer ciclo de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y b) una medición de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de primera ubicación entre la tercera característica delantera identificada y la tercera característica trasera identificada, y ii) un promedio de a) una medición de presión en el primer ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada y b) una medición de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación entre la cuarta característica delantera identificada y la cuarta característica trasera identificada.

16. El método de la reivindicación 15, en el que la primera característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada, la segunda característica delantera identificada, la segunda característica trasera identificada, la tercera característica delantera identificada, la tercera característica trasera identificada, la cuarta característica delantera identificada y la cuarta característica trasera identificada son una medición de presión máxima.

17. El método de la reivindicación 16, en el que la relación de presión se calcula utilizando i) el promedio de a) la medición de presión en el primer ciclo de mediciones de presión de primera ubicación que está a mitad de camino entre la primera característica delantera identificada y la primera característica trasera identificada y b) la medición de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de primera ubicación que está a mitad de camino entre la tercera característica delantera identificada y la tercera característica trasera identificada, y ii) el promedio de a) la medición de presión en el primer ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación que está a mitad de camino entre la segunda característica delantera identificada y la segunda característica trasera identificada, y b) la medición de presión en el segundo ciclo de mediciones de presión de segunda ubicación que está a mitad de camino entre la cuarta característica delantera identificada y la cuarta característica trasera identificada.

18. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de:

determinar si el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación satisfacen un conjunto de condiciones de verificación previa; y
si se cumple el conjunto de condiciones de verificación previa, calcular la relación de presión.

19. El método de la reivindicación 18,

en el que el conjunto de condiciones de verificación previa comprende una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación que está entre 30 y 180 mmHg, una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación que está entre 40 y 200 mmHg, una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación que está entre -5 y 180 mmHg, una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación que está entre 10 y 200 mmHg, una presión de pulso correspondiente al conjunto de mediciones de presión de primera ubicación que es de al menos 10 mmHg, una presión de pulso correspondiente al conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación que es de al menos 5 mmHg, una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación que es inferior al 108% de una medición de presión máxima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación, una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación que es inferior al 108% de una medición de presión mínima en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación, una frecuencia cardíaca durante el primer período de tiempo que está entre 40 y 300 latidos por minuto, y que ninguno de los latidos del corazón durante el primer período de tiempo varía en más del 30 % del promedio de los latidos que ocurren durante el primer período de tiempo, y

en el que determinar si el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación satisfacen el conjunto de condiciones de verificación previa comprende determinar que se cumple cada una de las condiciones que comprende el conjunto de condiciones de verificación previa.

5 20. El método de la reivindicación 1, en el que la primera ubicación está en un primer lado de una estenosis del vaso y la segunda ubicación está en un segundo lado opuesto de la estenosis del vaso.

21. Un artículo de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que tiene unas instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en el mismo para hacer que al menos un procesador programable:

10 reciba un conjunto de mediciones de presión de primera ubicación tomadas en una primera ubicación de un vaso durante un primer período de tiempo y un conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación tomadas en una segunda ubicación del vaso durante el primer período de tiempo, en el que la segunda ubicación es diferente de la primera ubicación, y en el que el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación se toman no durante la hiperemia;

15 identifique una primera característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica delantera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación;

20 identifique una primera característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación y una segunda característica trasera asociada con una o más mediciones de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación, en el que la primera característica trasera está después de la primera característica delantera en el primer período de tiempo y la segunda característica trasera está después de la segunda característica delantera en el primer período de tiempo, y en el que al menos una de entre la primera característica delantera identificada, la segunda característica delantera identificada, la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada está asociada con una medición de presión en el conjunto respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación que se obtiene sin referencia a ninguna muesca dicrotica que pueda estar presente en el conjunto

25 respectivo de mediciones de presión de primera ubicación y de mediciones de presión de segunda ubicación; y calcule una relación de presión utilizando i) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de primera ubicación entre la primera característica delantera y la primera característica trasera y ii) una medición de presión en el conjunto de mediciones de presión de segunda ubicación entre la segunda característica delantera y la segunda característica trasera.

30 22. El artículo de la reivindicación 21,

en el que la primera característica delantera identificada y la segunda característica delantera identificada son un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consiste en: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima, y

35 en el que la primera característica trasera identificada y la segunda característica trasera identificada son un tipo de característica seleccionado del grupo de tipos de características que consiste en: una medición de presión máxima, una medición de presión mínima, una tasa de cambio de medición de presión decreciente máxima y una tasa de cambio de medición de presión creciente máxima.

