

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 258**

51 Int. Cl.:

A61B 5/107 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/103 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.11.2016** **PCT/CA2016/051366**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.10.2017** **WO17177304**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2016** **E 16898167 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2023** **EP 3442416**

54 Título: **Aparato de imágenes del pie basado en membrana que incluye una cámara para monitorear la posición del pie**

30 Prioridad:

13.04.2016 US 201662321818 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.07.2023

73 Titular/es:

CRYOS TECHNOLOGIES INC. (100.0%)
385, rue de Salaberry
Joliette, Québec J6E 4G4, CA

72 Inventor/es:

WATTS, GREGORY NICHOLAS;
LACHHAB, MOHAMED;
MOUGIN, PATRICK;
LÉGARÉ, PHILIPPE y
GREMILLET, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 946 258 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

Aparato de imágenes del pie basado en membrana que incluye una cámara para monitorear la posición del pie

5 Campo técnico

El campo técnico general se refiere a las técnicas de imagen para adquirir una imagen tridimensional (3D) de un pie y, en particular, a las técnicas para monitorear un pie recibido en una membrana de un aparato de obtención de imágenes 3D del pie para evaluar la posición correcta del pie durante el proceso de adquisición de imágenes.

10

Antecedentes

Existen varias técnicas para medir la forma 3D de la superficie plantar de un pie para producir órtesis específicas de patente. Las técnicas tradicionales generalmente implican formar un molde del pie del paciente (por ejemplo, un molde de yeso o una impresión de caja de espuma), un proceso largo y materialmente costoso, y luego enviar este molde a un laboratorio ortopédico para usarse para crear las órtesis prescritas. A pesar de ciertas ventajas en términos de simplicidad y costo, las técnicas de fundición pueden llevar mucho tiempo y mano de obra, lo que limita el número de pacientes que un profesional puede tratar diariamente.

15

20

En los últimos años, las imágenes ópticas y las técnicas de escaneo se han vuelto más omnipresentes en el entorno podiátrico y se han usado para adquirir la forma 3D plantar del pie a medida que los médicos buscan aprovechar el aumento de la eficiencia que conlleva su uso. Estas técnicas pueden permitir que la misma información que en las técnicas tradicionales sea capturada rápida y limpiamente por el podólogo, el médico podiátrico u otro profesional de la salud mediante el uso de un escáner 3D (por ejemplo, un escáner láser digital) y transferida al laboratorio ortopédico casi en tiempo real. En el laboratorio ortopédico, los datos de imagen transferidos pueden usarse en un sistema de diseño y fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) para diseñar y fabricar órtesis específicas para el paciente. Las técnicas ópticas de imagen y escaneo pueden proporcionar ventajas de tiempo y costo sobre las técnicas tradicionales de fundición y moldeo. En dependencia de la aplicación prevista, las imágenes ópticas y las técnicas de escaneo pueden permitir que las imágenes plantares 3D se adquieran en cualquiera de los estados sin soporte de peso, soporte de peso completo y semi-soporte de peso, cada uno con sus propios desafíos y limitaciones.

25

30

Por ejemplo, las técnicas de medición que adquieren una imagen del pie en un estado que no soporta peso generalmente no pueden explicar el alargamiento y la deformación natural del pie que se producen cuando se aplica peso al mismo, lo que puede conducir a mediciones poco fiables. Por el contrario, en una condición de soporte de peso completo, la deformación impuesta en el pie puede llegar a ser lo suficientemente significativa como para afectar negativamente la confiabilidad de la imagen escaneada, especialmente las medidas del arco. También puede ser difícil colocar el pie en una posición neutral en una condición de soporte de peso completo. Una condición de semi-soporte de peso puede proporcionar una configuración intermedia y, en principio, más precisa para adquirir una imagen de la superficie plantar, ya que esta condición es a menudo más representativa del alargamiento natural y la deformación del pie en la postura de caminar.

35

40

Adquirir una imagen plantar 3D con el pie en un estado semi-soporte de peso no es sencillo, ya que lograr una deformación adecuada del tejido blando requiere una posición cuidadosa del pie, lo que puede resultar difícil mediante el uso de las técnicas existentes. Al igual que con las técnicas tradicionales, una característica conveniente y a menudo esencial de un "buen molde" o "buen escaneo" es que el antepié y el retropié se coloquen y alineen adecuadamente. Con las técnicas de escaneo 3D, esto típicamente implica tener el antepié colocado relativamente plano y paralelo a un suelo o plano de referencia. Esta condición puede ser difícil de lograr ya que el antepié típicamente no es fácilmente visible para el operador durante el proceso de captura o escaneo de imágenes.

45

50

El documento WO2015/0176183 A1 describe un conjunto de membrana para su uso con un generador de imágenes tridimensional para obtener una imagen plantar topográfica de un pie. El conjunto incluye una estructura de soporte que tiene un extremo frontal y un extremo trasero elevados con relación al extremo frontal, y una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte y configurada para recibir y soportar toda una superficie plantar del pie. La membrana define y encierra una porción superior de una cámara inflable, e incluye una región receptora del antepié y una región receptora del retropié, respectivamente, adyacente al extremo frontal y trasero de la estructura de soporte. La región receptora del retropié está bajo menos tensión que la región receptora del antepié. El generador de imágenes puede colocarse debajo de la membrana con el fin de adquirir la imagen plantar cuando el pie se dispone sobre la membrana. También se proporciona un aparato que incluye un conjunto de membrana y un generador de imágenes tridimensional, y un método para obtener imágenes de un pie.

55

60

El documento US7,952,727 B2 describe un digitalizador de contorno óptico que incluye una fuente de radiación para emitir radiación desde el mismo, un primer espejo para plegar la radiación emitida desde la fuente de radiación hacia un objeto que se mide, un segundo espejo para plegar una reflexión de la radiación del objeto que se mide y un sensor para detectar la radiación reflejada doblada por el segundo espejo, y un método de uso de la misma.

65

El documento US6,205,230 B1 describe un método y aparato para medir la forma de una superficie de un objeto, como un pie humano. El aparato incluye un soporte para sostener una lámina elástica de color conocido y retroreflectividad. La lámina elástica se ajusta a la forma de la superficie inferior del pie. Un escáner escanea un haz de luz a lo largo de la superficie inferior de la lámina elástica desde un punto de vista que está más abajo de la lámina elástica. Un sensor detecta la luz reflejada desde la superficie inferior de la lámina elástica y alimenta las señales de valor de luz correspondientes a un procesador. El procesador analiza las señales y determina los valores de distancia a las porciones de la lámina elástica. Los valores de distancia permiten derivar un contorno que es representativo de la superficie inferior del pie.

El documento US 2014/0276094 A1 describe un aparato que proporciona una compresión adecuada del tejido blando para simular las posiciones articulares, las aplicaciones de fuerza y la retroalimentación propioceptiva del pie natural en la marcha media y captura la superficie topográfica del pie para la producción de órtesis. El aparato proporciona una compresión adecuada del tejido blando al tiempo que permite que un escáner óptico visualice la superficie topográfica modificada de la piel. El aparato incluye una membrana ópticamente transparente para deformar el tejido blando del pie y un escáner óptico configurado para escanear el pie a través de la membrana.

En consecuencia, quedan muchos desafíos en el desarrollo de técnicas para adquirir imágenes plantares 3D en la condición de semi-soporte de peso, al asegurar al mismo tiempo que el pie esté posicionado adecuadamente durante el proceso de adquisición de imágenes.

Resumen

La presente descripción generalmente se refiere a técnicas para monitorear un pie recibido en una membrana flexible de un aparato de obtención de imágenes del pie para determinar si el pie se coloca correctamente antes de adquirir una imagen plantar topográfica del pie con un generador de imágenes 3D del aparato de obtención de imágenes del pie, como se define en las reivindicaciones independientes 1 y 10. Otras características ventajosas de la invención se establecen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un aparato de obtención de imágenes del pie que incluye:

- una estructura de soporte;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte y configurada para recibir un pie sobre la misma;
- un generador de imágenes tridimensional (3D) ubicado debajo de la membrana flexible y configurado para adquirir una imagen plantar topográfica del pie en la membrana flexible; y
- una unidad de monitoreo para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar la posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo que incluya una cámara con un campo de visión, y al menos un deflector de luz dispuesto para desviar la luz de la región monitoreada hacia el campo de visión de la cámara, al adquirir la cámara una imagen de comprobación técnica de la región monitoreada después de la desviación por al menos un deflector de luz, la imagen de monitoreo que contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible.

En algunas implementaciones, la cámara y el al menos un deflector de luz se disponen con respecto a la membrana flexible de manera que la imagen de monitoreo proporciona una vista de elevación frontal y una vista de elevación trasera del pie recibida en la membrana flexible.

En algunas implementaciones, la cámara y el al menos un deflector de luz se disponen con respecto a la membrana flexible de manera que la imagen de monitoreo proporciona al menos una vista de la membrana flexible con el pie sobre la misma y una vista de una reflexión de la membrana flexible con el pie sobre la misma.

En algunas implementaciones, el aparato de obtención de imágenes del pie incluye una carcasa que tiene una pared superior, una pared inferior y una pared lateral que interconecta las paredes superior e inferior, la pared superior tiene una abertura encerrada por la estructura de soporte de manera que la membrana flexible se extiende a través de la abertura.

En algunas implementaciones, la pared inferior se monta en una superficie superior del generador de imágenes 3D, el al menos un deflector de luz se ubica dentro de la carcasa y la cámara se ubica dentro del generador de imágenes 3D y se configura para adquirir la imagen de monitoreo a través de la pared inferior de la carcasa y la superficie superior del generador de imágenes 3D.

En algunas implementaciones, el generador de imágenes 3D se ubica dentro de la carcasa.

En algunas implementaciones, al menos un deflector de luz es un espejo plano que se encuentra al menos parcialmente en el campo de visión de la cámara.

En algunas implementaciones, el espejo plano tiene una superficie normal que se orienta en un ángulo de inclinación con respecto a un eje del campo de visión de la cámara.

5 En algunas implementaciones, el eje del campo de visión de la cámara apunta verticalmente hacia arriba y el ángulo de inclinación es igual a 45°.

En algunas implementaciones, el ángulo de inclinación varía de 30° a 60°.

10 En algunas implementaciones, el ángulo de inclinación es igual a 45°.

En algunas implementaciones, el eje del campo de visión de la cámara apunta verticalmente hacia arriba.

En algunas implementaciones, la imagen de monitoreo es una imagen fija.

15 En algunas implementaciones, la imagen de monitoreo es una secuencia de video.

En algunas implementaciones, la cámara se configura para enviar la imagen de monitoreo a un dispositivo de visualización.

20 En algunas implementaciones, el aparato de obtención de imágenes del pie incluye además un dispositivo de visualización configurado para mostrar la imagen de monitoreo adquirida por la cámara.

25 En algunas implementaciones, la información sobre la posición del pie recibida en la membrana flexible incluye uno o más de los siguientes: un grado de planitud de una región receptora del antepié de la membrana flexible con el pie recibido sobre la misma; presencia o ausencia de contacto físico entre la membrana flexible con el pie recibido sobre la misma y una superficie sólida subyacente; un grado de deformación de la porción frontal del pie cuando el pie se recibe en la membrana flexible; un grado de dorsiflexión de los dedos de los pies cuando el pie se recibe en la membrana flexible; y una posición del pie con respecto a los marcadores de referencia.

30 En algunas implementaciones, la membrana flexible se configura para recibir el pie sobre la misma en una condición de semi-soporte de peso.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un aparato de obtención de imágenes del pie que incluye:

- 35 – una estructura de soporte;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte y configurada para recibir un pie sobre la misma;
- un generador de imágenes tridimensional (3D) ubicado debajo de la membrana flexible y configurado para adquirir una imagen plantar topográfica del pie en la membrana flexible; y
- 40 – una unidad de monitoreo para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar una posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo que incluye una cámara configurada para adquirir una imagen de monitoreo de la región monitoreada, la imagen de monitoreo que contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible y corresponde a una vista frontal y trasera del pie recibida en la membrana flexible.

45 En algunas implementaciones, el aparato de obtención de imágenes del pie incluye además al menos un deflector de luz dispuesto para desviar la luz de la región monitoreada hacia un campo de visión de la cámara para su captura por la cámara como la imagen de monitoreo.

50 De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un aparato de obtención de imágenes del pie que incluye:

- una estructura de soporte;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte y configurada para recibir un pie sobre la misma;
- 55 – un generador de imágenes tridimensional (3D) ubicado debajo de la membrana flexible y configurado para adquirir una imagen plantar topográfica del pie en la membrana flexible; y
- una unidad de monitoreo para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar la posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo que incluye una cámara que tiene un campo de visión, y un deflector de luz que se encuentra, al menos parcialmente, en el campo de visión de la cámara y se dispone para desviar la luz de la región monitoreada hacia la cámara, la cámara adquiere una imagen de monitoreo de la región monitoreada después de la desviación por el deflector de luz, la imagen de monitoreo contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible.

60 En algunas implementaciones, el deflector de luz es un espejo plano.

65

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un aparato de obtención de imágenes del pie que incluye:

- una estructura de soporte;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte y configurada para recibir un pie sobre la misma;
- un generador de imágenes tridimensional (3D) ubicado debajo de la membrana flexible y configurado para adquirir una imagen plantar topográfica del pie en la membrana flexible; y
- una unidad de monitoreo para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar una posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo incluye:

o una primera cámara que tiene un primer campo de visión, y un primer deflector de luz que se encuentra al menos parcialmente en el primer campo de visión y se dispone para desviar la luz de la región monitoreada hacia la primera cámara, la primera cámara adquiere una imagen de monitoreo de la región monitoreada después de la desviación por el deflector de luz, la imagen de monitoreo contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible y corresponde a una vista frontal del pie recibido en la membrana flexible; y

o una segunda cámara que tiene un segundo campo de visión, y un segundo deflector de luz que se encuentra al menos parcialmente en el segundo campo de visión y dispuesto para desviar la luz de la región monitoreada hacia la segunda cámara, la segunda cámara adquiere una imagen de monitoreo de la región monitoreada después de la desviación por el deflector de luz, la imagen de monitoreo contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible y corresponde a una vista trasera del pie recibido sobre la membrana flexible.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un conjunto de membrana que incluye:

- una carcasa que tiene una pared superior, una pared inferior y una pared lateral que interconecta las paredes superior e inferior, la pared superior tiene una abertura en ella;
- una estructura de soporte dispuesta a lo largo de una periferia de la abertura;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte a través de la abertura y configurada para recibir un pie sobre la misma; y
- una unidad de monitoreo dentro de la carcasa para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar una posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo que incluye una cámara configurada para adquirir una imagen de monitoreo de la región monitoreada, la imagen de monitoreo que contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible y corresponde a una vista frontal y trasera del pie recibida en la membrana flexible.

En algunas implementaciones, el conjunto de membrana incluye además al menos un deflector de luz dispuesto para desviar la luz de la región monitoreada hacia un campo de visión de la cámara para su captura por la cámara como la imagen de monitoreo.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un conjunto de membrana para monitorear una posición de un pie, el conjunto de membrana incluye:

- una carcasa que tiene una pared superior, una pared inferior y una pared lateral que interconecta las paredes superior e inferior, la pared superior tiene una abertura en ella;
- una estructura de soporte dispuesta a lo largo de una periferia de la abertura;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte a través de la abertura y configurada para recibir un pie sobre la misma; y
- una unidad de monitoreo dentro de la carcasa para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar la posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo que incluye una cámara con un campo de visión, y un deflector de luz que se encuentra, al menos parcialmente, en el campo de visión de la cámara y se dispone para desviar la luz de la región monitoreada hacia la cámara, la cámara adquiere una imagen de monitoreo de la región monitoreada después de la desviación por el deflector de luz, la imagen de monitoreo contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un conjunto de membrana para su uso con un generador de imágenes tridimensional para obtener una imagen plantar topográfica de un pie, el conjunto de membrana incluye:

- una carcasa que tiene una pared superior, una pared inferior y una pared lateral que interconecta las paredes superior e inferior, la pared superior tiene una abertura en ella;
- una estructura de soporte dispuesta a lo largo de una periferia de la abertura;
- una membrana flexible suspendida de la estructura de soporte a través de la abertura y configurada para recibir un pie sobre la misma, el generador de imágenes tridimensional puede colocarse debajo de la membrana flexible para adquirir la imagen plantar topográfica cuando el pie se dispone sobre la membrana flexible; y

- una unidad de monitoreo dentro de la carcasa para monitorear una región monitoreada con el fin de evaluar una posición del pie sobre la membrana flexible, la unidad de monitoreo que incluye una cámara configurada para adquirir una imagen de monitoreo de la región monitoreada, la imagen de monitoreo que contiene información sobre la posición del pie en la membrana flexible y corresponde a una vista frontal y trasera del pie recibida en la membrana flexible.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para obtener imágenes de un pie, que incluye los pasos de:

- proporcionar una membrana flexible suspendida;
- disponer el pie sobre la membrana flexible;
- monitorear una posición del pie sobre la membrana flexible, incluida la adquisición de una imagen de monitoreo que contenga información sobre la posición del pie en la membrana flexible;
- analizar la imagen de monitoreo para determinar si la posición del pie sobre la membrana flexible es correcta; y
- si la posición del pie sobre la membrana flexible es correcta, adquirir una imagen plantar topográfica del pie recibida sobre la membrana flexible; de cualquier otra manera, al ajustar la posición del pie sobre la membrana flexible y repetir los pasos de monitoreo, analizar y ajustar hasta que la posición del pie sobre la membrana flexible sea la correcta.

En algunas implementaciones, la adquisición de la imagen de monitoreo incluye proporcionar una vista de elevación frontal y una vista de elevación trasera del pie recibida en la membrana flexible.

En algunas implementaciones, la adquisición de la imagen de monitoreo incluye proporcionar al menos una vista de la membrana flexible con el pie sobre la misma y una vista de una reflexión de la membrana flexible con el pie sobre la misma.

