

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 474 156**

51 Int. Cl.:

**A61B 5/1495** (2006.01)

**A61B 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2011 E 11169251 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2394578**

54 Título: **Sistema de calibración con base de pesos para un catéter sensible a la presión**

30 Prioridad:

**10.06.2010 US 797693**

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

**08.07.2014**

73 Titular/es:

**BIOSENSE WEBSTER (ISRAEL), LTD (100.0%)  
4 Hatnufah Street P.O. Box 275  
Yokneam 20692, IL**

72 Inventor/es:

**GOVARI, ASSAF;  
ALTMANN, ANDRES CLAUDIO y  
EPHRATH, YARON**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO FACES, José**

**ES 2 474 156 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).

**Sistema de calibración con base de pesos para un catéter sensible a la presión****Descripción****5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a sondas invasivas, y específicamente a la calibración de sensores de presión en sondas invasivas.

**10 Antecedentes de la invención**

Una amplia variedad de procedimientos médicos incluyen la colocación de objetos, tales como sensores, tubos, catéteres, dispositivos de dispensación e implantes, dentro del cuerpo. Se han desarrollado sistemas que detectan la posición para seguir la trayectoria de tales objetos. La detección magnética de posición es uno de los métodos conocidos en la técnica. En la detección magnética de posición, los generadores magnéticos se colocan típicamente en posiciones conocidas externas al paciente. Un sensor de campo magnético en el extremo distal de una sonda genera señales eléctricas en respuesta a estos campos magnéticos, que se procesan con el fin de determinar las coordenadas de posición del extremo distal de la sonda. Estos métodos y sistemas se describen en las patentes de Estados Unidos 5.391.199, 6.690.963, 6.484.118, 6.239.724, 6.618.612 y 6.332.089. en la publicación internacional PCT WO 1996/005768 y en las publicaciones de solicitud de patente de Estados Unidos 2002/0065455 A1, 2003/0120150 A1 y 2004/0068178 A1.

Cuando se coloca una sonda en el cuerpo, puede desearse tener la punta distal de la sonda en contacto directo con el tejido corporal. El contacto puede verificarse, por ejemplo, midiendo la presión de contacto entre la punta distal y el tejido corporal. Las publicaciones de solicitud de patente de Estados Unidos 2007/0100332 y 2009/0093806 describen métodos de detección de presión de contacto entre la punta distal de un catéter y el tejido en una cavidad corporal usando un sensor de fuerza incorporado en el catéter. La punta distal del catéter se acopla al extremo distal del tubo de inserción del catéter mediante un miembro elástico, tal como un resorte, que se deforma en respuesta a la fuerza ejercida sobre la punta distal cuando aprieta contra el tejido del endocardio. Un sensor de posición magnética en el catéter detecta la desviación (localización y orientación) de la punta distal en relación con el extremo distal del tubo de inserción. El movimiento de la punta distal en relación con el tubo de inserción es indicativo de deformación del miembro elástico, y de este modo da una indicación de la presión.

Un aparato y un método para calibrar dinámicamente un sensor de presión se describen en JP 2005 345215 A.

**Resumen de la invención**

La presente invención se define en las reivindicaciones independiente 1 y 7 y sus reivindicaciones dependientes.

Una realización de la presente invención que se describe aquí proporciona un aparato de calibración, que incluye:

- 45 un elemento fijo, que está configurado para tener un extremo distal y una sonda médica; una pluralidad de pesos, que tienen respectivas masas y respectivas superficies inferiores que están orientadas en respectivos ángulos con respecto al extremo distal de la sonda, que bajan para descansar sobre una punta distal de la sonda para aplicar a la punta distal respectivos vectores de fuerza que provocan una desviación de la punta distal en relación con el extremo distal; y
- 50 un procesador de calibración, que está configurado para recibir de la sonda medidas indicativas de la desviación de la punta distal en respuesta a los vectores de fuerza, y para calcular, en base a las medidas, las masas y los ángulos, los coeficientes de calibración para evaluar los vectores de fuerza como una función de las medidas.