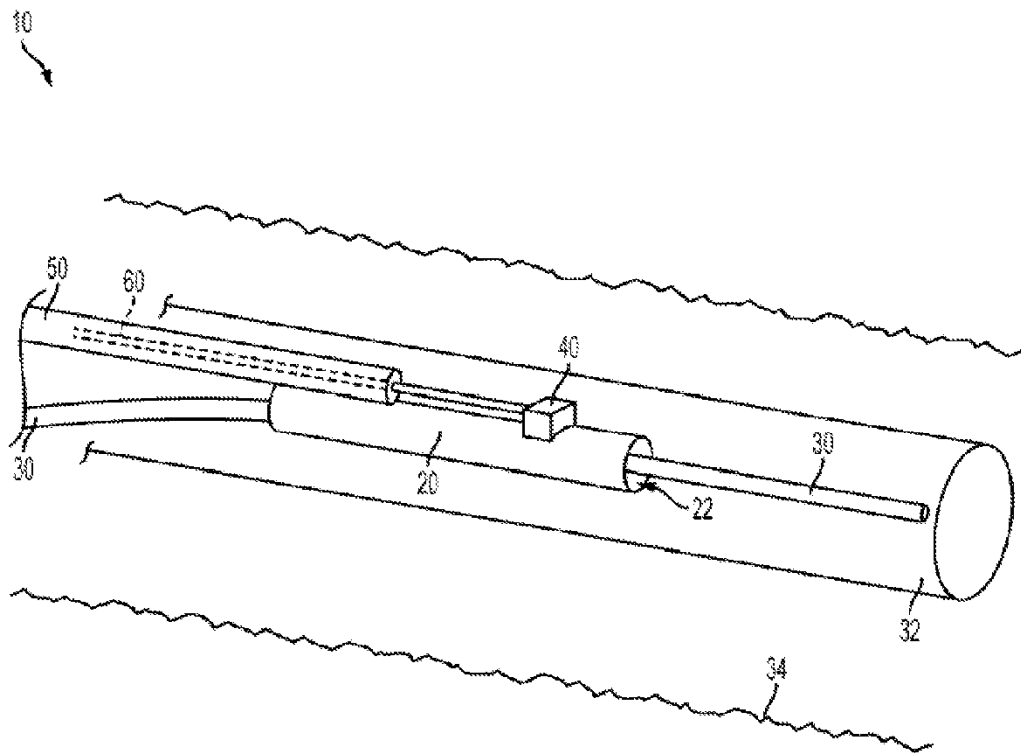


FIG. 1

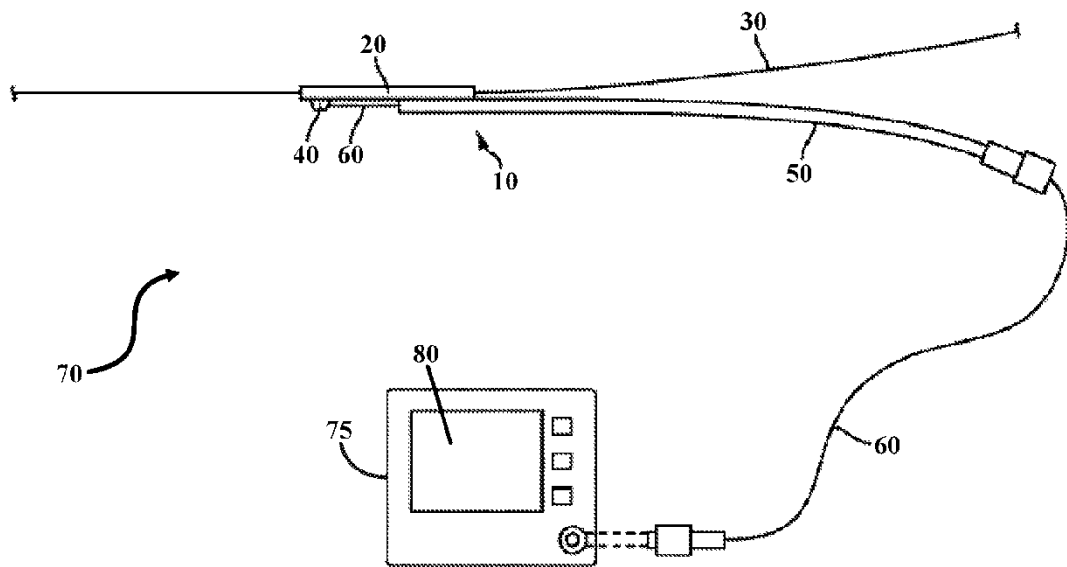