En algunas implementaciones, el análisis de la imagen de monitoreo incluye evaluar al menos uno de: un grado de planitud de una región receptora del antepié de la membrana flexible con el pie recibido sobre la misma; una presencia o ausencia de contacto físico entre la membrana flexible con el pie recibido sobre la misma y una superficie sólida subyacente; un grado de deformación de la porción frontal del pie cuando el pie se recibe sobre la membrana flexible; un grado de dorsiflexión de los dedos de los pies cuando el pie se recibe en la membrana flexible; y una posición del pie con respecto a los marcadores de referencia.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para monitorear la posición de un pie sobre una membrana flexible suspendida, incluidos los pasos de:

- colocar el pie sobre la membrana flexible suspendida;
- monitorear una posición del pie sobre la membrana flexible, incluida la adquisición de una imagen de monitoreo que contenga información sobre la posición del pie en la membrana flexible;
- analizar la imagen de monitoreo para determinar si la posición del pie sobre la membrana flexible es correcta; y
- si la posición del pie sobre la membrana flexible es incorrecta, ajustar la posición del pie sobre la membrana flexible y repetir los pasos de monitoreo, analizar y ajustar hasta que la posición del pie sobre la membrana flexible sea correcta.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un uso del conjunto de membrana como se describe en la presente descripción, en combinación con un generador de imágenes 3D, para monitorear la posición correcta del pie durante la adquisición de una imagen plantar topográfica de un pie.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un uso del aparato de obtención de imágenes del pie como se describe en la presente descripción para monitorear la posición correcta del pie durante la adquisición de una imagen plantar topográfica de un pie.

Otras características y ventajas de los aspectos de las técnicas descritas en la presente descripción se entenderán mejor al leer las modalidades preferidas de las mismas con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 2 es igual a la Figura 1, pero con un pie recibido en la membrana flexible.

La Figura 3 es una vista lateral transversal del aparato de la Figura 1, tomada a lo largo de la línea de sección 3 y que representa un pie por encima de la membrana flexible. Como se muestra en la Figura 3, el aparato incluye en su interior una unidad de monitoreo para monitorear el pie cuya imagen plantar topográfica debe adquirirse cuando

se recibe el pie en la membrana y para determinar si el pie está correctamente colocado sobre la membrana flexible.

La Figura 4 es una vista lateral transversal del aparato de la Figura 2, tomada a lo largo de la línea de sección 4. La Figura 4 es igual a la Figura 3, pero con el pie recibido en la membrana flexible.

La Figura 5 es una vista en perspectiva parcialmente despiezada del aparato de la Figura 1.

La Figura 6 es una vista en planta superior de la Figura 1, con un pie recibido en la membrana flexible.

La figura 7 es una vista en perspectiva de un conjunto de membrana, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa.

La Figura 8 es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa.

La Figura 9A es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 9A, solo la unidad de monitoreo controla la membrana receptora del pie.

La Figura 9B es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 9B, solo una reflexión de la membrana receptora del pie es monitoreado por la unidad de monitoreo.

La Figura 10A es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 10A, la unidad de monitoreo incluye una cámara pero no un deflector de luz.

La Figura 10B es una vista lateral transversal del conjunto de membrana del aparato de obtención de imágenes del pie de la Figura 10A.

La Figura 11 es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 11, la unidad de monitoreo monitorea la porción trasera del pie.

La Figura 12 es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 12, la unidad de monitoreo incluye dos cámaras y dos deflectores de luz.

La Figura 13A es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 13A, la unidad de monitoreo incluye una cámara y un deflector de luz que se proporcionan dentro del conjunto de membrana.

La Figura 13B es una vista lateral transversal del conjunto de membrana del aparato de obtención de imágenes del pie de la Figura 13A.

La Figura 14A es una representación de un dispositivo de visualización que muestra una imagen de monitoreo capturada por la unidad de monitoreo de una modalidad ilustrativa de un aparato de obtención de imágenes del pie y proporciona una vista de elevación frontal del pie recibida en la membrana. En la Figura 14A, la imagen de monitoreo indica que la posición del pie sobre la membrana es correcta.

La Figura 14B es una representación de un dispositivo de visualización que muestra una imagen de monitoreo capturada por la unidad de monitoreo de una modalidad ilustrativa de un aparato de obtención de imágenes del pie y proporciona una vista de elevación frontal del pie recibida en la membrana. En la Figura 14B, la imagen de monitoreo indica que la posición del pie sobre la membrana es incorrecta.

La Figura 15A es una representación de un dispositivo de visualización que muestra una imagen de monitoreo capturada por la unidad de monitoreo de una modalidad ilustrativa de un aparato de obtención de imágenes del pie y proporciona una vista de elevación frontal del pie recibida en la membrana. En la Figura 15A, solo la membrana receptora del pie es visible en la imagen de monitoreo.

La Figura 15B es una representación de un dispositivo de visualización que muestra una imagen de monitoreo capturada por la unidad de monitoreo de una modalidad ilustrativa de un aparato de obtención de imágenes del pie y proporciona una vista de elevación frontal del pie recibida en la membrana. En la Figura 15B, solo la reflexión de la membrana receptora del pie es visible en la imagen de monitoreo.

La Figura 16 es una imagen real adquirida por la unidad de monitoreo de una modalidad ilustrativa de un aparato de obtención de imágenes del pie. La imagen que se muestra en la Figura 16 representa tanto la membrana receptora del pie con el pie recibido sobre la misma como una reflexión de la membrana receptora del pie en una superficie reflectante subyacente.

La Figura 17 es una representación de un dispositivo de visualización que muestra una imagen de monitoreo capturada por la unidad de monitoreo de una modalidad ilustrativa de un aparato de obtención de imágenes del pie y proporciona una vista de elevación trasera del pie recibida en la membrana. En la Figura 17, la imagen de monitoreo indica que la posición del pie sobre la membrana es correcta.

La Figura 18 es un diagrama de flujo de un método para obtener imágenes de un pie, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 19 es una vista lateral transversal de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con otra modalidad ilustrativa. En la Figura 19, la unidad de monitoreo incluye una cámara ubicada en el generador de imágenes 3D y dos deflectores de luz asociados a la cámara y ubicados ambos en el conjunto de membrana.

Descripción detallada

En la siguiente descripción, se han dado números de referencia similares en los dibujos y, para no sobrecargar indebidamente las figuras, algunos elementos pueden no indicarse en algunas figuras si ya estaban identificados en figuras anteriores. También debe entenderse en la presente descripción que los elementos de los dibujos no se representan necesariamente a escala, ya que se pone énfasis tras ilustrar claramente los elementos y estructuras de las presentes modalidades.

La presente descripción generalmente se refiere a técnicas para obtener una imagen plantar topográfica de un pie en las que se monitorea y evalúa la posición adecuada del pie para el proceso de adquisición de imágenes. Más particularmente, la presente descripción se refiere a las técnicas para monitorear un pie recibido y soportado en una membrana flexible suspendida de un aparato de obtención de imágenes del pie 3D para asegurar o ayudar a asegurar la posición correcta del pie para la adquisición de imágenes por un generador de imágenes 3D del aparato de obtención de imágenes del pie.

En las técnicas actuales, el aparato de obtención de imágenes 3D del pie puede incluir, entre otros componentes, una unidad de monitoreo que incluya al menos una cámara y esté configurada para monitorear el pie recibido en la membrana flexible, por ejemplo, en una condición de semi-soporte de peso, y para evaluar si el pie se coloca correctamente en la membrana antes de adquirir la imagen plantar topográfica del pie mediante el uso del generador de imágenes 3D del aparato de obtención de imágenes. De acuerdo con diferentes aspectos no limitativos de las técnicas descritas en la presente descripción, se proporciona un aparato de obtención de imágenes del pie que incluye un conjunto de membrana, un generador de imágenes 3D y una unidad de monitoreo; un conjunto de membrana para su uso con un generador de imágenes 3D e incluir una unidad de monitoreo; y un método para obtener imágenes de un pie.

Como se usa en la presente, el término "posición del pie", cuando se usa en relación con un pie recibido en una membrana flexible, debe interpretarse ampliamente para describir la disposición física y la disposición del pie con relación a sí mismo y con relación a la membrana, incluidas, sin limitación, su ubicación, orientación, distancia, dirección, alineación y deformación. Pueden usarse diferentes métodos y criterios (tanto objetivos como subjetivos) para determinar si la posición del pie es correcta. A manera de ejemplo, en algunas implementaciones, los criterios que pueden usarse para determinar si el pie se coloca correctamente en la membrana puede incluir, sin limitación:

- evaluar si una porción del pie dispuesta sobre la membrana incide y se apoya contra una superficie sólida subyacente;
- evaluar si la región de receptora del antepié de la membrana presenta una superficie receptora suficientemente uniforme y plana en el antepié;
- evaluar si la deformación del antepié debido a las cargas de compresión vertical y/o lateral sigue siendo suficientemente pequeña;
- evaluar si los dedos de los pies no están demasiado curvados; y
- evaluar la posición, orientación y/o alineación del pie con respecto a los marcadores de referencia (por ejemplo, puntos de referencia o planos).

Como se usa en la presente, el término "imagen plantar topográfica" y sus variantes se refieren ampliamente a un mapa o modelo de relieve 3D que replica la superficie plantar del pie en una determinada condición de soporte de peso. La imagen plantar topográfica generalmente incluye una matriz de puntos de datos 3D, donde cada punto de datos puede describirse por su coordenada espacial $Z(x, y)$, donde Z es la altura o elevación local de la superficie en la ubicación (x, y) . Como se describe a continuación, puede adquirirse una imagen topográfica de la superficie plantar del pie mediante el uso de métodos ópticos, por ejemplo, escáneres láser 3D y sistemas de imágenes estéreo digitales 3D. En la presente descripción, el término "imagen plantar topográfica" puede usarse indistintamente con el término "imagen plantar 3D". Además, el término "superficie plantar" como se usa en la presente tiene su significado ordinario y se refiere a la parte inferior o superficie inferior del pie.

Como se sabe en la técnica, las imágenes plantares topográficas pueden adquirirse con el pie en tres condiciones principales de soporte de peso: sin soporte de peso, soporte de peso completo y semi-soporte de peso. El término "sin soporte de peso" se refiere a una condición en la que no se aplica peso corporal al pie, como si el pie estuviera en suspensión. El término "soporte de peso completo" se refiere a una condición de soporte de peso donde el pie soporta todo el peso corporal. El término "semi-soporte de peso" se refiere a una condición de soporte de peso en donde solo una cierta cantidad de peso corporal es soportada por el pie, como, por ejemplo, entre el 20 % y el 50 % del peso corporal total. Por supuesto, este rango se proporciona solo con fines ilustrativos, de manera que los valores que se encuentran fuera de este rango pueden usarse en ciertas modalidades. En la presente descripción, los términos "semi-soporte de peso" y "soporte de peso parcial" pueden usarse indistintamente.

En algunos casos, adquirir una imagen plantar 3D con el pie en un estado semi-soporte de peso puede ser conveniente o incluso necesario. Una razón es que la cantidad de deformación de tejidos blandos bajo soporte de peso puede controlarse con mayor precisión y ser más representativa de la deformación fisiológica natural del pie bajo el peso del cuerpo, por ejemplo, la altura de los arcos longitudinales medial y lateral y la deformación natural del eje del pie. La medición de la forma plantar 3D bajo algún nivel controlado de deformación bajo de semi-soporte de peso puede ser beneficiosa, mientras que una ausencia o exceso de deformación, como en condiciones sin soporte de peso y con soporte de peso completo, puede conducir a imprecisiones en los datos medidos. Cabe señalar que las técnicas descritas en la presente descripción pueden aplicarse para monitorear la posición del pie no solo en un estado de semi-soporte de peso, sino también en condiciones sin soporte de peso y con soporte de peso completo.

Adquirir una imagen plantar 3D en una condición de semi-soporte de peso parcial puede ser un desafío y puede implicar seleccionar cuidadosamente la estructura y configuración de la membrana flexible y/o su estructura de soporte al proporcionar, por ejemplo:

- 5 – una superficie receptora del pie que no se deforma localmente por otra parte física del sistema (por ejemplo, una superficie similar a una placa) cuando el pie se recibe sobre la misma;
- una presión controlada ejercida sobre el pie que se adapta a la flexibilidad y dimensiones del pie, y que induce una deformación del pie que es anatómicamente similar a la deformación fisiológica natural del pie bajo el peso del cuerpo; y
- 10 – una configuración que puede permanecer estable durante toda la duración del proceso de adquisición de imágenes.

Un objetivo general de algunas de las presentes técnicas es monitorear, mediante el uso de una cámara de monitoreo dedicada, si un pie para ser fotografiado se coloca correctamente en una membrana receptora del pie antes y durante el proceso de adquisición de imágenes.

En algunas implementaciones, la cámara de monitoreo se coloca y configura para monitorear la región frontal del pie (es decir, el antepié). Esto se debe a que controlar las fuerzas ejercidas sobre el antepié por la membrana flexible puede reducir o ayudar a reducir la deformación del antepié que, si es significativa, puede tener repercusiones en la forma general de la superficie plantar y, potencialmente, degradar la confiabilidad y precisión de la imagen plantar 3D. Más particularmente, generalmente es conveniente que los dedos de los pies no estén excesivamente dorsiflexionados (es decir, no demasiado curvados) ni que formen arcos longitudinales artificiales (es decir, cóncavos o convexos), para asegurar que los arcos medial y lateral, cuya forma se va a adquirir, no se deformen negativamente. Al mismo tiempo, una cierta cantidad de deformación en la región trasera del pie puede ser beneficiosa, especialmente porque puede permitir que la imagen plantar 3D sea más representativa de la deformación fisiológica natural de los arcos medial y lateral.

En algunas implementaciones, puede mostrarse una transmisión de video en vivo del antepié adquirido por la cámara de monitoreo al operador (por ejemplo, un podólogo, un médico podiátrico u otro profesional de la salud) en un dispositivo de visualización (por ejemplo, un monitor de ordenador) para proporcionar al operador retroalimentación instantánea sobre la configuración posicional del pie recibida en la membrana flexible. Dichas implementaciones pueden permitir una posición más precisa y rápida del antepié sobre la membrana suspendida y pueden reducir, a veces significativamente, el número de reescaneos requeridos (es decir, el número de escaneos de prueba y error para obtener la posición correcta del pie).

Aparato de imágenes del pie

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un aparato de obtención de imágenes del pie 20 configurado para obtener una imagen topográfica de una superficie plantar 22 de un pie 24, cuya modalidad ilustrativa se ilustra en las Figuras de la 1 a la 6.

En términos generales, esta modalidad del aparato de obtención de imágenes del pie 20 incluye una estructura de soporte 26; una membrana flexible 28 suspendida de la estructura de soporte 26 y configurada para recibir el pie 24 sobre la misma; un generador de imágenes 3D 30 ubicado debajo de la membrana flexible 28 para adquirir una imagen plantar topográfica del pie 24 cuando el pie 24 se coloca en la membrana 28 (ver Figuras 2, 4 y 6); una unidad de monitoreo para monitorear la posición de un pie en la membrana 28. La unidad de monitoreo 32 incluye una cámara 34 que tiene un campo de visión 35 y un deflector de luz 36 (ver las Figuras 3 y 4) dispuesto para desviar una imagen indicativa de la posición del pie sobre y para su captura por la cámara 34. La imagen indicativa de la posición del pie puede denominarse en la presente descripción "imagen de monitoreo". A continuación se describirán con mayor detalle sobre la estructura, configuración y funcionamiento de estos y otros posibles componentes del aparato de obtención de imágenes del pie 20.

Estructura de soporte

Como se usa en la presente, el término "estructura de soporte" se refiere en ampliamente a cualquier estructura que pueda sujetar y soportar mecánicamente la membrana flexible, generalmente a través de su periferia, de manera que la membrana flexible cuelgue de la estructura de soporte y pueda soportar un pie recibido sobre la misma. En la modalidad de las Figuras 1 a 6, la estructura de soporte 26 incluye un extremo frontal 38a y un extremo trasero 38b elevados con relación al extremo frontal 38a. Como se usa en la presente, el término "elevado" se refiere a que el extremo trasero de la estructura de soporte es verticalmente más alto que el extremo frontal cuando se mide hacia arriba desde la parte inferior del aparato de obtención de imágenes del pie. A manera de ejemplo, en algunas modalidades, el ángulo de elevación del extremo trasero 38b de la estructura de soporte 26 con relación al extremo frontal 38a del mismo oscila entre aproximadamente 5 grados (°) y aproximadamente 30°, y en otras modalidades, el ángulo de elevación oscila entre aproximadamente 8° y aproximadamente 12°, por ejemplo 10°, aunque otros valores de ángulo de elevación pueden usarse en otras modalidades. Además, en aún otras modalidades, el extremo trasero de la estructura de soporte no necesita ser verticalmente más alta que el extremo frontal.

Membrana flexible

Como se usa en la presente, el término "membrana flexible" se refiere a cualquier capa similar a una hoja o relativamente delgada de material elástico y estirable que se deforma mecánicamente en respuesta a la acción de una carga aplicada, por ejemplo, la fuerza ejercida por el peso del pie recibido en la membrana. Para simplificar, el término "membrana flexible" puede, en algunos casos, acortarse a "membrana".

La membrana flexible puede sujetarse y conectarse a la estructura de soporte mediante el uso de una serie de mecanismos de sujeción o anclaje, siempre que, en el uso previsto del aparato de obtención de imágenes del pie, la membrana permanezca suspendida de la estructura de soporte. En algunas modalidades, puede ser posible variar el valor y/o la uniformidad espacial de la tensión de la membrana 28 al ajustar la forma en que se suspende de la estructura de soporte 26, por ejemplo, para ayudar a lograr un estado de semi-soporte de peso. Además, en algunas modalidades, la membrana flexible puede fijarse de manera liberable a la estructura de soporte. En dichas modalidades, la membrana puede convenientemente limpiarse, reemplazarse, repararse, reposicionarse, ajustarse o aflojarse, o mantenerse de cualquier otra manera.

Con referencia todavía a las Figuras 1 a 6, la membrana flexible 28 puede hacerse de cualquier material flexible adecuado incluidos, sin limitación, polímeros, plásticos, termoplásticos, caucho, cauchos sintéticos, elastómeros y similares. Por ejemplo, en algunas modalidades, la membrana flexible 28 puede hacerse de un material flexible a base de silicona. La membrana flexible 28 puede hacerse mediante fundición, moldeado, extrusión, termoformado, impresión 3D o cualquier otro proceso o técnica de fabricación adecuada.

La membrana flexible 28 puede tener un grosor que varía de aproximadamente 0,5 milímetros (mm) a aproximadamente 4 mm, y en particularmente entre aproximadamente 0,8 mm y aproximadamente 1,2 mm. La membrana flexible 28 puede, pero no necesita, tener un grosor uniforme. Además, la membrana 28 puede ser plana o tener una forma preformada (por ejemplo, forma cóncava o convexa), o tener una configuración diferente en cada lado de la misma. Como se usa en la presente, el término "preformado" se usa para indicar que la membrana flexible ha sido sometida, antes de fijarse a la estructura de soporte, a un proceso de fabricación para conferir a la membrana flexible una forma que tiene un tamaño y una forma predeterminados y, generalmente, una sección transversal no plana. El término "preformado" también se refiere al hecho de que la membrana flexible conserva la forma intrínseca y no plana que se le confiere cuando se dispone sobre una superficie plana. Por supuesto, dado que está hecha de un material elástico, la membrana flexible se deformará no obstante cuando se aplique una carga suficiente (por ejemplo, el peso de un pie).