En algunas realizaciones, el aparato incluye un dispositivo de detección acoplado al elemento fijo y configurado para medir respectivos componentes descendentes de los vectores de fuerza, y el procesador de calibración está configurado para verificar los coeficientes de calibración de manera receptiva con los componentes descendentes medidos. En una realización, las superficies inferiores están cubiertas de un material antiadherente. En una realización desvelada, las superficies inferiores están cubiertas de un material que tiene una textura superficial que combina con una textura superficial interna de un órgano del cuerpo en el que la sonda operará. En otra realización, el procesador de calibración está configurado para almacenar los coeficientes de calibración en una memoria que está acoplada a la sonda. La memoria puede incluir una memoria de sólo lectura programable y borrrable electrónicamente (E2PROM).

Además se proporciona, de acuerdo con una realización de la presente invención, un método para calibrar, que incluye:

tener un extremo distal de una sonda médica en un elemento fijo;  
 bajar a una punta distal de los pesos de sonda, que tienen respectivas masas y respectiva superficie inferior que están orientados en respectivos ángulos con respecto a la punta distal, para aplicar a la punta distal respectivos vectores de fuerza que provocan una desviación de la punta distal en relación con el extremo distal;  
 5 recibir de la sonda medidas indicativas de la desviación de la punta distal en respuesta a los vectores de fuerza; y calcular, en base a las medidas, las masas y los ángulos, los coeficientes de calibración para evaluar los vectores de fuerza como una función de las medidas.

10 La presente invención se entenderá mejor a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos en los que:

**Breve descripción de los dibujos**

15 La Figura 1 es una ilustración pictórica esquemática de un sistema de calibración para un catéter sensible a la presión, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método de calibración de un catéter sensible a la presión, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

20 La Figura 3 es una vista esquemática de detalle que muestra la punta distal de un catéter sensible a la presión en contacto con tejido del endocardio, de acuerdo con una realización de la presente invención.

**Descripción detallada de realizaciones**

25 Algunas sondas invasivas comprenden sensores de presión para medir la presión de contacto entre la sonda y el tejido intra-corporal. Por ejemplo, la punta distal de un catéter cardiaco puede deformarse en respuesta a la presión ejercida por la punta distal sobre el tejido del endocardio. Un sensor de posición en el catéter mide la desviación de la punta distal, y de este modo proporciona una indicación de la presión de contacto. Sin embargo, en muchos casos prácticos, la relación entre la presión real de contacto y la lectura del sensor de posición varía de un catéter a otro.

30 Con el fin de asegurar medidas precisas de presión, las realizaciones de la presente invención proporcionan métodos y sistemas para calibrar sondas (por ejemplo, catéteres) equipados con sensores de presión. En algunas realizaciones, un aparato de calibración comprende un elemento fijo (por ejemplo, una base o una plantilla) par amontar el extremo distal del catéter, y múltiples pesos que pueden bajarse para descansar sobre la punta distal del catéter. Cada peso tiene una masa conocida y una superficie inferior que está orientada en un ángulo conocido con respecto a la punta distal del catéter. Cuando el peso bajo para presionar sobre la punta distal, el peso aplica a la punta distal una vector de fuerza que depende de su masa y ángulo. La punta distal se deforma en respuesta a este vector de fuerza, y el sensor de presión en el catéter produce medidas de deformación (por ejemplo, desviación) de su punta distal. Un procesador de calibración acepta las medidas de deformación del catéter y calcula, en base a las medidas y a la masa y ángulo conocidos, los coeficientes de calibración para evaluar el vector de fuerza como una función de las medidas de deformación en ángulos diferentes.

45 En algunas realizaciones, los coeficientes de calibración se almacenan como una matriz de calibración en una memoria no volátil que se acopla al catéter. Cuando el catéter se usa más tarde en un sistema médico, la presión real ejercida por la punta distal del catéter sobre el tejido corporal puede derivarse con elevada precisión a partir de las medidas de desviación, usando los coeficientes de calibración almacenados en la matriz. Al usar pesos que tienen diferentes ángulos de superficie inferior, la presión puede estimarse a partir de las medidas de deformación del catéter para diferentes ángulos de incidencia entre el extremo distal del catéter y el tejido corporal.

50 Además del elemento fijo y los pesos, en algunas realizaciones el aparato de calibración comprende además un dispositivo de detección (por ejemplo, una balanza o célula de carga) acoplada al elemento fijo. Cuando un peso dado baja sobre la punta distal del catéter, el dispositivo de detección produce medidas de fuerza para verificar el valor del componente descendente del vector de fuerza aplicado por el peso.