FIG. 2

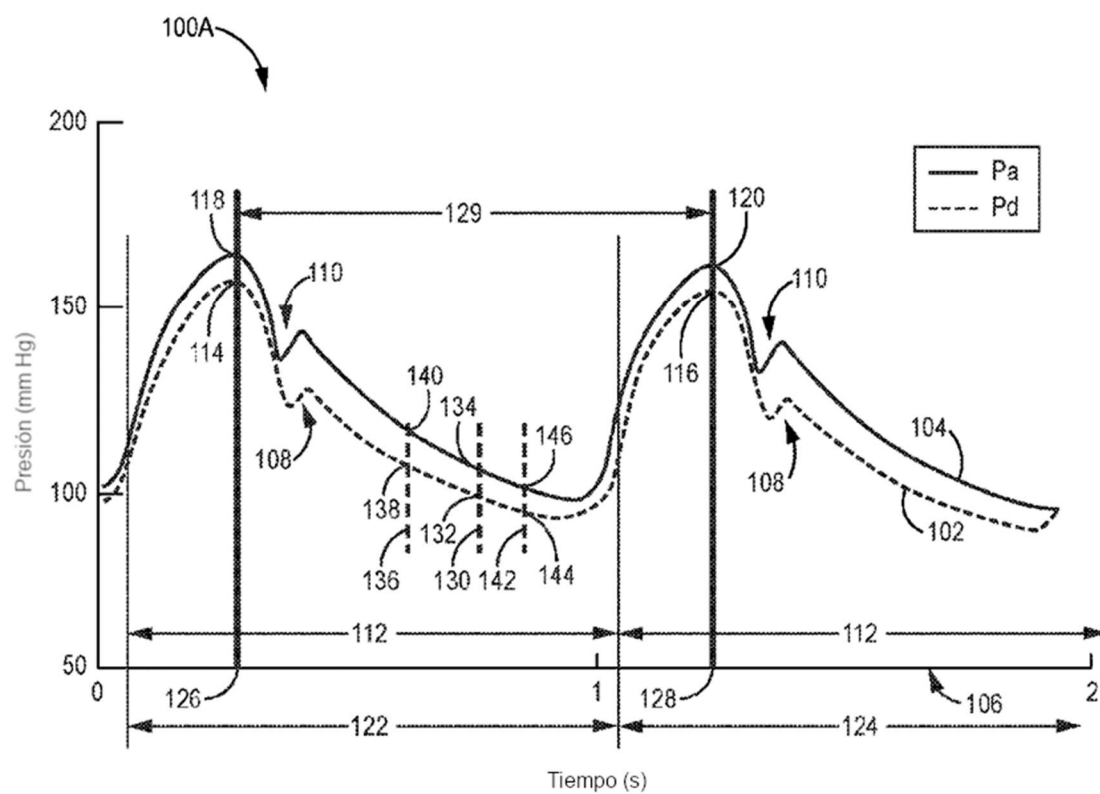