En algunas modalidades, la membrana puede tener un alargamiento final superior al 300 %, por ejemplo, del 600 %, aunque pueden usarse diferentes valores de elongación final en otras modalidades. Como se conoce en la técnica, el término "alargamiento final" se refiere al aumento porcentual en la longitud de un material que ocurre antes de que las propiedades mecánicas del material cambien irreversiblemente (por ejemplo, debido a la rotura bajo tensión o al inicio de la cristalización). A lo largo de la presente descripción y a menos que se indique lo contrario, los términos "flexible", "elástico", "estirable", "deformable", "plegable" y sus variantes pueden usarse indistintamente para designar la capacidad de la membrana para deformarse reversiblemente bajo una carga aplicada.

En la modalidades de las Figuras 1 a 6, la membrana flexible 28 incluye una región receptora del antepié 40a y una región receptora del retropié 40b cerca de y fijada al extremo frontal 38a y al extremo trasero 38b de la estructura de soporte 26, respectivamente. Se entiende que, cuando se designan las regiones de la membrana flexible 28, los términos "antepié" y "retropié" se refieren al hecho de que las regiones receptoras del antepié y del retropié 40a, 40b se destinan a recibir y soportar las porciones frontal y trasera 42a, 42b del pie 24, respectivamente. En la modalidad ilustrada, debido a que el extremo trasero 38b de la estructura de soporte 26 está elevado con relación al extremo frontal 38a, la membrana flexible 28 está inclinada hacia abajo, hacia la región receptora del antepié 40a. El ángulo de inclinación de la membrana suspendida 28 corresponde al ángulo de elevación de la estructura de soporte 26. En algunas modalidades, la estructura de soporte 26 puede configurarse para permitir que el ángulo de elevación de la estructura de soporte 26 y, por lo tanto el ángulo de inclinación de la membrana 28, se ajuste sobre un cierto rango angular.

La membrana flexible 28 se configura para recibir y soportar, sola y autónomamente, el pie 24 en una condición de semi-soporte de peso. Dicho de cualquier otra manera, durante la adquisición de la imagen plantar topográfica, toda la superficie plantar del pie 24 se soporta únicamente por la membrana flexible suspendida inflable 28, sin contacto con otras partes físicas o componentes del aparato 20. Esta condición puede lograrse, por ejemplo, al seleccionar adecuadamente la forma y la elasticidad de la membrana flexible 28, y/o la forma en que se suspende de la estructura de soporte 26 (por ejemplo, al elevar la región receptora del retropié 40b de la membrana 28 con relación a la región receptora del antepié 40a). Sin embargo, vale la pena reiterar que las técnicas de monitoreo descritas en la presente descripción pueden aplicarse para el monitoreo de la posición del pie en condiciones sin soporte de peso y con soporte de peso completo.

Con referencia todavía a las Figuras 1 a 6, además de configurarse para soportar toda la superficie plantar 22 del pie 24 sola y sin la ayuda de otro componente físico, la membrana flexible 28 puede configurarse de manera que la región receptora del retropié 40b esté bajo menos tensión que la región receptora del antepié 40a. Al tener una tensión más

alta en la región receptora del antepié 40a que en la región receptora del retropié 40b, la deformación sufrida por la porción frontal 42a del pie 24 puede ser menor que la deformación sufrida por la porción trasera 42b, por lo tanto facilita que el pie 24 alcance una condición de semi-soporte de peso.

5 Carcasa

Con referencia todavía a las Figuras 1 a 6, la estructura de soporte 26 puede formar parte de una carcasa 44, que generalmente define la forma general de al menos una porción superior del aparato de obtención de imágenes del pie 20. La carcasa 44 puede hacerse de material ligero pero resistente y duradero incluidos, sin limitarse a, plástico
10 moldeado o metales o aleaciones livianas. La carcasa 44 también puede ser compacta y tener una forma ergonómica (por ejemplo, esquinas redondeadas y superficies lisas) para facilitar su operación y manejo.

La carcasa 44 puede tener una pared superior 46, una pared inferior 48 y una pared lateral 50 que interconectan las paredes superior e inferior 46, 48. En la modalidad ilustrada, la pared superior 46 está inclinada en un ángulo de
15 pendiente θ con relación a la pared inferior 48. El ángulo de pendiente θ puede corresponder al ángulo de elevación de la estructura de soporte 26 y, por tanto, al ángulo de inclinación de la membrana flexible 28. La pared lateral 50 incluye cuatro paneles de pared, pero este número puede diferir en otras modalidades. En la modalidad ilustrada, una o más ventanas transparentes 52 pueden proporcionarse opcionalmente en la pared lateral 50 para permitir al
20 operador ver mejor el pie recibido en la membrana flexible 28 y/o reducir el peso del aparato 20.

En la modalidad ilustrada, la estructura de soporte 26 incluye un marco periférico 54 que encierra una abertura 56 formada a través de la pared superior 46 de la carcasa 44. La membrana flexible 28 se fija al marco periférico 54 de
25 manera que se extiende y, opcionalmente, sella herméticamente la abertura 56. Cuando la abertura 56 se sella herméticamente, la membrana flexible 28 y la carcasa 44 pueden definir y encerrar juntas una cámara inflable 58. En la modalidad ilustrada, la abertura 56 generalmente tiene una forma ovoide, con un ancho que aumenta desde el extremo frontal 38a hacia el extremo trasero 38b de la estructura de soporte 26. Por supuesto, en otras modalidades, la abertura 56 puede tener otra forma, por ejemplo una elipse o un rectángulo, o cualquier otra forma regular o irregular adecuada. Además, en otras modalidades, la abertura 56 puede tener un ancho sustancialmente uniforme.

30 Unidad de inflado

Con referencia todavía a las Figuras 1 a 6, el aparato de obtención de imágenes del pie 20 puede incluir una unidad de inflado 60. La unidad de inflado 60 está en comunicación fluida con la cámara inflable 58. La unidad de inflado 60 se configura para suministrar o descargar selectivamente un fluido presurizado (por ejemplo, un gas como el aire)
35 dentro o desde la cámara inflable 58, mediante el uso de válvulas u otros actuadores adecuados, para regular una presión interna de la cámara inflable 58. De esta manera, la cámara inflable 58 puede inflarse o desinflarse selectivamente para ajustar la presión aplicada al lado inferior de la membrana flexible 28. En algunas modalidades, la presión dentro de la cámara inflable 58 puede aumentarse hasta 5 kilopascales, aunque pueden usarse otros valores de presión interna en otras modalidades. Se debe entender que cuando la cámara inflable 58 se presuriza, la
40 membrana flexible 28 puede formar un colchón de aire para recibir y soportar el pie en una condición de semi-soporte de peso.

Generador de imágenes 3D

Con referencia todavía a las Figuras 1 a 6, y como se ilustra mejor en la Figura 4, el generador de imágenes 3D 30 se
45 proporciona debajo de la membrana flexible 28 para adquirir la imagen topográfica de la superficie plantar 22 cuando el pie 24 se dispone sobre la membrana flexible 28. Como se usa en la presente, el término "generador de imágenes 3D" se refiere ampliamente a cualquier componente, dispositivo o sistema, o sus combinaciones, capaz de adquirir una imagen topográfica de la superficie plantar de un pie recibida y soportada por la membrana flexible. Como se mencionó anteriormente, la imagen topográfica de la superficie plantar del pie proporciona un modelo 3D que tiene
50 como objetivo replicar la forma de la superficie plantar. Una imagen plantar topográfica, o imagen plantar 3D, generalmente incluye una matriz de puntos de datos, cada uno designado por una coordenada espacial $Z(x, y)$, donde Z es la altura o elevación local de la superficie plantar en la posición (x, y) , generalmente medida desde un plano de referencia del generador de imágenes 3D. Alternativamente, la coordenada espacial de cada punto de datos de la matriz puede ser de la forma $Z(x, y, z)$ o $Z(x, y, z, c)$, donde c representa un color asociado con el punto.

Cabe mencionar que los términos "luz", "óptica" y variantes pretenden referirse en la presente descripción a la radiación electromagnética en cualquier región adecuada del espectro electromagnético, y no se limitan *a priori* a la luz visible. En algunas modalidades, la membrana flexible puede ser parcial o completamente opaca a la radiación
60 electromagnética usada por el generador de imágenes 3D, en cuyo caso el generador de imágenes 3D adquiere una imagen de la membrana flexible deformada por el pie recibido sobre la misma. Sin embargo, en otra modalidad, la membrana flexible puede ser ópticamente transparente a la radiación electromagnética usada por el generador de imágenes 3D, para que la imagen de la superficie plantar en sí es adquirida directamente por el generador de imágenes 3D.

A manera de ejemplo, en algunas implementaciones, el generador de imágenes 3D 30 puede ser una cámara estereoscópica 3D, por ejemplo, mediante el uso de técnicas de fotogrametría estereoscópica óptica. Sin embargo,

varios dispositivos de imagen convencionales o especializados, ya sean activos o pasivos, pueden usarse en otras modalidades, en dependencia de los requisitos o restricciones de rendimiento, por ejemplo, en términos de campo de visión, resolución espacial, sensibilidad, velocidad de adquisición de imágenes, tamaño, peso, costo y similares. Los ejemplos de tipos adecuados de dispositivos de imágenes 3D incluyen, sin limitación, escáneres láser 3D, cámaras de luz estructurada 3D, cámaras de tiempo de vuelo 3D y otros dispositivos de imágenes capaces de adquirir imágenes de profundidad 3D. En algunas implementaciones, el generador de imágenes 3D puede incluir dos o más dispositivos de adquisición de imágenes independientes 3D cuyas salidas respectivas se combinan para producir la imagen 3D final del pie.

Más particularmente con referencia a las Figuras 3 y 4, en algunas implementaciones, la carcasa 44 puede montarse en el generador de imágenes 3D 30, con la pared inferior 48 de la carcasa 44 en contacto o cerca de la superficie superior 62 del generador de imágenes 3D 30. Se debe entender que, en la modalidad ilustrada, el generador de imágenes 3D 30 se configura para adquirir una imagen topográfica de la superficie plantar 22 vista tanto a través de la superficie superior 62 del generador de imágenes 3D 30 como de la pared inferior 48 de la carcasa 44. Por lo tanto, tanto la superficie superior 62 del generador de imágenes 3D 30 como la pared inferior 48 de la carcasa 44 deben hacerse de un material ópticamente transparente o al menos parcialmente transparente (por ejemplo, vidrio u otro material adecuado) en una porción de la misma lo suficientemente grande como para permitir que el generador de imágenes 3D 30 capture una imagen topográfica de la totalidad o una parte útil de la superficie plantar del pie.

En la modalidad ilustrada en las Figuras 1 a 6, el generador de imágenes 3D 30 se conecta de manera liberable al resto del aparato 20. En dicho caso, con referencia a la Figura 7, puede decirse que el resto del aparato 20, que incluye la carcasa 44, la estructura de soporte 26 y la membrana flexible 28, define un conjunto de membrana o caja 64. El conjunto de membrana 64 puede usarse en combinación con, pero fabricado y/o vendido independientemente de, un generador de imágenes 3D para proporcionar un aparato de obtención de imágenes del pie.

Volviendo brevemente a la Figura 8, en otra modalidad, el generador de imágenes 3D 30 puede ubicarse alternativamente dentro de la carcasa 44. En dicho caso, el generador de imágenes 3D 30 puede proporcionarse dentro de la cámara inflable 58 y puede proporcionarse integralmente con los demás componentes del aparato de obtención de imágenes del pie 20. En dicho escenario, es posible que solo se interponga una o ninguna placa transparente entre el generador de imágenes 3D 30 y la membrana flexible 28.

Unidad de monitoreo

Con referencia a las Figuras 3 y 4, el aparato de obtención de imágenes del pie 20 también incluye una unidad de monitoreo 32 para monitorear una región de monitoreo 66 con el fin de evaluar una posición del pie sobre la membrana flexible. La provisión de la unidad de monitoreo 32 puede permitir evaluar la posición correcta del pie en vista del proceso de imagen. La unidad de monitoreo 32 se configura para adquirir o capturar una imagen de monitoreo indicativa de la posición del pie 24 recibido en la membrana flexible 28. En otras palabras, la imagen de monitoreo contiene información sobre la posición del pie 22 sobre la membrana flexible 28.

Como se mencionó anteriormente, en algunas implementaciones, la imagen de un pie en un estado semi-portador de peso puede ser conveniente o incluso necesaria. Esto se debe, al menos en parte, al hecho de que la cantidad de deformación del tejido blando bajo soporte de peso puede controlarse con mayor precisión y ser más representativa de la deformación fisiológica natural del pie bajo el peso del cuerpo. Las técnicas no limitativas para lograr imágenes 3D del pie semi-soporte de peso se describen en la Solicitud Internacional PCT No. PCT/CA2015/050453, presentada el 20 de mayo de 2015 y publicada el 26 de noviembre de 2015 como el documento WO 2015/176183.

A manera de ejemplo, lograr un estado de semi-soporte de peso puede implicar implementar uno o más de los siguientes:

- adquirir la imagen plantar 3D con toda la superficie plantar del pie recibida y soportada únicamente por una membrana flexible e inflable suspendida de una estructura de soporte, sin contacto con un plano de referencia subyacente;
- configurar la estructura de soporte de manera que el ancho de la abertura de la estructura de soporte a través de la que se soporta la membrana aumente desde el extremo frontal hacia el extremo trasero de la estructura de soporte;
- configurar la membrana flexible de manera que la región receptora del retropié de la membrana se conecta más arriba en la estructura de soporte que la región receptora del antepié para compensar que la fuerza ejercida por el pie en la región receptora del retropié de la membrana sea mayor que la ejercida sobre la región receptora del antepié, debido a la fuerza adicional dirigida hacia abajo generalmente aplicada por el operador en la rodilla del paciente;
- configurar la membrana flexible de manera que la región receptora del retropié de la membrana esté bajo menos tensión que la región receptora del antepié, lo que puede implicar:

- (i) ajustar las propiedades físicas de la propia membrana flexible, por ejemplo, al preformar la membrana para que su superficie superior receptora del pie incluya un área empotrada cóncava en la

- región receptora del antepié, y/o al proporcionar a la membrana de un grosor mayor en la región receptora del antepié que en la región receptora del retropié; y/o
- (ii) ajustar la forma en que la membrana se suspende de la estructura de soporte, por ejemplo al controlar la uniformidad de la tensión en la membrana fijada a la estructura de soporte.

Como también se mencionó anteriormente, lograr el semi-soporte de peso en imágenes de pie 3D mediante el uso de una membrana flexible suspendida puede ser un desafío, porque el pie, especialmente el antepié, y típicamente no es fácilmente visible para el operador durante el proceso de captura de imágenes. Como se describirá ahora, las técnicas actuales proporcionan una unidad de monitoreo que tiene como objetivo abordar o al menos aliviar este desafío.

Con referencia a las Figuras 3 y 4, en algunas modalidades, la unidad de monitoreo 32 puede incluir una cámara 34 que tiene un campo de visión 35, y al menos un deflector de luz 36 dispuesto para desviar la luz desde la región monitoreada 66 hacia el campo de visión 35 de la cámara 34. La cámara 34 adquiere una imagen de monitoreo de la región monitoreada 66 después de la desviación por al menos un deflector de luz 36. La información sobre la posición del pie 24 sobre la membrana 28 puede obtenerse de la imagen de monitoreo por lo tanto adquirida. En la modalidad ilustrada, la unidad de monitoreo 32 incluye un solo deflector de luz 36. Sin embargo, otras modalidades pueden incluir más de un deflector de luz colocado y dispuesto para redirigir sucesivamente la luz desde la región monitoreada a la cámara. El campo de visión 35 de la cámara 34 abarca al menos parcialmente, y en algunos casos, en su totalidad, el deflector de luz 36. Puede ser ventajoso, en algunas implementaciones, que el campo de visión de la cámara 34 se llene tanto como sea posible con el deflector de luz 36, ya que generalmente no puede recuperarse información valiosa sobre la posición del pie en la membrana 28 de las regiones de la imagen que no se ven a través del deflector de luz 36.

Como se usa en la presente, el término "cámara" se refiere ampliamente a cualquier dispositivo o combinación de dispositivos capaces de capturar y emitir imágenes de una escena, ya sea como imágenes fijas o como una secuencia de vídeo. En dependencia de la aplicación o uso, pueden usarse diferentes tipos de cámaras, incluidas, sin limitación, cámaras complementarias basadas en semiconductores de óxido metálico (CMOS) o dispositivos de carga acoplada (CCD). La cámara puede emplear un obturador estático o giratorio capaz de producir imágenes fijas y secuencias de vídeo con velocidades de fotogramas que varían, sin limitación, de 10 a 240 fotogramas por segundo, por ejemplo 30 fotogramas por segundo. En algunas modalidades, la cámara puede ser una cámara digital de alta resolución, aunque las cámaras de menor resolución (por ejemplo, 0,3 megapíxeles) y/o dispositivos no digitales pueden usarse en otras modalidades. La cámara puede ser sensible a los rangos de longitud de onda visible y/o infrarroja, aunque no se excluyen otros rangos de longitud de onda *a priori*.

La cámara puede incluir un sensor de imagen y una óptica colectora adaptada para recoger luz de la región monitoreada y dirigir la luz recogida hacia el sensor de imagen. La óptica colectora puede incluir lentes, espejos, filtros y cualquier otro componente óptico reflectante, refractivo y/o difractivo adecuado. El sensor de imagen puede ser un dispositivo formado por una pluralidad de píxeles capaces de detectar la radiación electromagnética incidente sobre el mismo y generar una imagen a partir de la radiación detectada. Los píxeles pueden disponerse en una matriz bidimensional. A manera de ejemplo, el sensor de imagen puede llevarse a la práctica mediante un sensor de imagen CMOS o CCD, pero también pueden usarse alternativamente otras matrices de sensores (por ejemplo, dispositivos de inyección de carga o matrices de fotodiodos).