55 La Figura 1 es una ilustración de un sistema de calibración 10 para un catéter sensible a la presión, de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema 10 comprende un aparato de calibración 12 acoplado a una unidad de calibración 14. En la realización descrita aquí más abajo, el sistema 10 se usa para calibrar una sonda, en el presente ejemplo un catéter 16 para fines terapéuticos y/o diagnósticos en el corazón o en otro órgano corporal.

60 El catéter 16 tiene un extremo distal 28, con una punta distal 32 conectada al extremo distal por medio de una junta 34. Al aplicar suficiente presión a la punta distal 32 (o a la inversa, si la punta distal aplica suficiente presión contra una superficie, tal como un tejido corporal), el catéter 16 se doblará en la junta 34, desviando de este modo la punta distal 32 en relación con el extremo distal 28.

65 El extremo distal 28 y la punta distal 32 del catéter están cubiertos por un material flexible aislante 30. El área de la junta 34 está cubierto, también, por un material flexible aislante e, que puede ser el mismo material 30 o

puede estar especialmente adaptados para permitir una curva y una compresión de la junta sin impedimentos. (Este material está cortado en la Figura 1 con el fin de exponer la estructura interna del catéter). La punta distal 32 es típicamente relativamente rígida, en comparación con el extremo distal 28.

5 La punta distal 32 está conectada con el extremo distal 28 por un miembro elástico 36. En la Figura 1, el miembro elástico tiene la forma de un resorte helicoidal, pero otros tipos de componentes elásticos pueden usarse alternativamente con este fin. El miembro flexible 36 permite una variedad limitada de movimientos relativos entre la punta 32 y el extremo 28 en respuesta a fuerzas ejercidas sobre la punta distal.

10 La punta distal 32 contiene un sensor de posición magnético 38. El sensor 38 puede comprender una o más bobinas en miniatura, y típicamente comprende múltiples bobinas orientadas a lo largo de diferentes ejes. El extremo distal 28 comprende un generador de campo magnético en miniatura 40 cerca del miembro elástico 36. Típicamente, el generador de campo 40 comprende una bobina, que se acciona por una corriente transportada a través del catéter desde la unidad de calibración 14.

15 Alternativamente, el sensor de posición 38 puede comprender otro tipo de sensor magnético, un electrodo que sirve como un transductor de posición, o transductores de posición de otros tipos, tales como sensores de posición basados en impedancia o sensores de posición ultrasónicos. Aunque la Figura 1 muestra una sonda con un único sensor de posición, las realizaciones de la presente invención pueden utilizar sondas con más de un sensor de posición.

20 El campo magnético creado por el generador de campo 40 provoca que las bobinas en el sensor 38 generen señales eléctricas en la frecuencia de acción del generador de campo. La amplitud de estas señales variará dependiendo de la localización y orientación de la punta distal 32 en relación con el extremo distal 28. Un procesador de calibración 42 en la unidad de calibración 14 procesa estas señales con el fin de determinar el desplazamiento axial y la magnitud de la desviación angular de la punta distal en relación con el extremo distal 38. (Debido a la simetría axial del campo generado por una bobina, solamente puede detectarse la magnitud de desviación usando una única bobina en el generador de campo 40, y no la dirección de la desviación. Opcionalmente, el generador de campo 40 puede comprender dos o más bobinas, en cuyo caso la dirección de la desviación también puede determinarse). Las magnitudes del desplazamiento y la desviación pueden combinarse mediante la adición de vectores para dar una magnitud total del movimiento de la punta distal 32 en relación con el extremo distal 28.

25 El movimiento relativo de la punta distal 32 en relación con el extremo distal 28 da una medida de la deformación del miembro elástico 36. De este modo, la combinación del generador de campo 40 con el sensor 38 sirve como un sistema de detección de presión. En virtud de la detección combinada de desplazamiento y desviación, este sistema de detección de presión lee la presión correctamente independientemente de si la presión se ejerce frontalmente sobre la punta distal 32 o en un ángulo. Se describen más detalles de este tipo de sonda y sensor de posición en las publicaciones de solicitud de patente de Estados Unidos 2009/0093806 y 2009/0138007, citadas anteriormente.

35 En algunas realizaciones, el catéter 16 también comprende una memoria no volátil 48, tal como una memoria de sólo lectura programable y borrable electrónicamente (E<sup>2</sup>PROM) que almacena coeficientes de cálculo calculados durante la calibración. Como se ha analizado anteriormente, la presión real ejercida por la punta distal del catéter sobre el tejido corporal puede derivarse con elevada precisión a partir de las medidas de desviación, usando los coeficientes de calibración almacenados en la memoria 48.