FIG. 3A

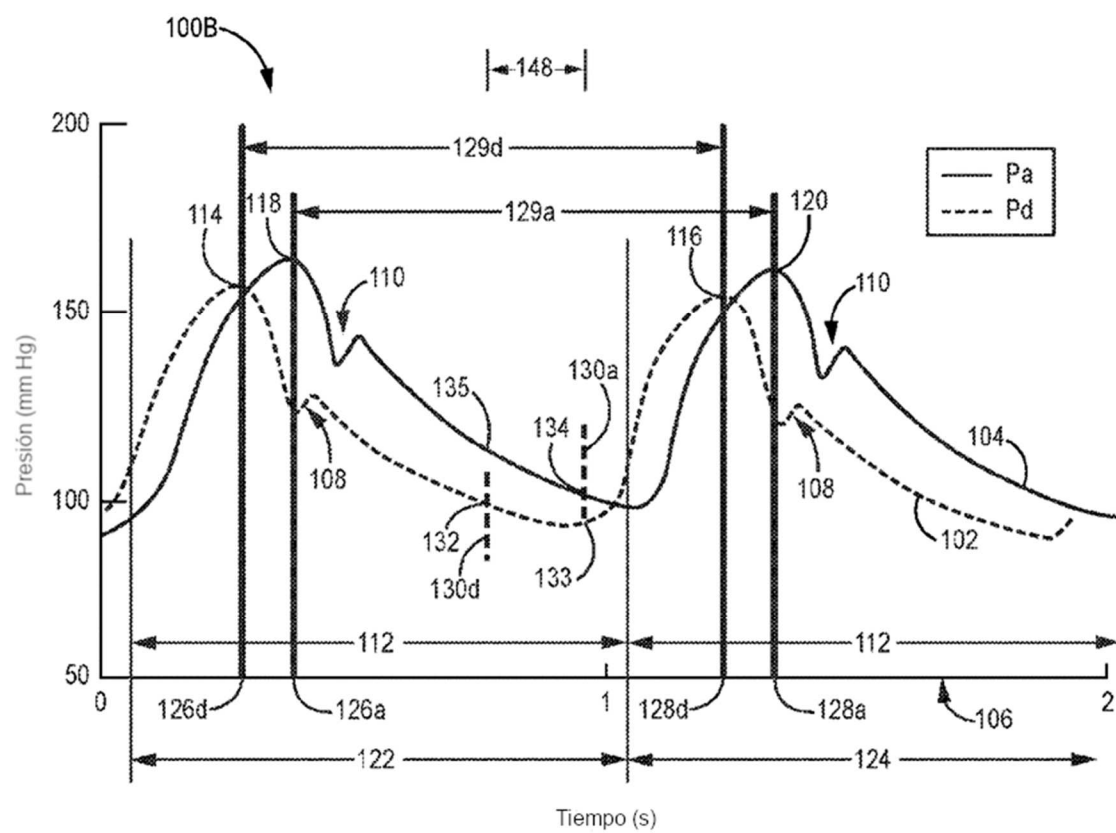


FIG. 3B