Como se usa en la presente, el término "deflector de luz" se refiere a un elemento óptico o una combinación de elementos ópticos que pueden redirigir, al menos parcialmente, la trayectoria óptica de la luz incidente sobre el mismo, por ejemplo, una imagen de un objeto. En las técnicas actuales, cada deflector de luz se dispone con relación a la región monitoreada y la cámara para interceptar la luz que se origina en la región monitoreada (o desde otro deflector de luz cuando la unidad de monitoreo incluye más de un deflector de luz) y para desviar la luz interceptada hacia la cámara (o hacia otro deflector de luz). Cada deflector de luz puede empotrarse por un elemento reflectante, refractor o difractivo, o sus combinaciones. Los ejemplos no limitativos de deflectores de luz incluyen espejos planos y curvos, divisores de haz, prismas, filtros, rejillas de difracción y elementos holográficos. A manera de ejemplo, los deflectores de luz 36 ilustrados en las Figuras son reflectores de luz empotrados por espejos planos que se encuentran al menos parcialmente en el campo de visión 35 de la cámara 34 y que preferentemente tienen una alta reflectividad en los rangos visible y/o infrarrojo. También a manera de ejemplo, en una modalidad no limitativa puede usarse un espejo plano de 40 mm de ancho por 15 mm de alto.

La provisión de uno o más deflectores de luz puede ser necesaria o beneficiosa en algunas implementaciones donde la configuración y el diseño del aparato de obtención de imágenes del pie pueden dificultar, o incluso imposibilitar, acomodar una cámara frente a la región receptora del antepié de la membrana, debido a la falta de espacio o espacio disponible y/o al hecho de que la cámara estaría demasiado cerca de la región receptora del antepié para obtener un enfoque adecuado o vista del antepié. En algunos casos, también puede ser indeseable colocar una cámara dentro del conjunto de membrana, ya que esto generalmente implicaría la transferencia de datos a través de cables cableados adicionales, conectores de datos u otros componentes o técnicas similares, lo que posiblemente complica el diseño del aparato. En algunas implementaciones, estos problemas pueden superarse o al menos aliviarse al colocar la cámara más lejos de la membrana flexible y al proporcionar uno o más deflectores de luz para redirigir la luz de la región monitoreada al campo de visión de la cámara para capturarla. Por ejemplo, en algunas implementaciones, la

cámara puede acomodarse en el generador de imágenes 3D, donde los conectores de datos adecuados generalmente están más disponibles. En algunas implementaciones, la unidad de monitoreo puede incluir una cámara pero no un deflector de luz (ver, por ejemplo, la Figura 10A).

La provisión de uno o más deflectores de luz generalmente modificará, mejorará, redirigirá, extenderá o modificará de cualquier otra manera el campo de visión de la cámara. A manera de ejemplo, en la modalidad de las Figuras 3 y 4, el deflector de luz 36 redirige el campo de visión 35 de la cámara 34 hacia la región monitoreada 66, que de cualquier otra manera no sería visible solo dentro del campo de visión 35 de la cámara 34. En esta modalidad ilustrativa, el deflector de luz 36 dispuesto para desviar la luz de la región monitoreada 66 hacia un campo de visión 35 de la cámara 34 para su captura por la cámara 34 como una imagen de monitoreo. La imagen de monitoreo contiene información de imagen con relación a la posición del pie. La información de la imagen puede analizarse para permitir una determinación de si el pie 24 se coloca correctamente en la membrana 28. Esta determinación es posible aunque ni el pie 24 ni una reflexión del mismo en una superficie reflectante (representada por líneas fantasma en las figuras) son directamente visibles solo en el campo de visión 35 de la cámara 34. El campo de visión de una cámara modificada por al menos un deflector de luz se denominará en la presente descripción como "campo de visión de la unidad de monitoreo". En las Figuras, el campo de visión de la unidad de monitoreo 32 se designa con el numeral de referencia 68.

Con referencia todavía a las Figuras 3 y 4, la cámara 34 se ubica dentro del generador de imágenes 3D 30, cerca de la superficie superior 62. El campo de visión 35 de la cámara 34 se define por un eje 63 que apunta verticalmente hacia arriba. Como se usa en la presente, los términos "vertical" o "verticalmente" se refieren a una dirección que se extiende sustancialmente a lo largo (es decir, "verticalmente hacia abajo") u opuesta (es decir, "verticalmente hacia arriba") a la dirección de la gravedad, mientras que los términos "horizontal" u "horizontalmente" se refiere a un plano o una dirección que se extiende sustancialmente perpendicularmente a la dirección de la gravedad. El campo de visión 35 de la cámara 34 abarca el deflector de luz 36 ubicado dentro de la carcasa 44 del conjunto de membrana 64, directamente frente a la región receptora del antepié 40a de la membrana 28. Por lo tanto, la cámara 34 se configura para adquirir la imagen de monitoreo a través de la pared inferior 48 de la carcasa y la superficie superior 62 del generador de imágenes 3D 30. En la modalidad ilustrada, el deflector de luz 36 es un espejo plano que tiene una superficie normal 65 orientada en un ángulo de inclinación θ_i con relación al eje 63 del campo de visión 35 de la cámara 34 para redirigir el campo de visión 35 de la cámara 34 para proporcionar a la cámara 34 una visión adecuada de la porción frontal 42a del pie 24. En algunas modalidades, el ángulo de inclinación θ_i puede variar de 30° a 60°. Por ejemplo, en algunas de estas modalidades, el ángulo de inclinación θ_i puede ser igual a 45°. Sin embargo, cualquier valor de ángulo de inclinación adecuado puede usarse en otras modalidades. El plano de referencia horizontal es generalmente paralelo a la superficie superior 62 del generador de imágenes 3D 30 y la pared inferior 48 de la carcasa 44. Otras orientaciones para el deflector de luz 36 pueden usarse en otras implementaciones.

La cámara y el al menos un deflector de luz generalmente se disponen con respecto a la membrana flexible de manera que la imagen de monitoreo proporciona al menos una vista de la membrana flexible con el pie sobre la misma y una vista de una reflexión de una superficie reflectante subyacente de la membrana flexible con el pie sobre la misma. A manera de ejemplo, en las Figuras 3 y 4, el campo de visión 68 de la unidad de monitoreo 32 (es decir, el campo de visión 35 de la cámara 34 modificado por el deflector de luz 36) se dimensiona y orienta para adquirir al mismo tiempo tanto una imagen de la membrana 28 con el pie 24 recibido sobre la misma como la imagen de su reflexión 70 de la pared inferior 48 de la carcasa 44. Sin embargo, en otras implementaciones, la imagen de la membrana en sí o la imagen de su reflexión pueden estar ausentes o parcialmente visibles en la imagen de monitoreo adquirida por la unidad de monitoreo.

La implementación de la unidad de monitoreo 32 ilustrada en las Figuras 3 y 4 se proporciona solo a manera de ejemplo, y que pueden usarse otras configuraciones para la unidad de monitoreo 32 en otras modalidades del aparato de obtención de imágenes del pie 20. A continuación se discuten ejemplos no limitativos de implementaciones alternativas de la unidad de monitoreo 32.

Con referencia a las Figuras 9A y 9B, en algunas implementaciones, el campo de visión 68 de la unidad de monitoreo 32 puede dimensionarse y orientarse para capturar una imagen de monitoreo que contiene una vista de cualquiera de las dos, pero no ambas, de la membrana flexible 28 y una reflexión 70 de la misma en una superficie reflectante subyacente. Más específicamente, en la Figura 9A, la imagen de monitoreo adquirida por la cámara 34 proporciona una vista de solo la membrana flexible 28 con el pie 24 sobre la misma, mientras que en la Figura 9B, la imagen de monitoreo adquirida por la cámara 34 proporciona una vista de solo la reflexión 70 de la membrana flexible 28 con el pie 24 sobre la misma, donde la superficie reflectante subyacente se empotra por la pared inferior 48 de la carcasa 44.

Con referencia ahora a la Figura 10A, en algunas implementaciones, la unidad de monitoreo 32 puede incluir una cámara 34, pero no un deflector de luz. En dicho caso, el campo de visión 68 de la unidad de monitoreo 32 coincide con el campo de visión de la cámara 34. En la Figura 10A, la cámara 34 se coloca para que su campo de visión abarque al menos parte de la región receptora del antepié 40a de la membrana 28 cuando se reciba el pie 24 sobre la misma, así como también al menos parte de la superficie superior 62 del generador de imágenes 3D 30 y de la pared inferior 48 de la carcasa 44, ambos de los que en esta modalidad están empotrados por placas planas,

ópticamente transparentes (por ejemplo, placas de vidrio). Se observa que en la modalidad de la Figura 10A, un conjunto de membrana 64 que incluye la cámara 34 en su interior puede fabricarse y/o venderse independientemente del generador de imágenes 3D (ver Figura 10B), pero puede usarse en combinación con él para formar el aparato de obtención de imágenes del pie 20. Además, como se mencionó anteriormente, en otras implementaciones, la cámara puede configurarse para capturar una imagen que contenga una, pero no ambas, de la membrana y una reflexión de la misma.

Como se mencionó, en algunas implementaciones, puede ser conveniente o beneficioso que la unidad de monitoreo se disponga y configure para monitorear la porción frontal del pie, especialmente bajo semi-soporte de peso (ver, por ejemplo, las Figuras 3, 4, 9A, 9B, 10A y 10B descritas anteriormente). En dicho caso, la cámara 34 y el al menos un deflector de luz 36 se disponen con respecto a la membrana flexible 28 de manera que la imagen de monitoreo proporciona una vista de elevación frontal del pie 24 recibido en la membrana flexible 28 (ver, por ejemplo, las Figuras 2, 14A, 14B, 15A y 15B). Sin embargo, en otras implementaciones, una o más regiones del pie pueden monitorearse alternativa o adicionalmente por la unidad de monitoreo 32. A manera de ejemplo, la Figura 11 ilustra una modalidad de un aparato de obtención de imágenes del pie 20 en el que la unidad de monitoreo 32 incluye una cámara 34 y un deflector de luz 36 que juntos se dispone y configuran para obtener imágenes de la parte trasera 42b del pie 24 recibido en la membrana 28. En dicho caso, la cámara 34 y el al menos un deflector de luz 36 se disponen con respecto a la membrana flexible 28 de manera que la imagen de monitoreo proporciona una vista de elevación trasera del pie 24 recibido en la membrana flexible 28 (ver, por ejemplo, la Figura 17). En otras implementaciones, la unidad de monitoreo puede configurarse para generar imágenes de la parte inferior de la membrana 28 desde cualquier punto de vista adecuado, por ejemplo, desde el lado interno y/o externo de la misma.

Volviendo a la Figura 19, en algunas implementaciones, la unidad de monitoreo 32 del aparato de obtención de imágenes del pie 20 puede tener una pluralidad de deflectores de luz 36a, 36b que desvían sucesivamente la luz a lo largo de una trayectoria óptica que termina en la cámara 34. Por ejemplo, dos deflectores de luz 36a, 36b, empotrados por dos espejos planos, se proporcionan en la modalidad de la Figura 19 para redirigir sucesivamente el campo de visión de la cámara 34 hacia la región monitoreada 66. En dependencia de la aplicación o uso, la pluralidad de deflectores de luz puede ser diferente o idéntica entre sí. A manera de ejemplo, en una modalidad no limitativa, uno o más de los deflectores de luz pueden llevarse a la práctica por espejos y uno o más de los deflectores de luz pueden llevarse a la práctica por prismas.

Con referencia ahora a la Figura 12, en algunas implementaciones, la unidad de monitoreo 32 puede proporcionarse de más de una cámara 34, cada una de las que no tiene, uno o más de un deflector de luz 36 ópticamente acoplado a ella. A manera de ejemplo, en la Figura 12, la unidad de monitoreo incluye la primera y segunda cámaras 34A, 34B y los deflectores de luz primero y segundo asociados 36A, 36B. La primera cámara 34a y el primer deflector de luz 36a juntos definen un primer campo de visión 68a que abarca una primera región monitoreada 66a, mientras que la segunda cámara 34b y el segundo deflector de luz 36b juntos definen un segundo campo de visión 68b que abarca una segunda región monitoreada 66b. En la Figura 12, la primera cámara 34a y el primer deflector de luz 36a se configuran para monitorear la posición del pie desde un punto de vista ubicado frente y mirando longitudinalmente hacia la porción frontal 42a del pie 24 recibido en la membrana 28. Por lo tanto, la imagen de monitoreo adquirida por la primera cámara 34a proporciona una vista de elevación frontal del pie 24 recibido en la membrana flexible 28 (ver, por ejemplo, las Figuras 2, 14A, 14B, 15A y 15B). Mientras tanto, la segunda cámara 34b y el segundo deflector de luz 36b se configuran para monitorear la posición del pie desde un punto de vista ubicado detrás y mirando longitudinalmente hacia la porción trasera 42b del pie 24 recibido en la membrana 28. Por lo tanto, la imagen de monitoreo adquirida por la segunda cámara 34b proporciona una vista de elevación trasera del pie 24 recibido en la membrana flexible 28 (ver, por ejemplo, la Figura 17). En las implementaciones, algunas o todas las cámaras pueden sincronizarse temporalmente. En algunas implementaciones, algunas o todas las cámaras pueden tener campos de visión superpuestos (modificados o no por uno o más deflectores de luz).

Volviendo a la Figura 13A, en algunas implementaciones, la unidad de monitoreo 32 puede proporcionarse completamente dentro del conjunto de membrana 64. De hecho, como se ilustra en la Figura 13A, tanto la cámara 34 como el deflector de luz 36 están dentro del conjunto de membrana 64. Como se mencionó anteriormente con respecto a las Figuras 10A y 10B, en dicho caso, un conjunto de membrana 64 que contiene una unidad de monitoreo 32 en su interior (por ejemplo, que incluye una cámara y un deflector de luz) puede fabricarse y/o venderse independientemente del generador de imágenes 3D, pero puede usarse en combinación con él para formar un aparato de obtención de imágenes del pie (ver Figura 13B). Sin embargo, en otras modalidades, la unidad de monitoreo puede proporcionarse total o parcialmente dentro del generador de imágenes 3D. A manera de ejemplo, en algunas modalidades, la cámara puede ubicarse dentro del generador de imágenes 3D y el al menos un deflector puede ubicarse dentro del conjunto de membrana. En otras modalidades, la cámara puede ubicarse dentro del generador de imágenes 3D y el al menos un deflector puede incluir una pluralidad de deflectores de luz, al menos uno de los que se ubica dentro del conjunto de membrana y al menos uno de los que se ubica dentro del generador de imágenes 3D.

En algunas implementaciones, la posición, orientación, campo de visión, nivel de zoom y similares de cada cámara y deflector de luz de la unidad de monitoreo pueden variarse, a veces en tiempo real, para observar el pie sobre la membrana desde diferentes puntos de vista.

Dispositivo de visualización

Volviendo a las Figuras 1 y 2, el aparato de obtención de imágenes del pie 20 puede incluir o conectarse a un dispositivo de visualización 72 que incluye una pantalla de visualización 74, por ejemplo, una pantalla plana o un proyector que proyecta imágenes en una pared o pantalla. El dispositivo de visualización 72 se acopla a la cámara 34 de la unidad de monitoreo 32. El dispositivo de visualización 72 recibe y muestra la imagen de monitoreo capturada por la cámara 34 e indicativa de la posición del pie 24 sobre la membrana 28. En dependencia de la aplicación o uso, la comunicación y transferencia de datos entre la cámara 34 y el dispositivo de visualización 72 puede ser cableada, inalámbrica o una de sus combinaciones.

En algunas implementaciones, el dispositivo de visualización 72 puede ser un componente integral del aparato de obtención de imágenes del pie 20. En dicho caso, la pantalla de visualización 74 puede proporcionarse en una superficie exterior del aparato de obtención de imágenes del pie 20. Alternativamente, en otras modalidades, el dispositivo de visualización 72 puede proporcionarse como un dispositivo independiente externo cableado y/o de forma inalámbrica al aparato de obtención de imágenes del pie 20. Los ejemplos no limitativos de dispositivos independientes externos que pueden actuar como un dispositivo de visualización en algunas implementaciones incluyen televisores, ordenadores portátiles y de escritorio, dispositivos de pantalla plana, teléfonos inteligentes, teléfonos celulares, tabletas, asistentes digitales personales y similares. La pantalla de visualización 74 puede usar una pantalla de cristal líquido (LCD), tecnología de diodos emisores de luz (LED), tecnología de LED orgánica (OLED), tecnología de panel de visualización de plasma (PDP) u otra tecnología de visualización adecuada. En dependencia de la aplicación o uso, la imagen de monitoreo puede mostrarse en la pantalla de visualización 74 como imágenes fijas o como un flujo de video. La imagen de monitoreo puede mostrarse en tiempo real o casi en tiempo real o puede guardarse en la memoria para el almacenamiento de archivos o su posterior visualización y análisis.

En algunas implementaciones, el aparato de obtención de imágenes del pie 20 y/o el dispositivo de visualización 72 pueden incluir una interfaz del usuario (no mostrada) para permitir que un usuario u operador actúe sobre la imagen de monitoreo que se muestra en la pantalla de visualización 74. A manera de ejemplo, en algunas implementaciones, la interfaz del usuario puede permitir al usuario controlar uno o más parámetros de imagen, incluidos, sin limitación, contraste, brillo, nitidez, color, zoom, panorámica, rotación, tamaño e inclinación. En algunas implementaciones, los marcadores de referencia o las características pueden superponerse a la imagen para ayudar a determinar y analizar si el pie está colocado correctamente en la membrana. En algunas implementaciones, esta determinación y análisis pueden automatizarse parcial o incluso completamente, por ejemplo, mediante el uso de reconocimiento de imágenes anatómicas y posicionales basadas en modelos. En el caso de un proceso completamente automatizado, el monitoreo y la evaluación de la posición del pie podrían realizarse sin requerir intervención humana.

Con referencia a las Figuras 14A y 14B, se muestran representaciones esquemáticas de imágenes de monitoreo ilustrativas 76 que pueden mostrarse en una pantalla de visualización 74 de un dispositivo de visualización 72. En las Figuras 14A y 14B, la unidad de monitoreo se configura para monitorear la porción frontal 42a del pie 24, como en las Figuras 3 y 4. Como se mencionó anteriormente, monitorear la posición de la porción frontal del pie puede ser ventajoso, especialmente bajo semi-soporte de peso, porque cualquier deformación significativa del antepié puede tener efectos perjudiciales en la forma general de la superficie plantar y, potencialmente, degradar la confiabilidad y precisión de la imagen plantar 3D.

La imagen de monitoreo 76 en cada una de las Figuras 14A y 14B incluye una representación tanto de la membrana 28 con el pie 24 recibido sobre la misma como una reflexión 70 de la membrana 28. Sin embargo, en otras implementaciones, el campo de visión de la unidad de monitoreo puede ser de manera que la porción frontal 42a del pie 24 o su reflexión 70 solo sea parcialmente visible en la imagen de monitoreo 76. En otras implementaciones, como las ilustradas en las Figuras 15A y 15B, la imagen de monitoreo 76 mostrada en la pantalla de visualización 74 puede mostrar solo el pie 24 en la membrana 28 (ver la Figura 15A) o solo una reflexión 70 de la misma (ver la Figura 15B). Se observa que para representar más claramente la posición del pie 24, se ha asumido que la membrana 28 es ópticamente transparente en las Figuras 14A, 14B, 15A y 15B.