40 El aparato de calibración 12 comprende un elemento fijo 24 tal como una base o una plantilla, configurados para tener un extremo distal 28 del catéter 16 vertical, y un peso 18 que sujeta un mecanismo 22. El peso 18 tiene una superficie inferior oblicua 20 que tiene un ángulo conocido con respecto al extremo distal del catéter. La masa de peso 18 es también conocida. En algunas realizaciones de la presente invención, la superficie inferior oblicua 29 puede estar cubierta por una capa de material antiadherente, tal como Teflon®, para evitar fricción entre la punta distal 31 y la superficie inferior, que podría provocar error en el cálculo de fuerza. Además o alternativamente, la superficie inferior oblicua puede estar cubierta por una capa cuya textura superficial combine con la textura superficial interna del órgano corporal en el que el catéter operará (por ejemplo, la textura de la superficie interna de una pared de cavidad corporal humana, tal como un corazón).

50 El aparato 12 puede además comprender un dispositivo de detección 26 acoplado al elemento fijo 24. El dispositivo de detección 26 mide la fuerza mecánica descendente ejercida por el catéter 16 en el elemento fijo 24. El dispositivo de detección 26 puede comprender una balanza, una célula de carga o cualquier otro dispositivo adecuado.

55 Tanto el dispositivo de detección 26 como la sonda 16 están conectados a la unidad de calibración 14 por medio de interfaces adecuadas (por ejemplo, cables y conectores). La unidad de calibración 14 comprende un procesador de calibración 42, una memoria 44 y un dispositivo de entrada 46, tal como un teclado. El procesador 42 comprende típicamente un ordenador de uso general, con circuitos adecuados en el extremo delantero y la interfaz para recibir señales del sensor de posición 38 y dispositivo de detección 26, así como para controlar los otros

componentes de la unidad de calibración 14. El procesador 42 puede estar programado en software para realizar las funciones que se describen aquí. El software puede descargarse al procesador 42 en forma electrónica, sobre una red, por ejemplo, o puede proporcionarse en medio tangible no transitorio, tal como un medio de óptico, magnético o de memoria electrónico. Alternativamente, componentes hardware dedicados o programables pueden realizarse algunas o todas las funciones del procesador 42.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra esquemáticamente un método de calibración de un catéter sensible a la presión, de acuerdo con una realización de la presente invención. Para calibrar el catéter 16, el operario monta el catéter en el elemento fijo 24 (etapa 50). El peso 18 se monta en el mecanismo 22 (etapa 50) y el mecanismo baja el peso para que la superficie inferior oblicua 20 presione sobre la punta distal 32 (etapa 54).

La presión de la superficie inferior oblicua 20 sobre la punta distal 32 provoca que el catéter se curve en una junta 34, desviando de este modo la punta distal. El sensor de posición 38 en la punta distal 32 produce una señal indicativa de la desviación de la punta distal en relación con el extremo distal 28. Si el aparato 12 incluye un dispositivo de detección, entonces el dispositivo de detección 26 produce una señal indicativa de la fuerza mecánica descendente 18 que ejerce sobre el catéter 16. Tanto las medidas de desviación como de fuerza descendentes se envían a la unidad de calibración 14, donde el operario introduce una identificación de peso 18 usada para esta etapa de calibración a través del teclado 46. En algunas realizaciones, la memoria 44 tiene, para cada peso 18 que puede usarse en el sistema 10, un índice numérico del peso, la masa del peso y el ángulo de superficie inferior de peso. El operario introduce un índice del peso usado en este momento, indicando de este modo la masa y ángulo al procesador 42.

La unidad de calibración 14 acepta las medidas de desviación del sensor 38 en la sonda (etapa 56), y el procesador 42 calcula los coeficientes de calibración para calibrar las medidas de desviación de la sonda 16 en base a la masa, el ángulo de unión y la medida de desviación (etapa 58). Al mapear una medida de posición desde el sensor de posición 38 contra el vector de fuerza conocido dado por el peso y ángulo conocidos del peso (o contra el vector de fuerza derivado de la lectura del dispositivo de detección 265 y el ángulo conocido), el coeficiente de calibración determina la fuerza sobre la punta distal 32 en base a las medidas del sensor de posición. En otras palabras, un coeficiente de calibración dado traduce la medida de desviación de la punta 32 a una lectura de presión real, para un ángulo de unión dado.