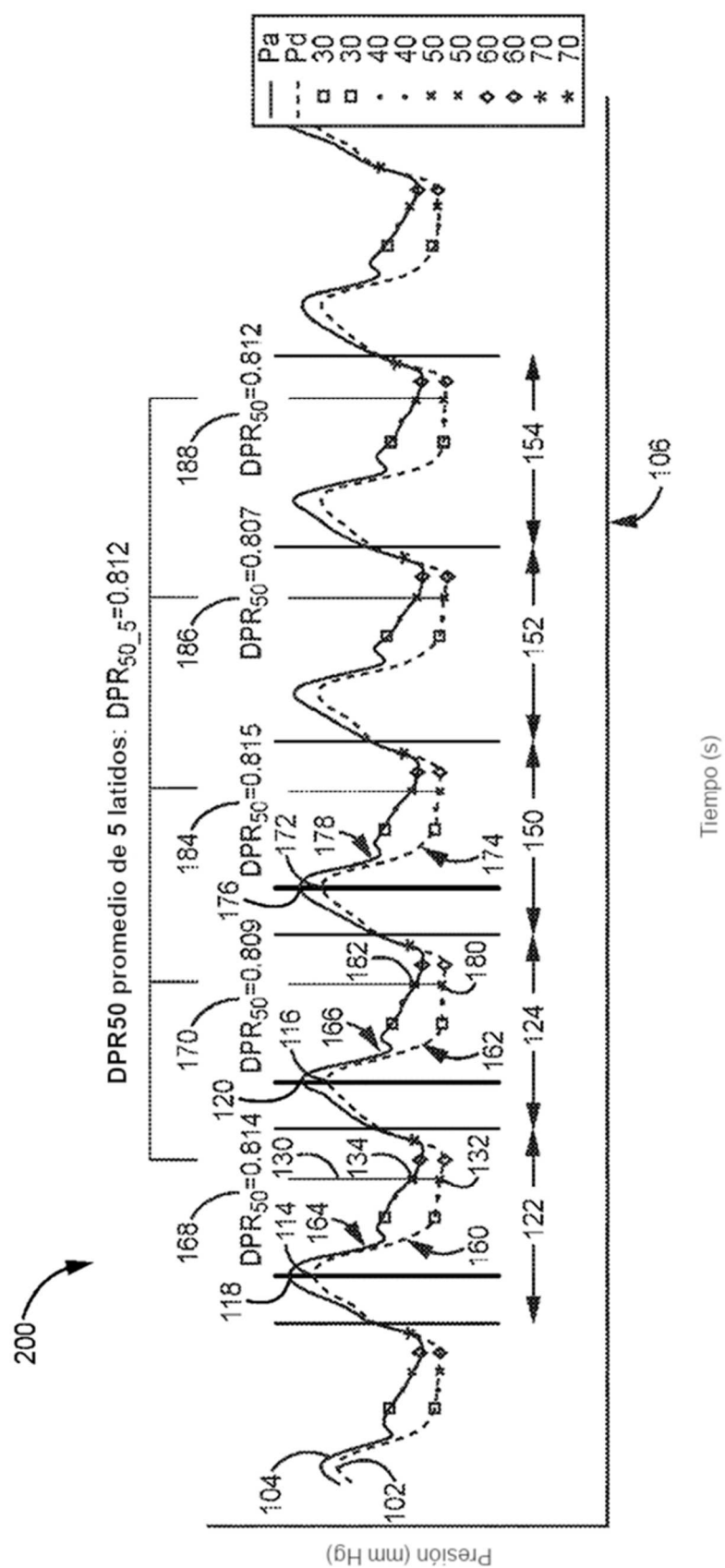


FIG. 4

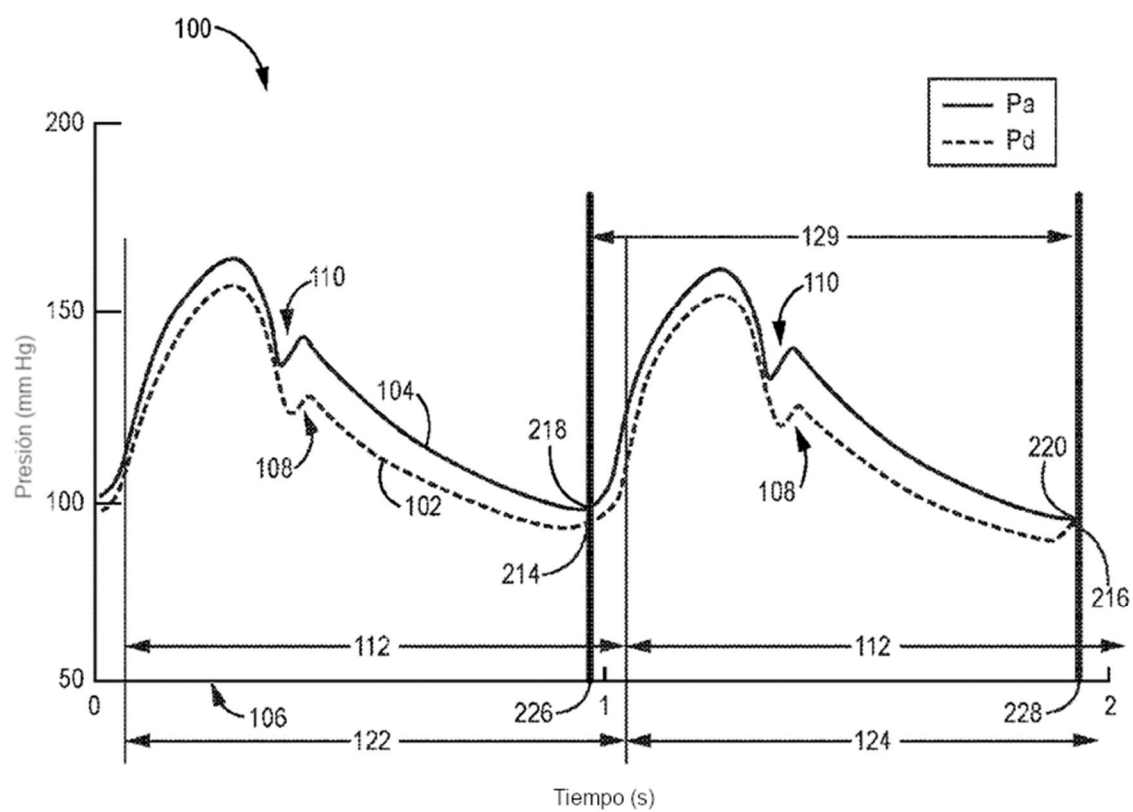