En las Figuras 14A, 14B, 15A y 15B, la imagen de monitoreo 76 a partir de la que puede evaluarse la posición correcta del pie proporciona una vista de elevación frontal del pie 24 recibido en la membrana flexible 28. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, en otras implementaciones, la imagen de monitoreo 76 a partir de la que puede evaluarse la posición correcta del pie puede proporcionar una vista de elevación trasera del pie 24 recibido en la membrana flexible 28. Este escenario ilustrativo se ilustra en la Figura 17, donde la posición del pie 24 sobre la membrana 28 es correcta.

Volviendo a las Figuras 14A y 14B, mediante el análisis de la imagen de monitoreo 76, el operador (por ejemplo, un podólogo) puede evaluar si el pie 24 está correctamente colocado en la membrana 28 antes y opcionalmente durante la adquisición de una imagen plantar 3D del mismo. A manera de ejemplo, en algunas implementaciones, la información sobre la posición del pie 24 recibida en la membrana flexible 28 puede incluir uno o más de las siguientes informaciones: un grado de planitud de una región receptora del antepié 40a de la membrana flexible 28 con el pie 24 recibido sobre la misma; presencia o ausencia de contacto físico entre la membrana flexible 28 con el pie 24 recibido sobre la misma y una superficie sólida subyacente; un grado de deformación de la porción frontal 42a del pie 24 cuando

el pie 24 se recibe en la membrana flexible 28; un grado de dorsiflexión de los dedos de los pies 78 cuando el pie 24 se recibe en la membrana flexible 28; y una posición del pie 24 con respecto a los marcadores de referencia.

En la Figura 14A, la región receptora del antepié 40a de la membrana 28 se somete a una tensión relativamente alta y presenta una superficie receptora bastante uniforme y plana en la porción frontal 42a del pie 24. Por lo tanto, la porción frontal 42a del pie 24 se coloca relativamente plana y paralela a un plano de referencia horizontal y su deformación debida a las cargas de compresión vertical y/o lateral permanecen relativamente pequeña. Además, los dedos de los pies 78 no están demasiado curvados, lo que de cualquier otra manera puede deformar negativamente los arcos medial y lateral 80a, 80b del pie 24 (ver la Figura 6) y afectar negativamente el proceso de adquisición de imágenes. Por lo tanto, puede concluirse que la posición del pie del paciente 24 sobre la membrana flexible 28 es correcta e indicativa de que se ha alcanzado un estado satisfactorio de semi-soporte de peso, y que puede adquirirse una imagen plantar 3D.

Por el contrario, en la Figura 14B, la porción frontal 42a del pie 24 está significativamente deformada y fuera de posición, con todo el pie 24 descentrado a lo ancho (es decir, a la izquierda en la Figura 14B) y los dedos 78 están demasiado dorsiflexionados (es decir, curvados hacia arriba). Por lo tanto, puede concluirse que la posición del pie del paciente 24 sobre la membrana flexible 28 es incorrecta y que no se ha alcanzado un estado adecuado de semi-soporte de peso. En dicho caso, la posición del pie 24 del paciente sobre la membrana flexible 28 puede ajustarse y monitorearse hasta que la posición del pie sea satisfactoria para el proceso de adquisición de imágenes.

Con referencia ahora a la Figura 16, se representa una imagen real 76 adquirida por la unidad de monitoreo de un aparato de obtención de imágenes del pie, de acuerdo con una modalidad ilustrativa. La imagen 76 representa tanto la membrana receptora del pie 28 con el pie recibido sobre la misma como una reflexión 70 de la membrana receptora 28 de una superficie reflectante subyacente. Se observa que el pie en sí no es directamente visible en la Figura 16 debido a que la membrana 28 es opaca en la modalidad ilustrada.

Método de imagen del pie

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para obtener imágenes de un pie. Con referencia a la Figura 18, se proporciona un diagrama de flujo de una modalidad ilustrativa de dicho método 100. A manera de ejemplo, el método 100 que se muestra en la Figura 18 puede realizarse con un aparato de obtención de imágenes del pie que incluye una unidad de monitoreo como las descritas anteriormente, o con otro aparato. El método de generación de imágenes del pie descrito en la presente descripción generalmente implica realizar un monitoreo de un pie recibido y soportado en una membrana suspendida de un aparato de obtención de imágenes del pie 3D para asegurar o ayudar a asegurar que el pie esté colocado correctamente en la membrana con vistas a llevar a cabo los pasos de adquisición de imágenes del método.

Con referencia a la Figura 18, el método 100 incluye primero un paso 102 de proporcionar una membrana flexible suspendida. La membrana flexible puede encerrar una porción superior de una cámara inflable, como se describió anteriormente con relación al aparato de obtención de imágenes del pie. La membrana puede, pero no necesariamente, tener un extremo trasero elevado con relación a un extremo frontal de la misma. La membrana incluye una región receptora del antepié y una región receptora del retropié fijadas respectivamente a un extremo frontal y un extremo trasero de la estructura de soporte, respectivamente. En algunas implementaciones, la región receptora del retropié puede estar bajo menos tensión que la región receptora del antepié. Dicha configuración puede ser ventajosa cuando la imagen del pie debe capturarse en un estado de semi-soporte de peso. Anteriormente se mencionan técnicas ilustrativas para lograr menos tensión en la región receptora del retropié. En algunas implementaciones, el paso 102 de proporcionar la membrana flexible puede incluir asegurar la membrana flexible a la estructura de soporte.

En escenarios donde la membrana flexible encierra parte de una cámara inflable, el método 100 puede incluir un paso para aumentar la presión interna en la cámara inflable, por ejemplo, hasta que se alcance un umbral de presión interna. El valor del umbral de presión interna puede determinarse de modo que induzca una deformación del pie recibida en la membrana flexible que conduce a un estado de semi-soporte de peso en el que los arcos del pie y el talón están correctamente envueltos por la membrana flexible. El umbral de presión interna puede determinarse por el operador o usuario (por ejemplo, podólogo, médico podiátrico o profesional de la salud) que detecta manualmente la presión interna en la cámara de presión o en base a los datos de presión proporcionados por un sensor de presión conectado operativamente a la cámara inflable. El umbral de presión interna también puede predeterminarse, en base a, por ejemplo y sin limitación, en las características del paciente, la elasticidad de la membrana y/o el ángulo de inclinación de la membrana suspendida.

Con referencia todavía a la Figura 18, el método 100 incluye un paso 104 de disponer el pie sobre la membrana, por ejemplo, en una condición de semi-soporte de peso. En las modalidades donde el pie se dispone sobre la membrana en una condición de semi-soporte de peso, toda la superficie plantar del pie puede recibirse y sostenerse por la membrana flexible, sin contacto con otras partes o componentes físicos (por ejemplo, una superficie sólida subyacente). En algunas implementaciones, el pie del paciente es colocado en la membrana flexible por el operador. El operador puede manipular el pie del paciente para asegurarse de que esté configurado en la condición de semi-

soporte de peso. A manera de ejemplo, en una modalidad no limitativa, el operador puede realizar una o más de las siguientes manipulaciones:

- 5 – mover el pie verticalmente hacia abajo sobre la membrana con las porciones frontal y trasera del pie recibidas en las regiones receptoras del antepié y del retropié de la membrana, respectivamente;
- establecer en o cerca de 90° el ángulo entre el pie y la tibia, el ángulo entre la tibia y el fémur, y el ángulo entre el fémur y el torso, al mantener el pie, la tibia y el fémur en un mismo plano vertical;
- ajustar la presión interna de la cámara inflable, por ejemplo en base a la rigidez del pie;
- colocar la articulación subtalar en una posición neutra;
- 10 – ejercer una fuerza dirigida hacia abajo sobre la rodilla del paciente para lograr un estado de semi-soporte de peso deseado; y
- mantener el estado semi-soporte de peso deseado mientras se adquiere la imagen plantar 3D.

15 Como se mencionó anteriormente, lograr la posición adecuada del pie (por ejemplo, en un estado de semi-soporte de peso) puede ser difícil en la práctica, ya que el pie, especialmente la forma del antepié, generalmente no es fácilmente visible para el operador durante la posición del pie y el proceso de captura de imágenes. Con este fin, el método 100 de la Figura 18 incluye un paso 106 de monitoreo de una posición del pie en la membrana, el monitoreo incluye la adquisición de una imagen de monitoreo indicativa o que contiene información sobre la posición del pie en la membrana. A manera de ejemplo, la imagen de monitoreo puede adquirirse mediante el uso de una unidad de
20 monitoreo como se describió anteriormente. En algunas implementaciones, las imágenes de monitoreo pueden adquirirse en tiempo real con el pie colocado en la membrana y mostrarse como un flujo de video en una pantalla de visualización. En otras implementaciones, pueden adquirirse una o una serie de imágenes fijas de monitoreo y mostrarlas visualmente al operador. En algunas implementaciones, la adquisición de la imagen de monitoreo puede incluir un paso 108 de proporcionar una vista de elevación frontal y una vista de elevación trasera del pie recibida en
25 la membrana flexible. Además, o alternativamente, la adquisición de la imagen de monitoreo puede incluir el paso 110 de proporcionar al menos una vista de la membrana flexible con el pie sobre la misma y una vista de una reflexión de la membrana flexible con el pie sobre la misma.

30 Con referencia a la Figura 18, una vez capturada la imagen o imágenes de monitoreo, el método 100 puede incluir un paso 112 de análisis de la imagen de monitoreo para determinar si la posición del pie sobre la membrana es correcta. Como se mencionó anteriormente, el análisis de la imagen de monitoreo para evaluar la posición adecuada del pie en la membrana puede ser en base a varias pruebas, criterios, factores, niveles de aprobación y umbrales, cada uno de los que puede ser objetivo (cuantitativo) o subjetivo (cualitativo). Los ejemplos no limitativos de criterios que pueden evaluarse para determinar si el pie se coloca correctamente en la membrana pueden incluir un paso 114 de evaluar al
35 menos uno de: un grado de planitud de una región receptora del antepié de la membrana flexible con el pie recibido sobre la misma; una presencia o ausencia de contacto físico entre la membrana flexible con el pie recibido sobre la misma y una superficie sólida subyacente; un grado de deformación de la porción frontal del pie cuando el pie se recibe sobre la membrana flexible; un grado de dorsiflexión de los dedos de los pies cuando el pie se recibe en la membrana flexible; y una posición del pie con respecto a los marcadores de referencia.

40 En algunas implementaciones, si la posición del pie sobre la membrana se considera correcta, el método 100 puede incluir un paso 116 para adquirir una imagen plantar topográfica del pie recibido en la membrana.

45 Sin embargo, si la posición del pie sobre la membrana se considera incorrecta, el método 100 puede incluir un paso 118 de ajuste de la posición del pie sobre la membrana flexible, seguido de un paso de repetir iterativamente el monitoreo 106, analizar 112 y ajustar 118 pasos hasta que la posición del pie en la membrana sea correcta. En algunas implementaciones, el paso de ajuste puede incluir uno o varios de los siguientes elementos: (i) desplazar el pie sobre la membrana; (ii) aumentar o disminuir la presión en la cámara inflable (manual o automáticamente); (iii) ajustar la fuerza dirigida hacia abajo sobre el pie cuando se recibe el pie sobre la membrana flexible; y (iv) aplicar una carga de
50 compresión sobre la membrana flexible a lo largo de una porción periférica de la región receptora del antepié.

Una vez que se ha logrado la posición adecuada del pie, puede capturarse la imagen plantar topográfica del pie recibida en la membrana. En dependencia de la aplicación o uso, puede ser conveniente continuar monitoreando la posición del pie durante el proceso de adquisición de imágenes, especialmente si el proceso de adquisición de
55 imágenes no es casi instantáneo (por ejemplo, si el proceso dura más de unos pocos segundos).

En algunas implementaciones, las imágenes de monitoreo capturadas pueden no mostrarse antes del proceso de adquisición de imágenes 3D, sino que pueden almacenarse en una memoria para su posterior visualización y análisis. Por ejemplo, en algunas implementaciones, las imágenes de monitoreo pueden compararse con las imágenes
60 plantares 3D correspondientes para estudiar y establecer relaciones entre la posición incorrecta del pie en las imágenes de monitoreo y sus repercusiones en la calidad de las imágenes plantares 3D.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de obtención de imágenes del pie (20) que comprende:

5 una estructura de soporte (26);
una membrana flexible (28) suspendida de la estructura de soporte (26) y configurada para recibir un pie (24) sobre la misma;
un generador de imágenes tridimensional (3D) (30) ubicado debajo de la membrana flexible (28) y configurado para adquirir una imagen plantar topográfica del pie (24) en la membrana flexible (28);
10 caracterizado porque comprende adicionalmente una unidad de monitoreo (32) para monitorear una región monitoreada (66) con el fin de evaluar una posición del pie (24) sobre la membrana flexible (28) antes de adquirir la imagen plantar topográfica del pie (24), la unidad de comprobación técnica (32) compuesta por una cámara (34) configurada para adquirir una imagen de monitoreo (76) de la región monitoreada (66), la imagen de monitoreo (76) que contiene información sobre la posición del pie (24) en la membrana flexible (28) y
15 corresponde a una vista frontal y trasera del pie (24) recibida en la membrana flexible (28).

2. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de la reivindicación 1, que comprende al menos un deflector de luz (36) dispuesto para desviar la luz de la región monitoreada (66) hacia un campo de visión de la cámara (34) para su captura por la cámara (34) como la imagen de monitoreo (76).

3. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de la reivindicación 2, en donde la cámara (34) y el al menos un deflector de luz (36) se disponen con respecto a la membrana flexible (28) de manera que la imagen de monitoreo (76) proporciona al menos una vista de la membrana flexible (28) con el pie (24) sobre la misma y una vista de una reflexión (70) de la membrana flexible (28) con el pie (24) sobre la misma.

4. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de la reivindicación 2 o 3, que comprende además una carcasa (44) que tiene una pared superior (46), una pared inferior (48) y una pared lateral (50) que interconectan la pared superior (46) y la parte inferior (48), la pared superior (46) tiene una abertura (56) encerrada por la estructura de soporte (26) de manera que la membrana flexible (28) se extiende a través de la abertura (56), la pared inferior (48) se monta preferentemente en una superficie superior (62) del generador de imágenes 3D (30), al menos un deflector de luz (36) se ubica dentro de la carcasa (44), y la cámara (34) se ubica dentro del generador de imágenes 3D (30) y se configura para adquirir la imagen de monitoreo (76) a través de la pared inferior (48) de la carcasa (44) y la superficie superior (62) del generador de imágenes 3D (30).

5. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde al menos un deflector de luz (36) es un espejo plano que se encuentra al menos parcialmente en el campo de visión (35) de la cámara (34).

6. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de la reivindicación 5, en donde el espejo plano tiene una superficie normal (65) que se orienta en un ángulo de inclinación (θ_i) con respecto a un eje (63) del campo de visión (35) de la cámara (34), en donde el ángulo de inclinación (θ_i) varía preferentemente de 30° a 60° y además es preferentemente igual a 45°.

7. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de la reivindicación 6, en donde el eje (63) del campo de visión (35) de la cámara (34) apunta verticalmente hacia arriba.

8. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además un dispositivo de visualización (72) configurado para mostrar la imagen de monitoreo (76) adquirida por la cámara (34).

9. El aparato de obtención de imágenes del pie (20) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la información sobre la posición del pie (24) recibida en la membrana flexible (28) comprende uno o más de los siguientes:

un grado de planitud de una región receptora del antepié (40a) de la membrana flexible (28) con el pie (24) recibido sobre la misma;
una presencia o ausencia de contacto físico entre la membrana flexible (28) con el pie (24) recibido sobre la misma y una superficie sólida subyacente;
un grado de deformación de la porción frontal (42a) del pie (24) cuando el pie (24) se recibe en la membrana flexible (28);
un grado de dorsiflexión de los dedos del pie (78) cuando el pie (24) se recibe en la membrana flexible (28); y
una posición del pie (24) con respecto a los marcadores de referencia.

10. Un método para obtener imágenes de un pie (24), que comprende los pasos de:

- proporcionar una membrana flexible (28) y una estructura de soporte (26) que suspende la membrana flexible (28);
 disponer el pie (24) sobre la membrana flexible (28);
 5 monitorear una posición del pie (24) sobre la membrana flexible (28), que comprende la adquisición de una imagen de monitoreo (76) que contenga información sobre la posición del pie (24) en la membrana flexible (28);
 analizar la imagen de monitoreo (76) para determinar si la posición del pie (24) sobre la membrana flexible (28) es correcta; y
 10 si la posición del pie (24) sobre la membrana flexible (28) es correcta, adquirir una imagen plantar topográfica del pie (24) recibida sobre la membrana flexible (28) mediante el uso de un generador de imágenes tridimensional (30) ubicado debajo de la membrana flexible (28); de cualquier otra manera, ajustar la posición del pie (24) sobre la membrana flexible (28) y repetir los pasos de monitoreo, analizar y ajustar hasta que la posición del pie (24) sobre la membrana flexible (28) sea la correcta.
11. El método de la reivindicación 10, en donde la adquisición de la imagen de monitoreo (76) comprende
 15 proporcionar una vista de elevación frontal y una vista de elevación trasera del pie recibida sobre la membrana flexible (28).
12. El método de la reivindicación 10 u 11, en donde la adquisición de la imagen de monitoreo (76) comprende
 20 proporcionar al menos una vista de la membrana flexible (28) con el pie (24) sobre la misma y una vista de una reflexión (70) de la membrana flexible (28) con el pie (24) sobre la misma.
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde analizar la imagen de monitoreo (76) comprende evaluar al menos uno de:
 25 un grado de planitud de una región receptora del antepié (40a) de la membrana flexible (28) con el pie (24) recibido sobre la misma;
 una presencia o ausencia de contacto físico entre la membrana flexible (28) con el pie (24) recibido sobre la misma y una superficie sólida subyacente;
 30 un grado de deformación de la porción frontal (42a) del pie cuando el pie (24) se recibe en la membrana flexible (28);
 un grado de dorsiflexión de los dedos del pie (78) cuando el pie (24) se recibe en la membrana flexible (28); y
 una posición del pie (24) con respecto a los marcadores de referencia.