Si se desean más puntos de calibración (etapa 60), entonces el método vuelve a la etapa 52 anterior, donde el operario puede montar un peso diferente en el mecanismo 22. Cada peso usado durante la calibración puede tener una masa diferente y/o un ángulo diferente de superficie inferior oblicua. Al emplear una variedad de diferentes pesos es posible un sistema 10 que pruebe la desviación de la punta del catéter como una función de la dirección y magnitud de la fuerza ejercida por cada uno de los pesos. Volviendo a la etapa 60, si no se necesitan más puntos de calibración, el procesador 42 almacena una matriz de calibración de los coeficientes de calibración para la memoria 48 en la sonda (etapa 62), y el método termina.

La Figura 3 es una vista esquemática de detalle que muestra la punta distal 32 en contacto con un tejido del endocardio 72 de un corazón 70, de acuerdo con una realización de la presente invención. En el presente ejemplo, la punta 32 comprende un electrodo 74. En algunos procedimientos electrofisiológicos terapéuticos y de diagnóstico, tales como mapeo eléctrico intracardiaco, es importante mantener el nivel apropiado de fuerza entre el electrodo 74 y el tejido 72. Cuando un profesional médico (no mostrado) aprieta la punta distal 32 contra el tejido del endocardio 72, el catéter 16 se curva en la junta 34. Se necesita suficiente fuerza con el fin de asegurar un buen contacto de electrodo entre la punta distal y el tejido. Un contacto eléctrico pobre puede dar como resultado lecturas imprecisas. Por otro lado, una fuerza excesiva puede deformar el tejido y de este modo distorsionar el mapa.

Cuando la punta 32 aprieta contra el tejido 72, el sensor de posición 38 produce medidas que son indicativas de la desviación de la punta 32 con respecto al extremo distal 28. El sistema médico de representación de imágenes (por ejemplo, sistema de mapeo, no mostrado) traduce estas medidas a lecturas precisas de presión usando los coeficientes de calibración (esto es, la matriz de calibración) almacenada en la memoria 48 de la sonda. De este modo, la calibración de la sonda invasiva que usa realizaciones de la presente invención asegura que el profesional médico pueda contralar de manera precisa la fuerza ejercida por la sonda sobre el tejido.

Las correspondientes estructuras, materiales, acciones y equivalentes de todos los medios o etapas más los elementos de función en las reivindicaciones más abajo pretenden incluir cualquier estructura, material o acción para realizar la función en combinación con otros elementos reivindicaciones como específicamente se reivindica. La descripción de la presente divulgación se ha presentado con fines de ilustración y descripción, pero no pretende ser exhaustiva o limitarse a la divulgación en la forma desvelada. Muchas modificaciones y variaciones serán aparentes para aquellos expertos en la técnica sin partir del alcance de la divulgación. La realización se eligió y describió con el fin de explicar de la mejor manera posible los principios de la divulgación y la aplicación práctica, y para permitir a otros expertos en la técnica entender la divulgación para varias realizaciones con varias modificaciones como sean adecuadas para el uso particular contemplado.

Se pretende que las reivindicaciones adjuntas incluyen todas las características y ventajas de la invención que se clasifican dentro del alcance de la presente divulgación. Como a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente numerosas modificaciones y cambios, se pretende que la divulgación no se limite al número limitado de realizaciones aquí descritas. Por consiguiente, se apreciará que puede recurrirse a todas las variaciones, modificaciones y equivalentes adecuados, que estén clasificados dentro de la presente divulgación.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**Reivindicaciones**