FIG. 5

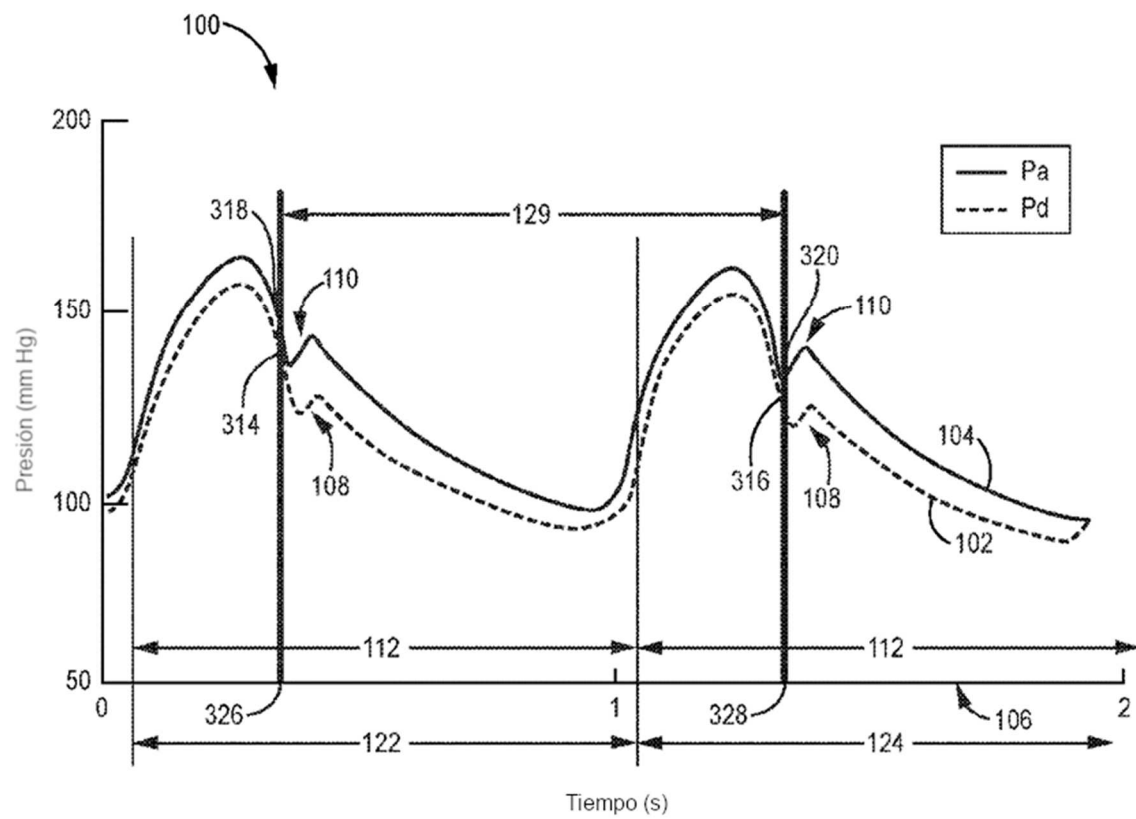


FIG. 6