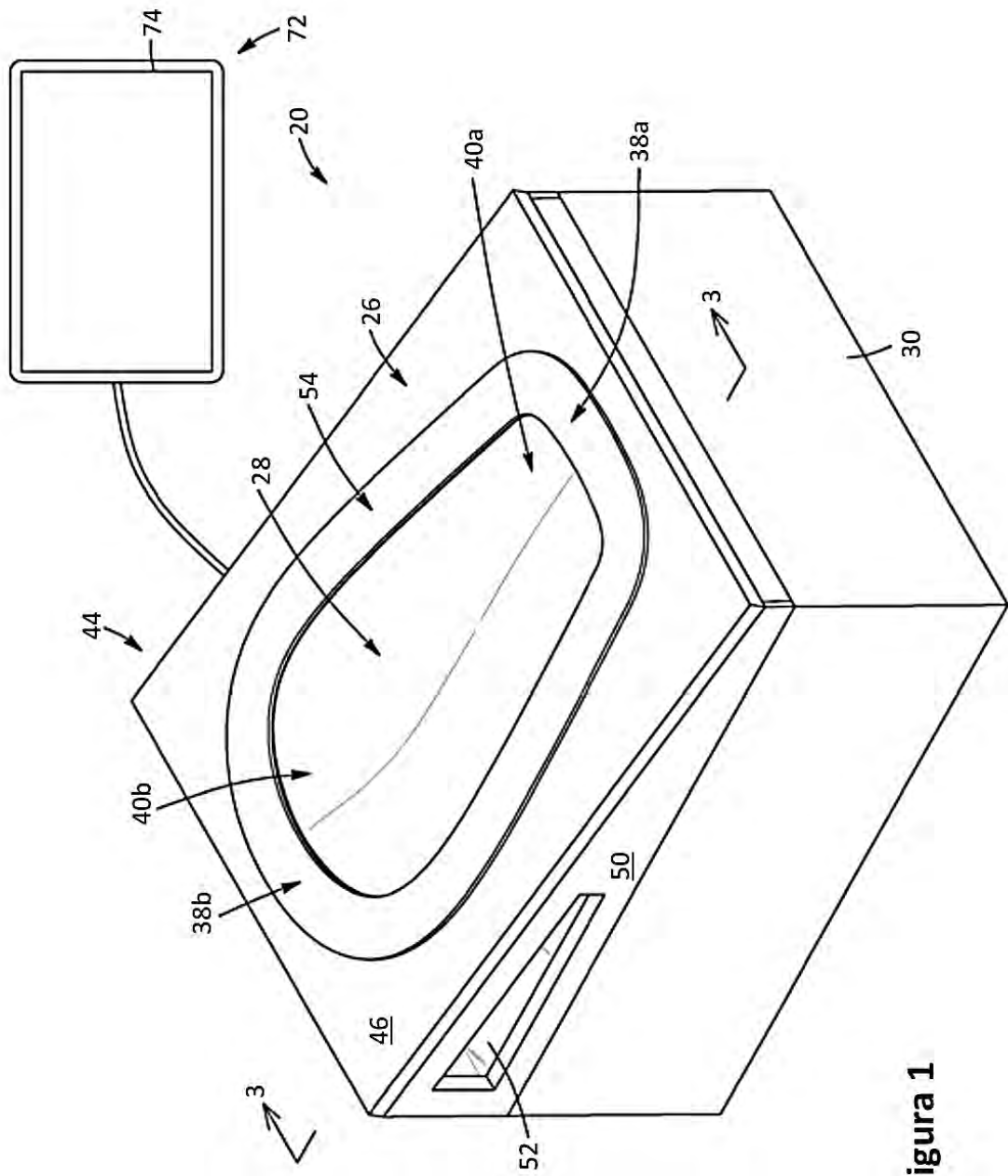


Figura 1

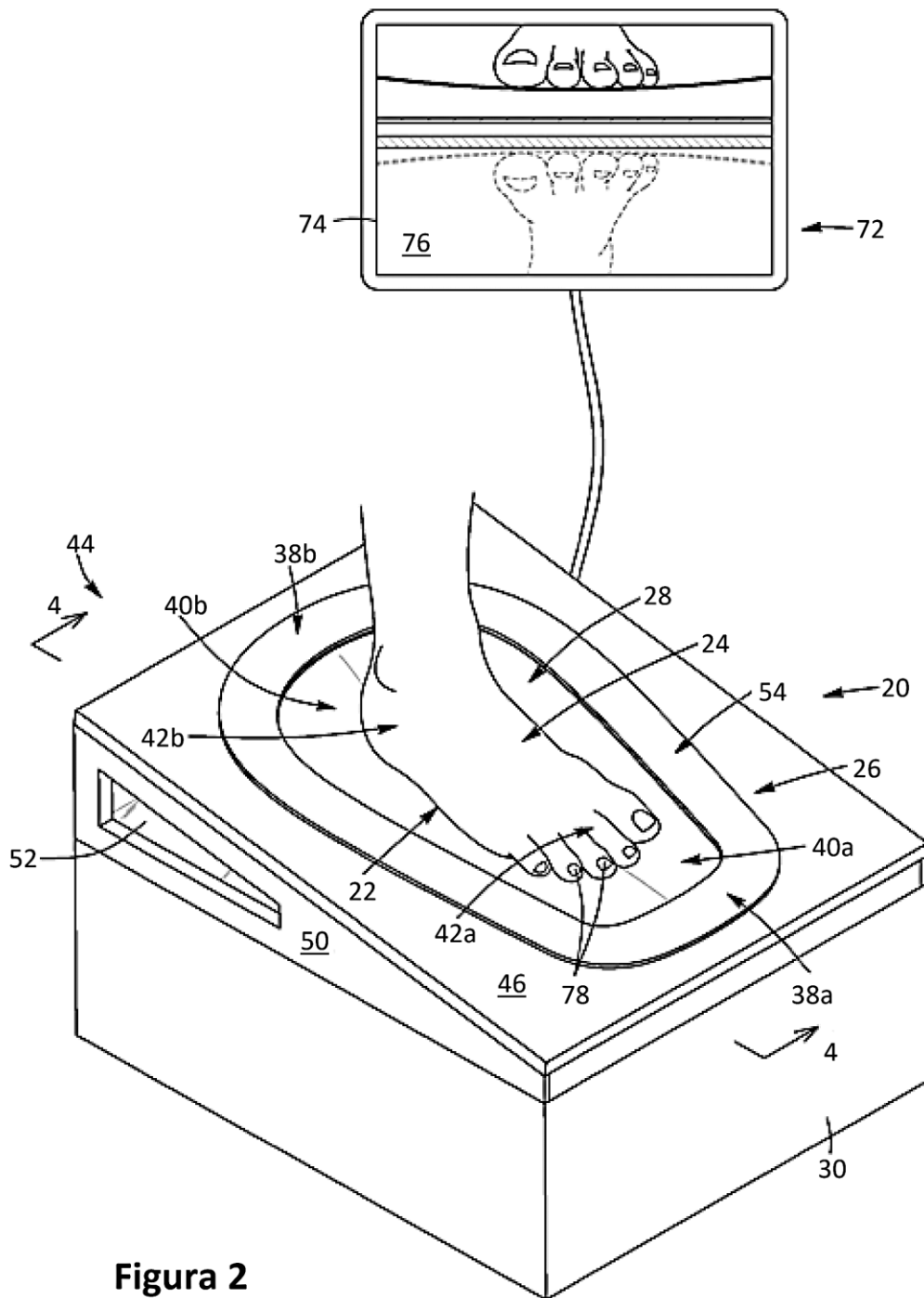


Figura 2

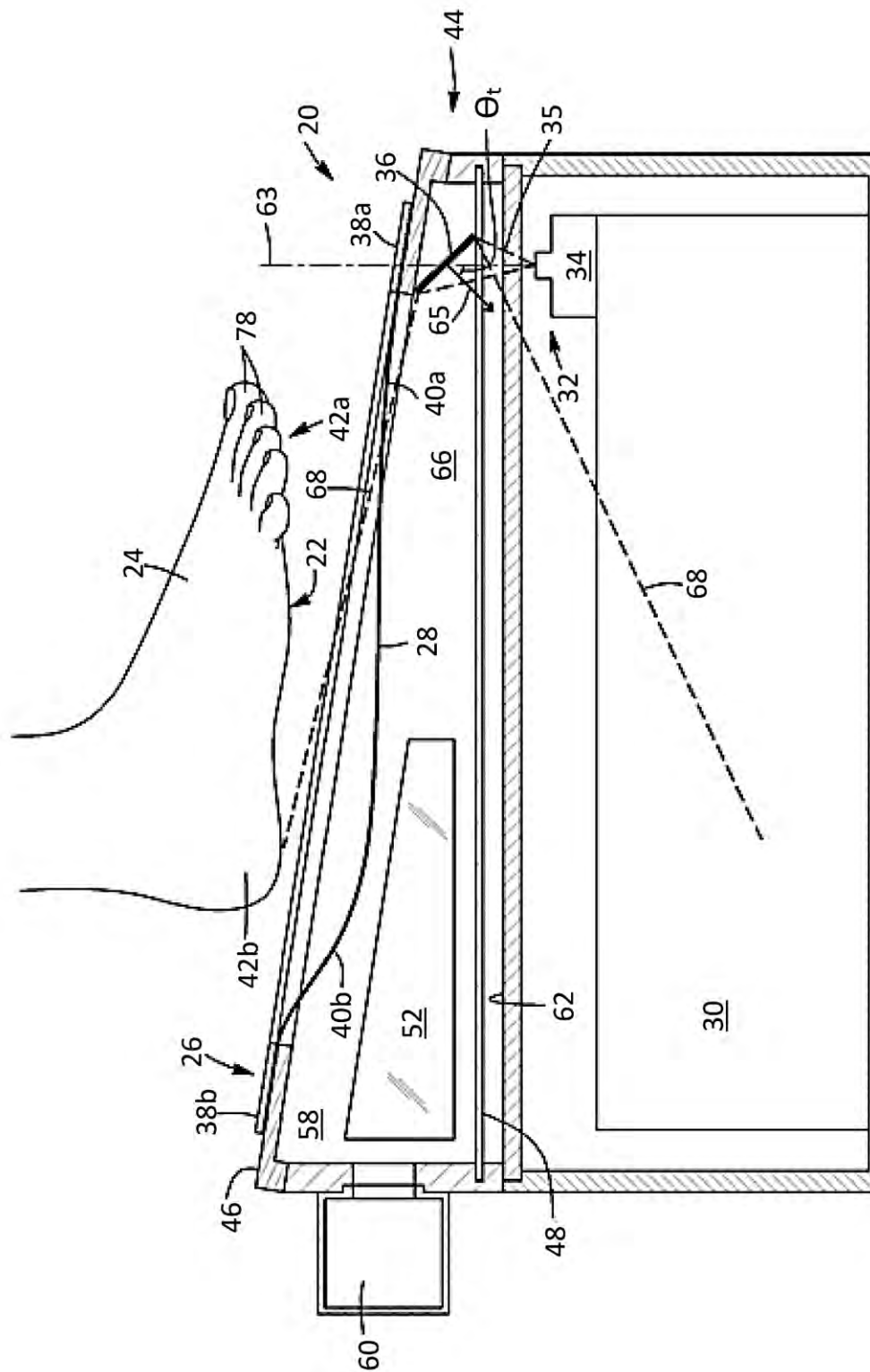


Figura 3

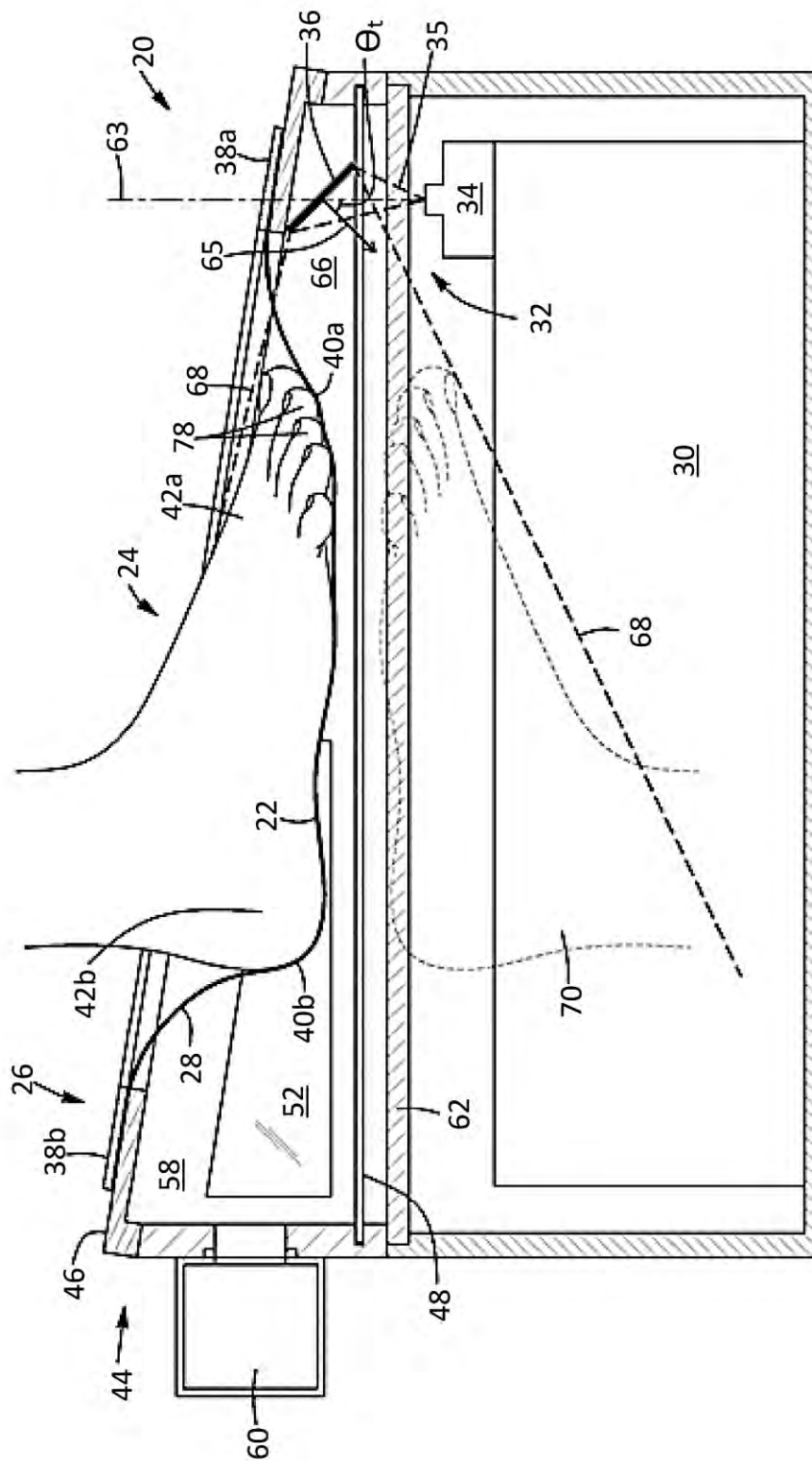


Figura 4

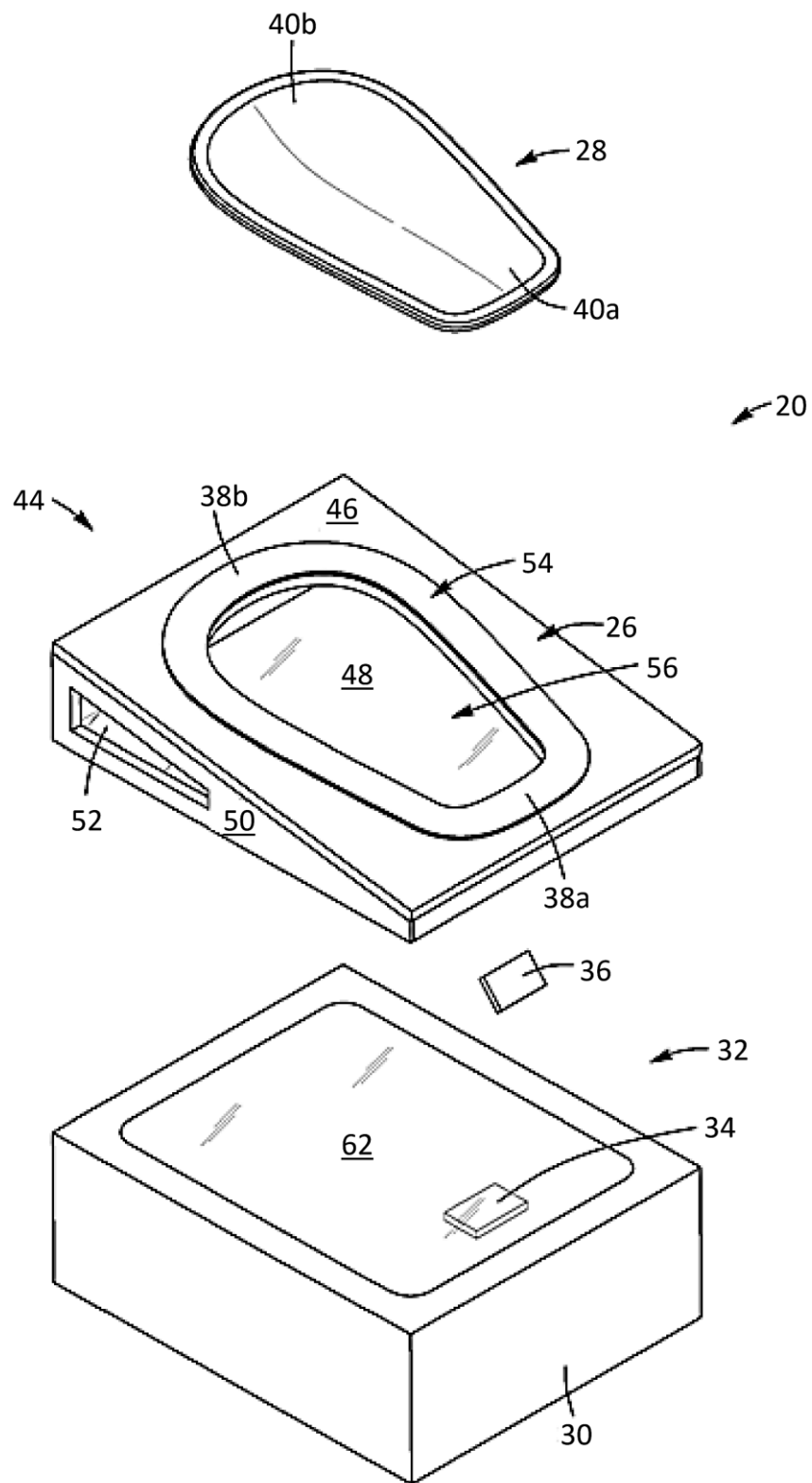


Figura 5