1. Un aparato de calibración (12), que comprende:
  - 5 un elemento fijo (24), que está configurado para tener un extremo distal (28) de una sonda médica; una pluralidad de pesos (18), que tienen respectivas masas y respectivas superficies inferiores que están orientadas en respectivos ángulos con respecto al extremo distal (28) de la sonda, que bajan para descansar sobre una punta distal (32) de la sonda para aplicar a la punta distal (32) respectivos vectores de fuerza que provocan desviación de la punta distal (32) en relación con el extremo distal (28); y
  - 10 un procesador de calibración (42), que está configurado para recibir de la sonda medidas indicativas de la desviación de la punta distal (32) en respuesta a los vectores de fuerza, y para calcular, en base a las medidas, las masas y los ángulos, los coeficientes de calibración para evaluar los vectores de fuerza como una función de las medidas.
- 15 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un dispositivo de detección (26) acoplado al elemento fijo (24) y configurado para medir respectivos componentes descendentes de los vectores de fuerza, donde el procesador de calibración (42) está configurado para verificar los coeficientes de calibración de manera receptiva con los componentes descendentes medidos.
- 20 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde las superficies inferiores están cubiertas por un material antiadherente.
- 25 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde las superficies inferiores están cubiertas por un material que tiene una textura superficial que combina con una textura con una textura superficial interna de un órgano del cuerpo en el que la sonda operará.
5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde el procesador de calibración (42) está configurado para almacenar los coeficientes de calibración en una memoria (48) que está acoplada a la sonda.
- 30 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, donde la memoria (48) comprende una memoria de sólo lectura programable y borrable electrónicamente (E<sup>2</sup>PROM).
7. Un método para calibración, que comprende:
  - 35 tener un extremo distal (28) de una sonda médica en un elemento fijo (24); bajar a una punta distal (32) de los pesos de sonda (18), que tienen respectivas masas y respectiva superficie inferior que están orientados en respectivos ángulos con respecto a la punta distal (32), para aplicar a la punta distal (32) respectivos vectores de fuerza que provocan una desviación de la punta distal (32) en relación con el extremo distal (28);
  - 40 recibir de la sonda medidas indicativas de la desviación de la punta distal (32) en respuesta a los vectores de fuerza; y
  - calcular, en base a las medidas, las masas y los ángulos, los coeficientes de calibración para evaluar los vectores de fuerza como una función de las medidas.
- 45 8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, que además comprende medir respectivos componentes descendentes del vector de fuerza usando un dispositivo de detección (26) acoplado al elemento fijo (24), y verificar los coeficientes de calibración de manera receptiva con los componentes descendentes medidos.
- 50 9. El método de acuerdo con la reivindicación 7, donde las superficies inferiores está cubiertas por un material antiadherente.
- 55 10. El método de acuerdo con la reivindicación 7, donde las superficies inferiores están cubiertas por un material que tiene una textura superficial que combina con una textura con una textura superficial interna de un órgano del cuerpo en el que la sonda operará.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 7, y que comprende almacenar los coeficientes de calibración en una memoria (48) acoplada a la sonda.
- 60 12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, donde la memoria (48) comprende una memoria de sólo lectura programable y borrable electrónicamente (E<sup>2</sup>PROM).
- 65 13. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o el método de acuerdo con la reivindicación 7, donde los vectores de fuerza provocan desplazamiento de la punta distal (32) en relación con el extremo distal (28); y las medidas son además indicativas del desplazamiento de la punta distal (32).