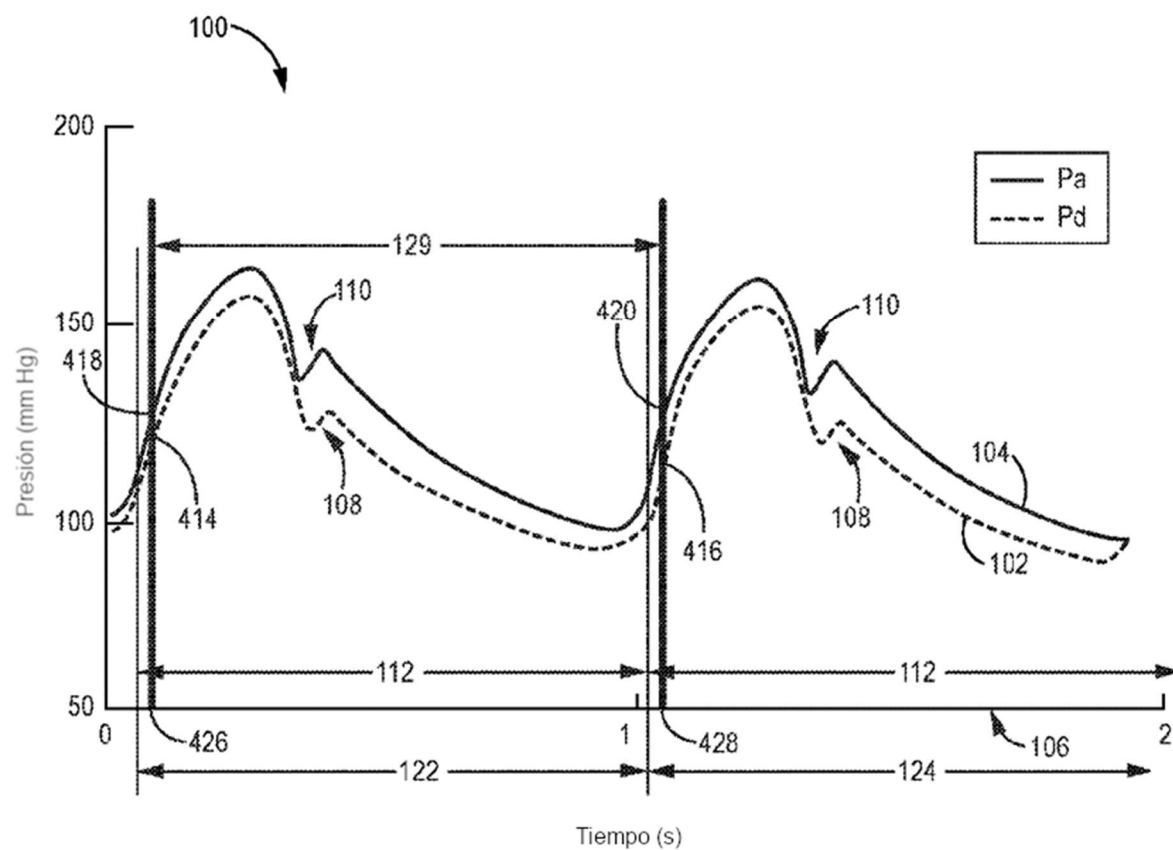
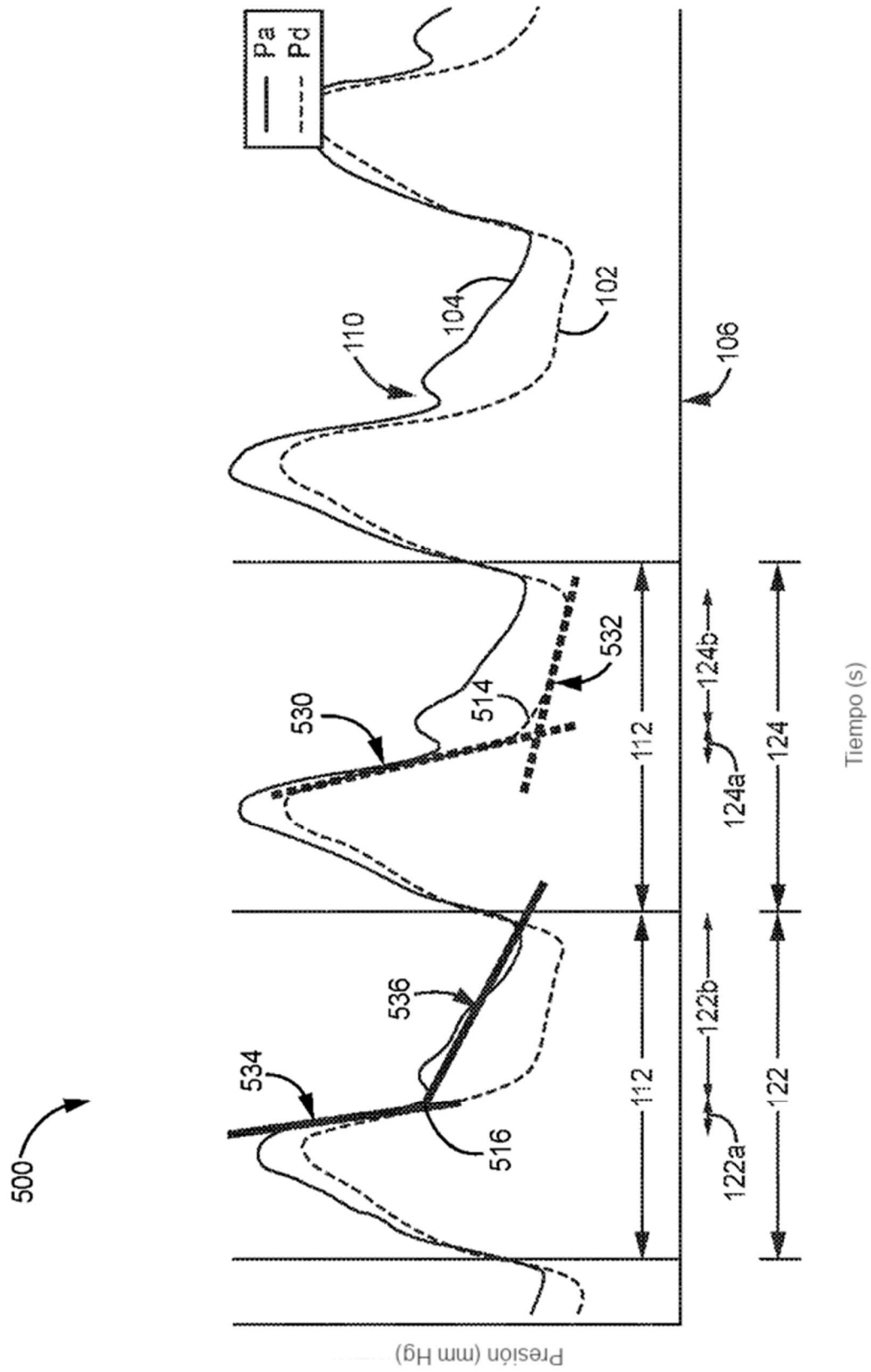