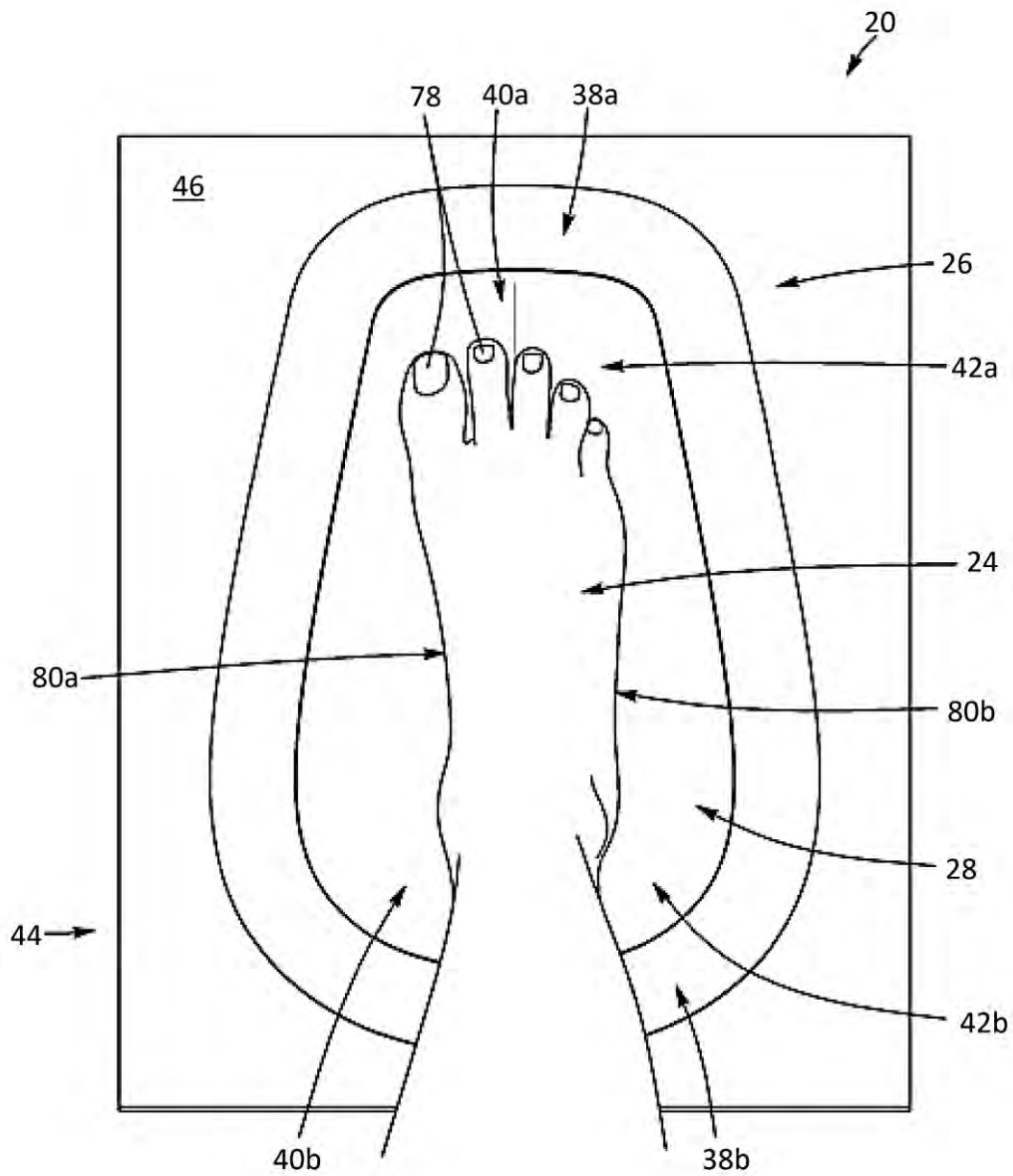


Figura 6

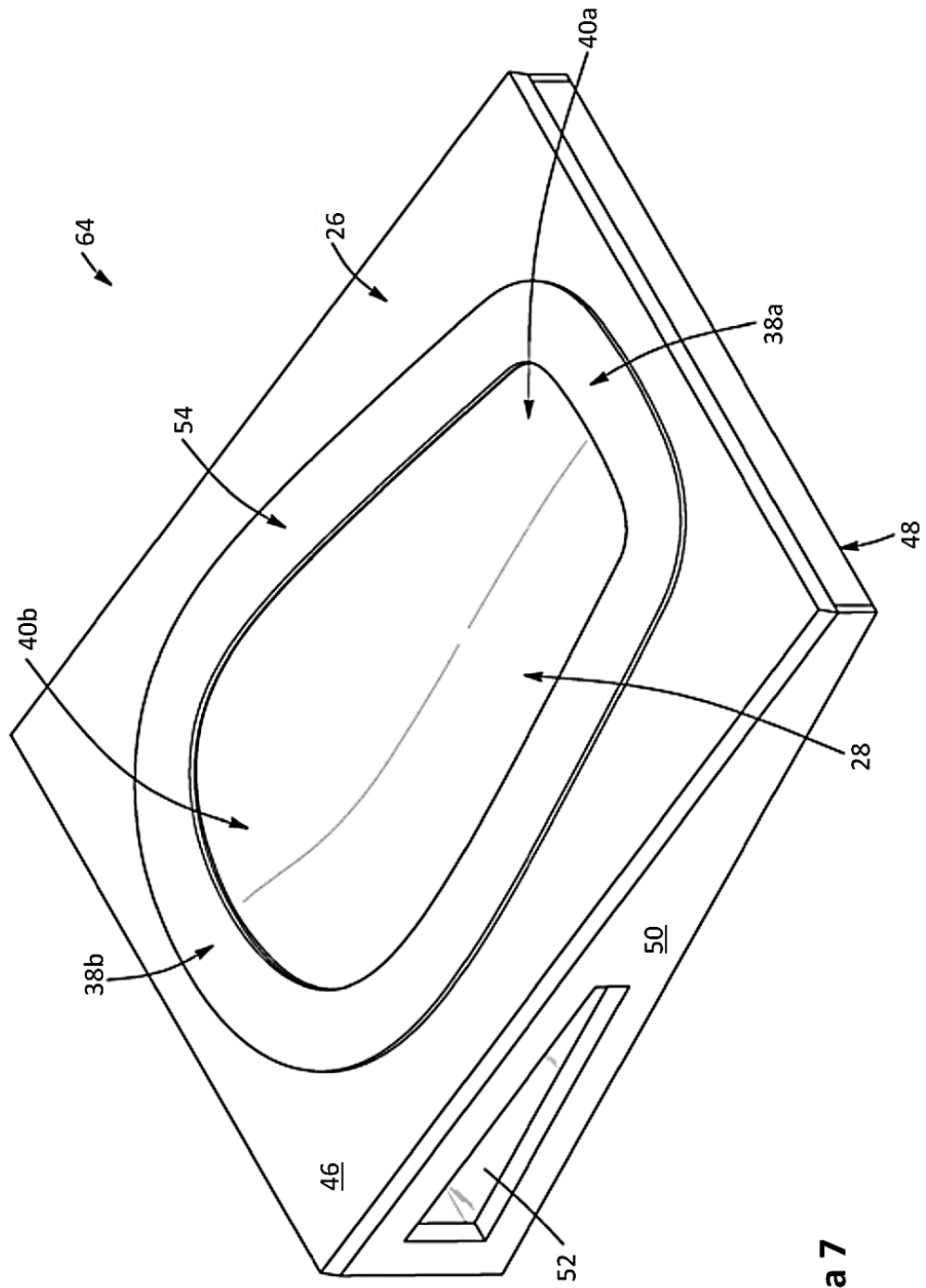


Figure 7

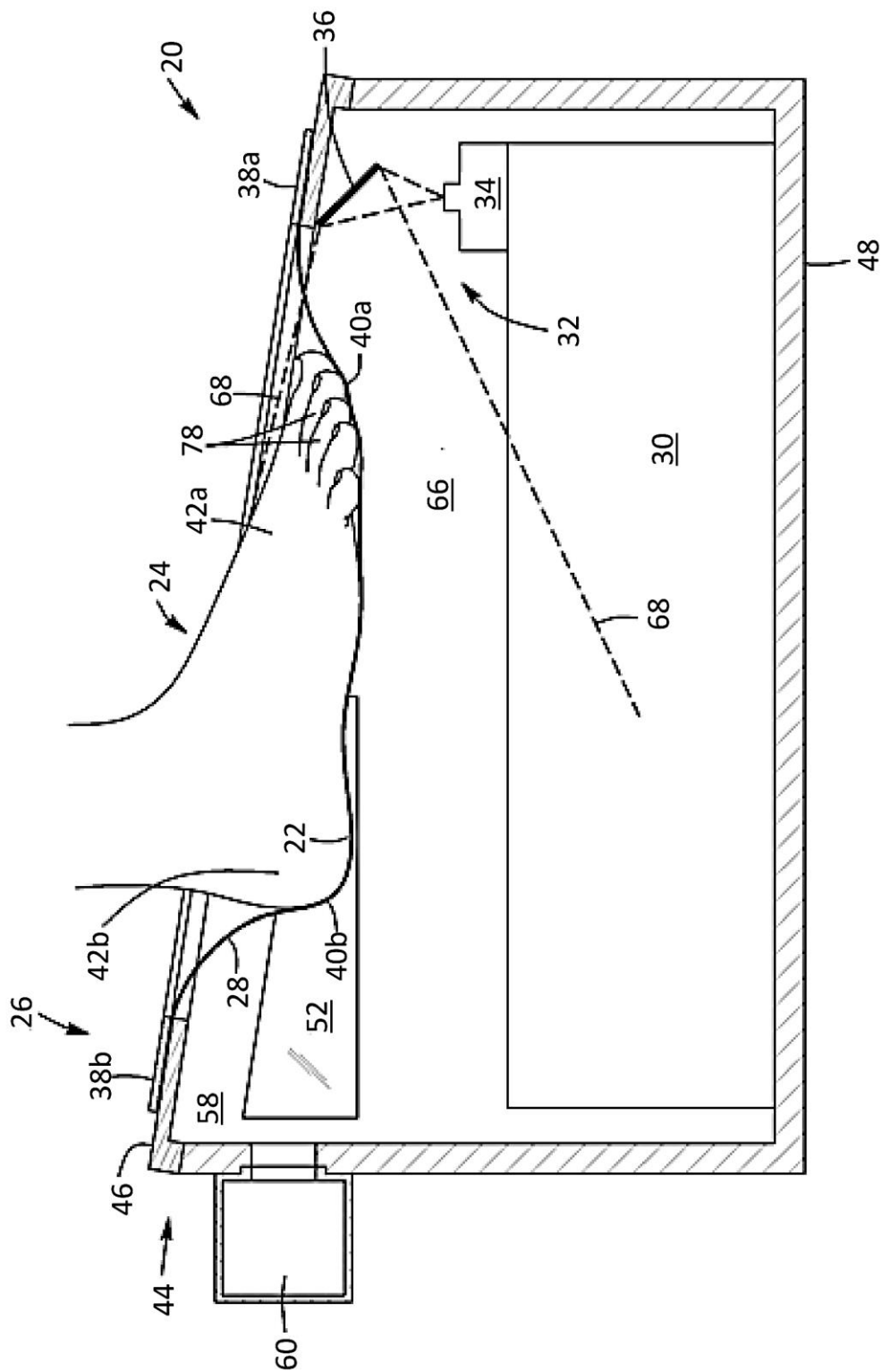


Figura 8

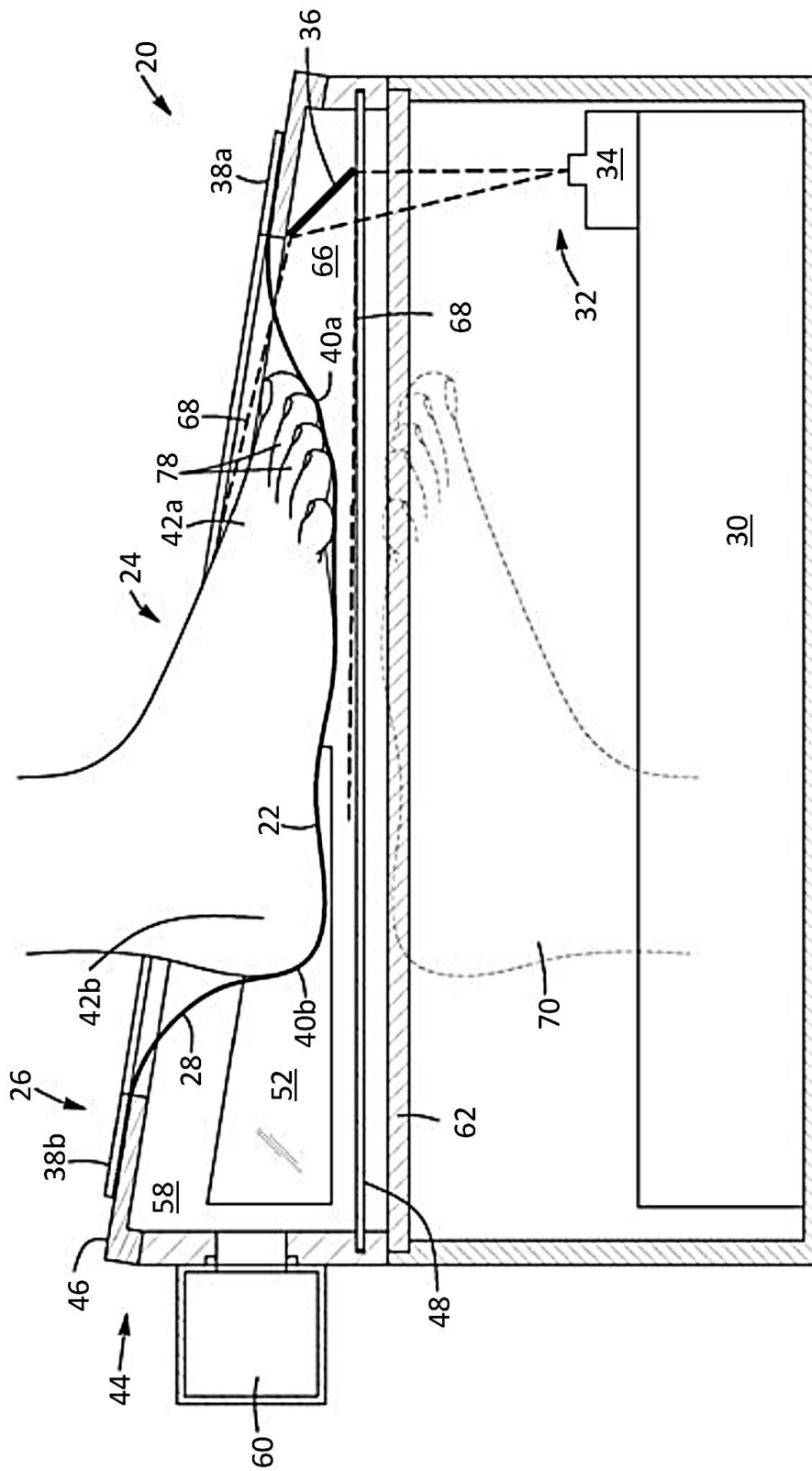


Figura 9A

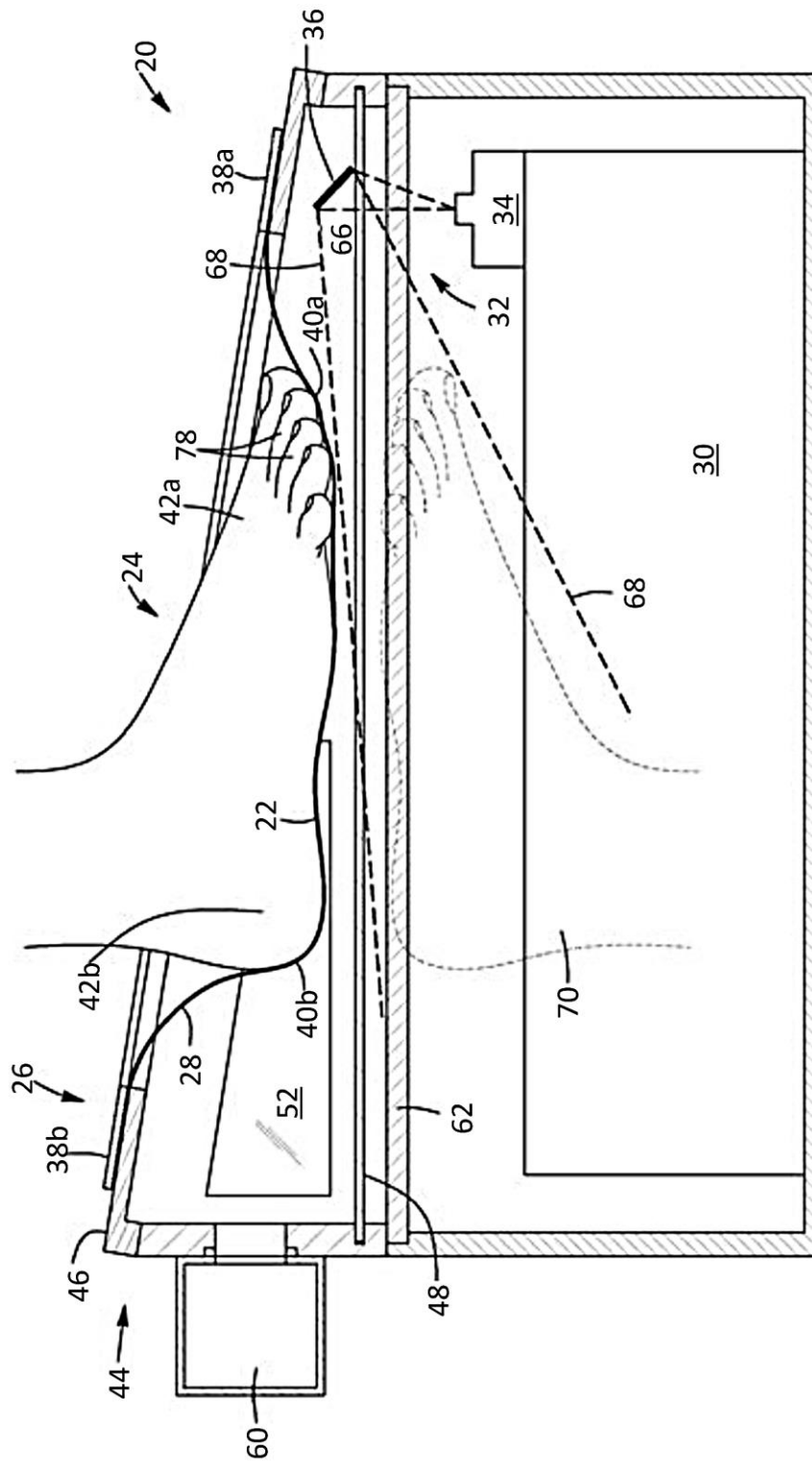


Figura 9B