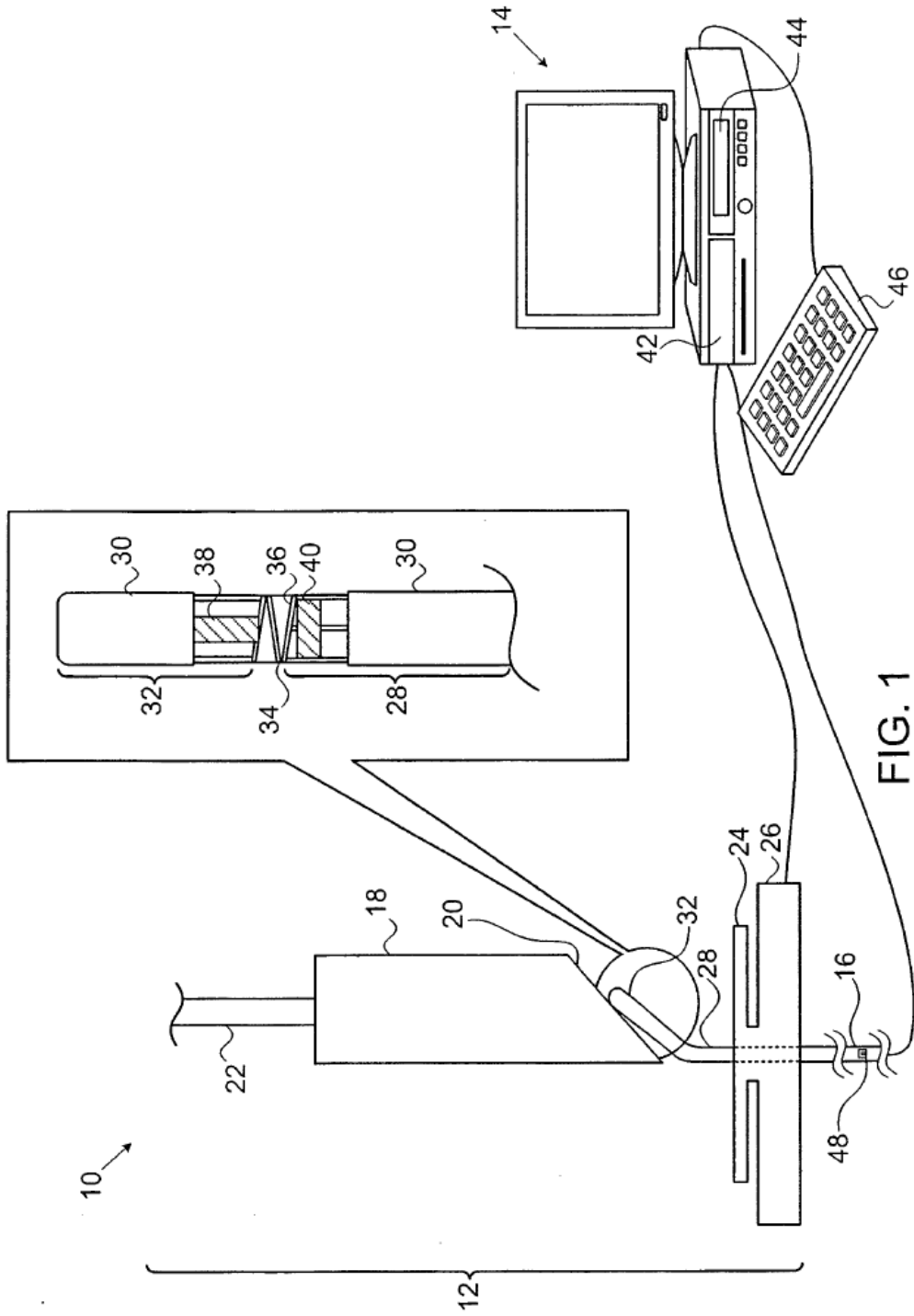


FIG. 1



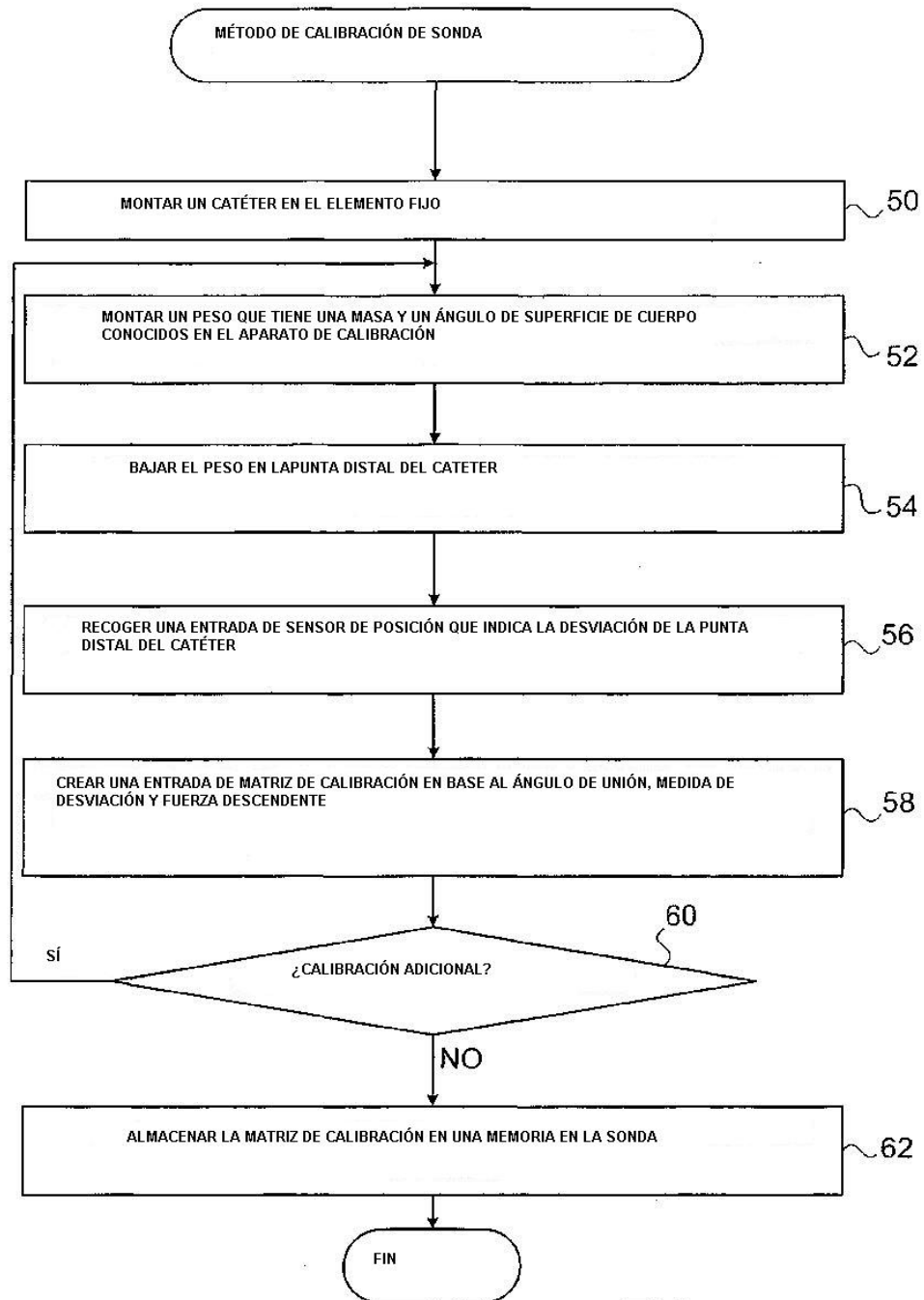