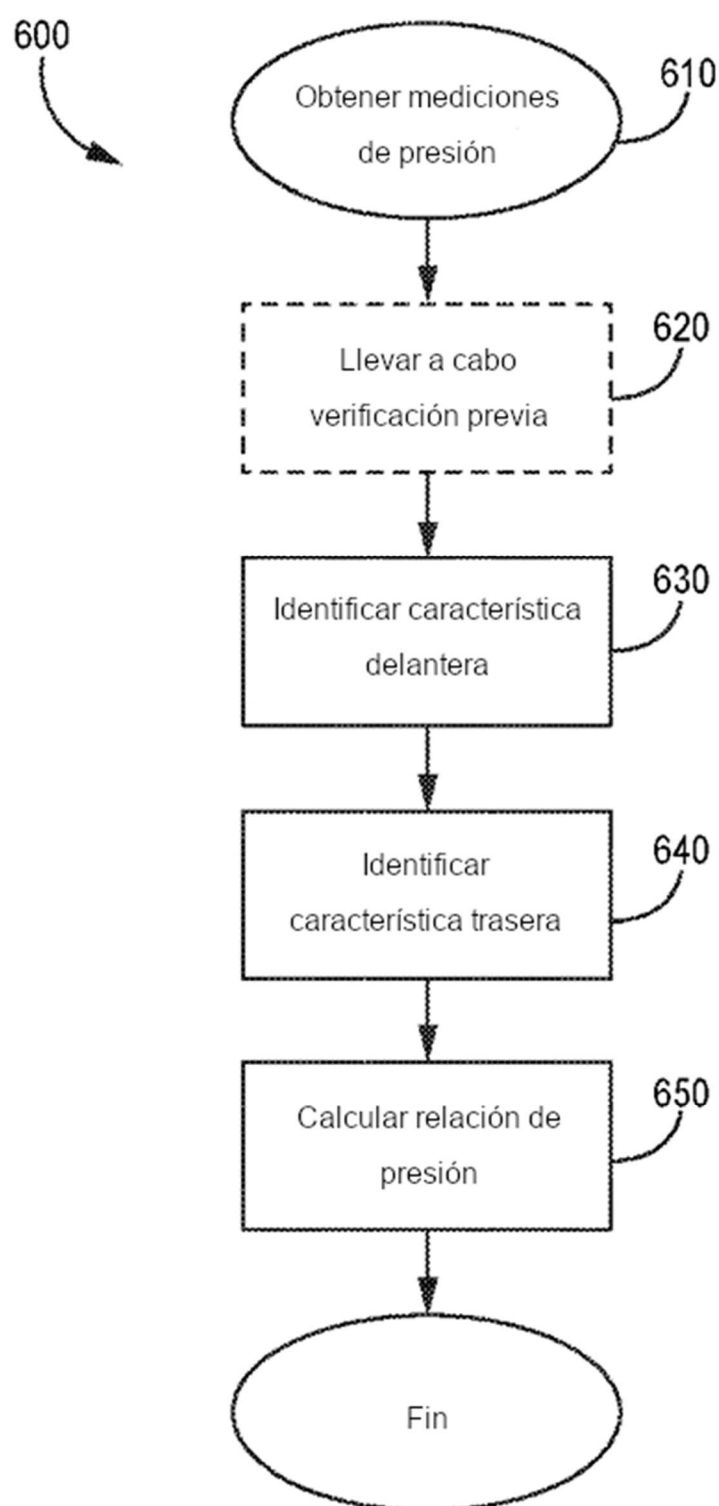


FIG. 7

**FIG. 8**

**FIG. 9**