FIG. 2

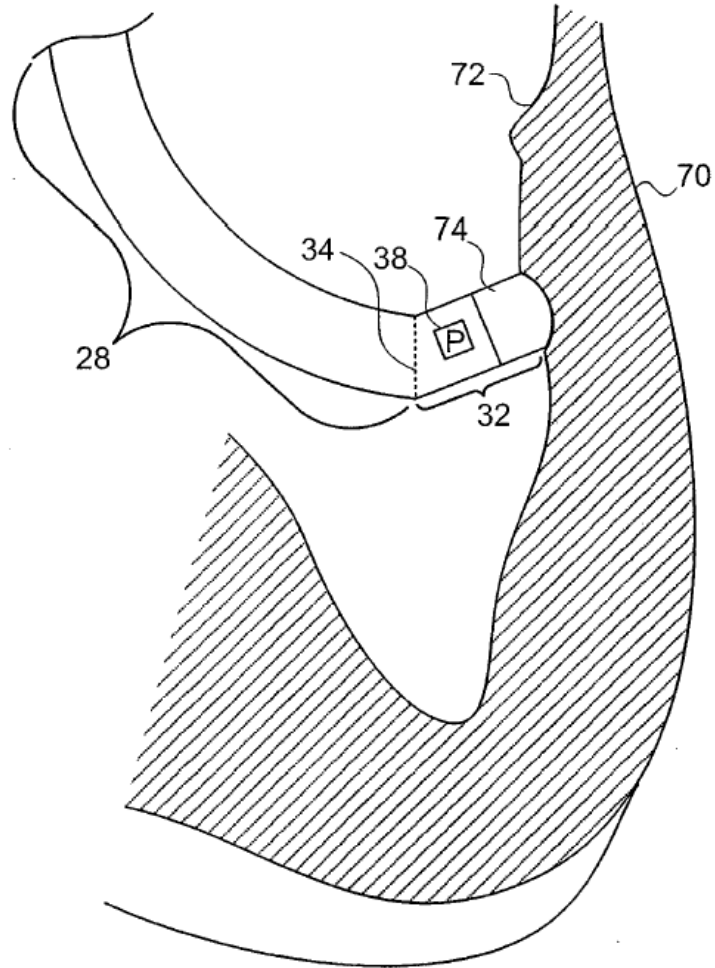


FIG. 3