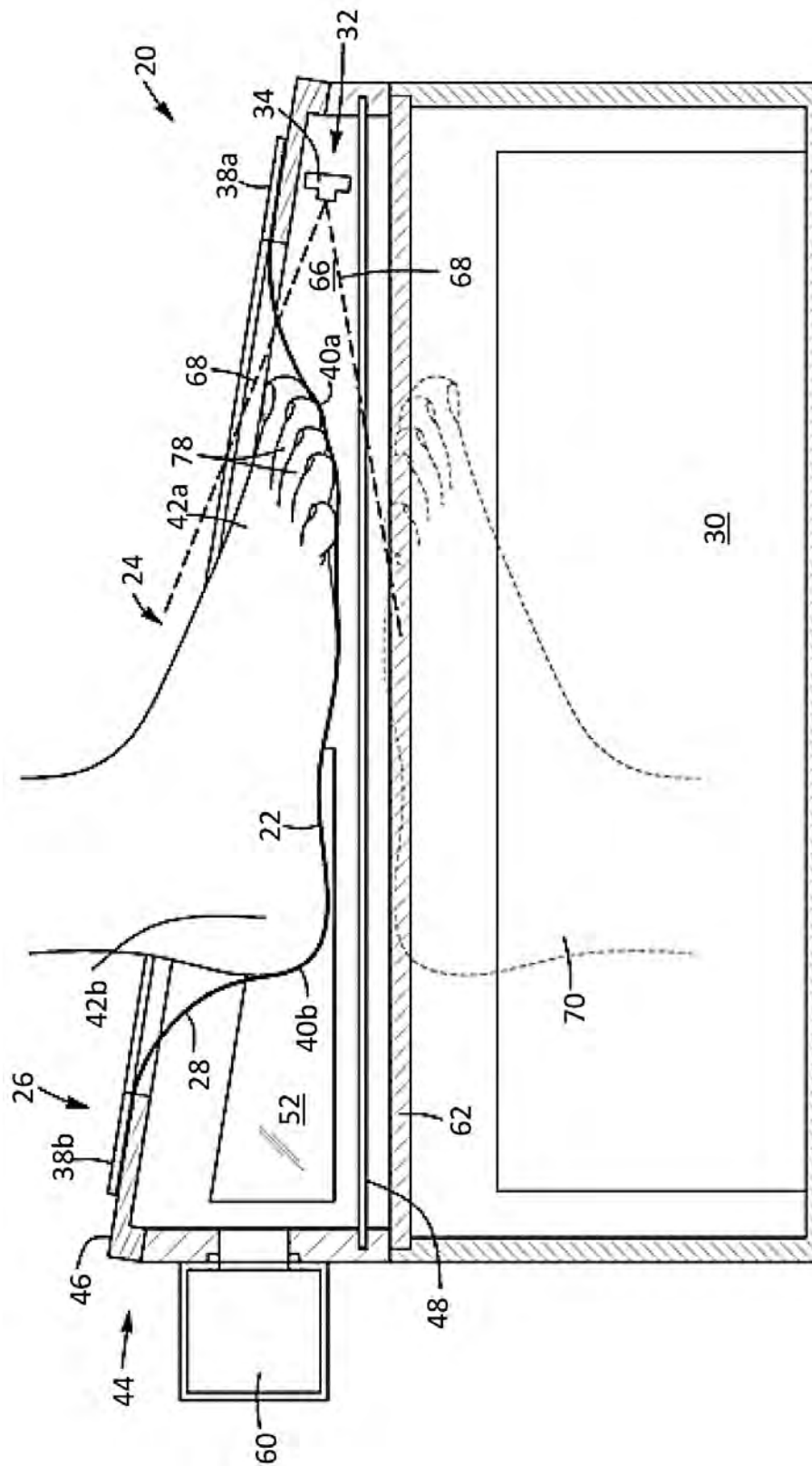


Figura 10A

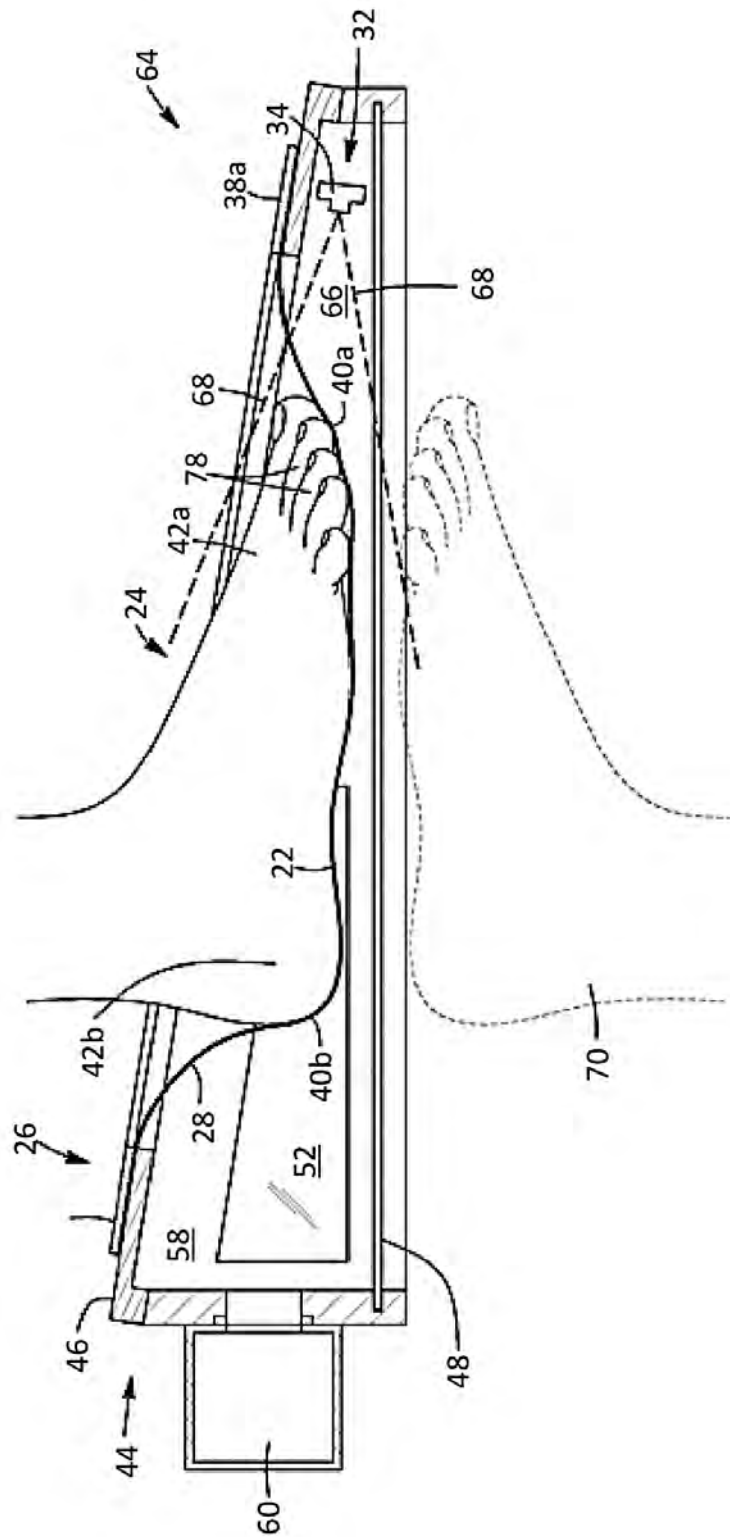


Figura 10B

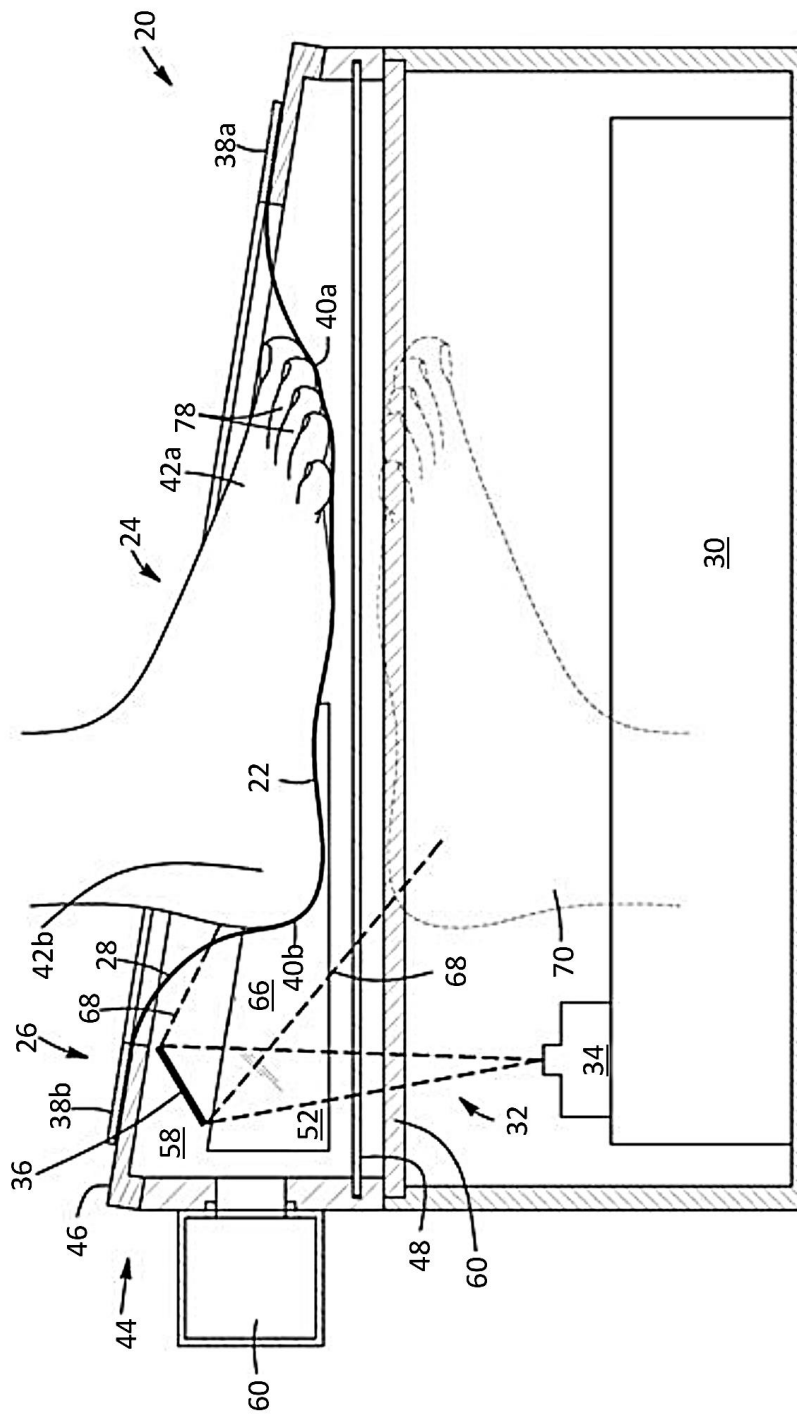


Figura 11

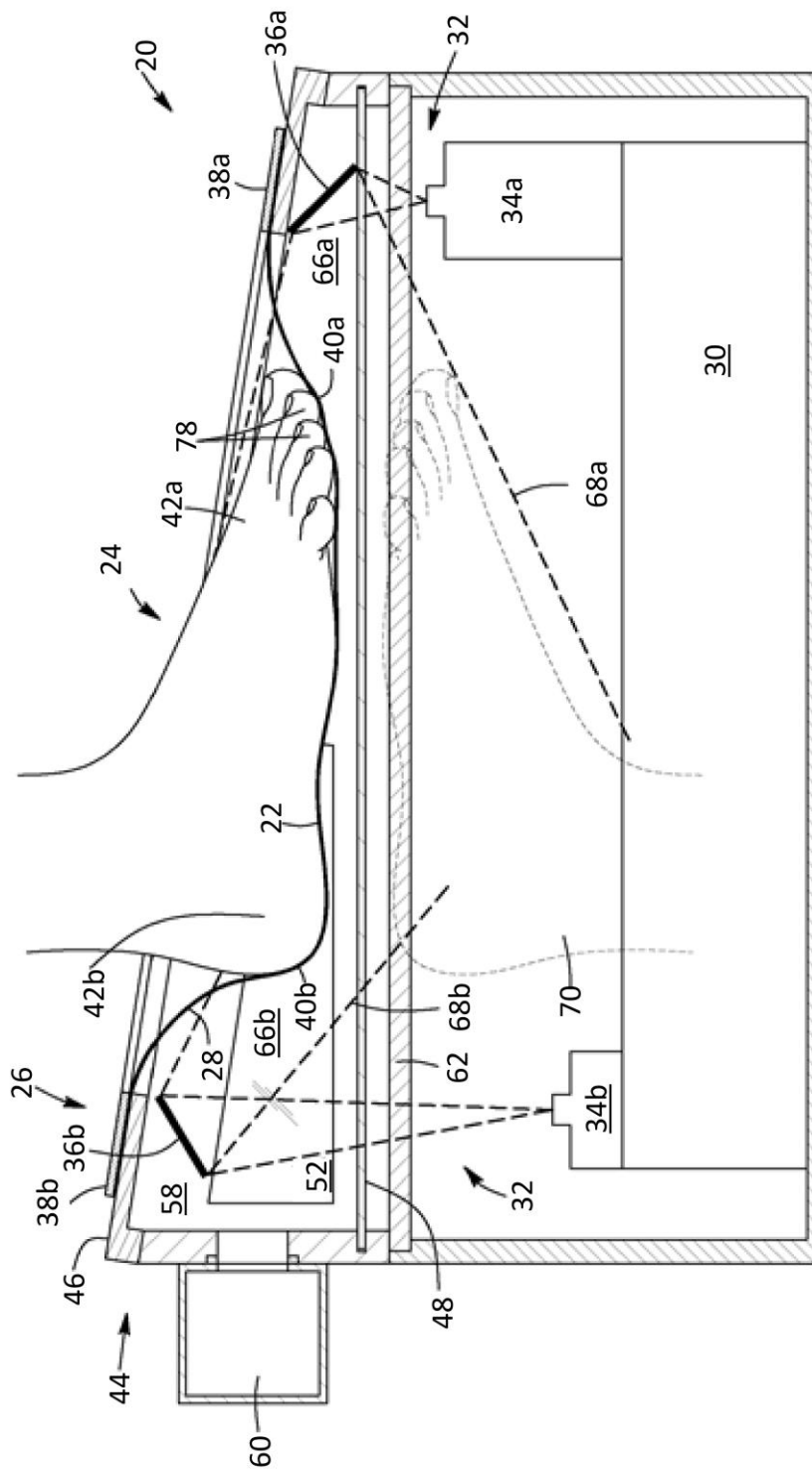


Figura 12

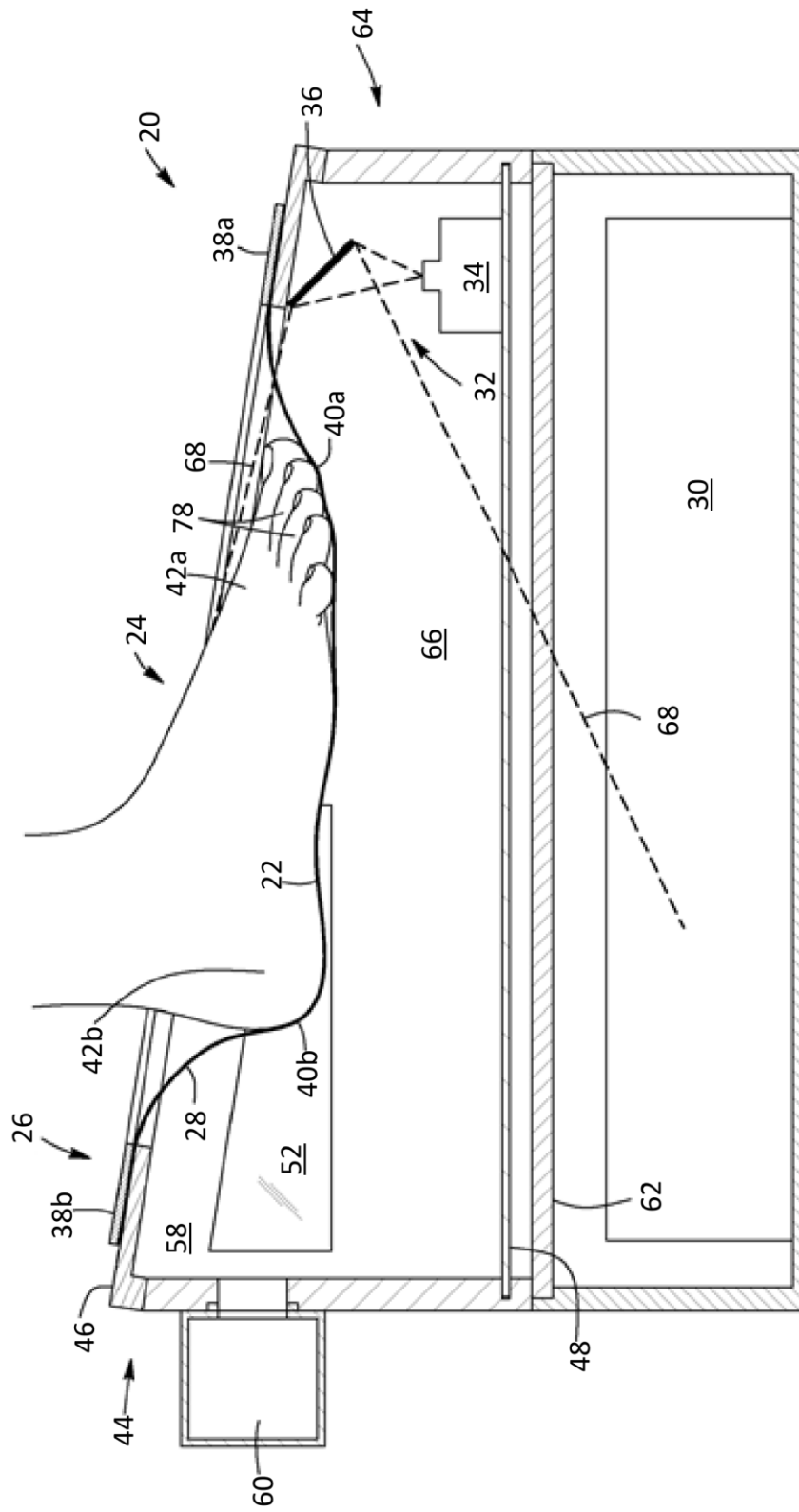


Figura 13A

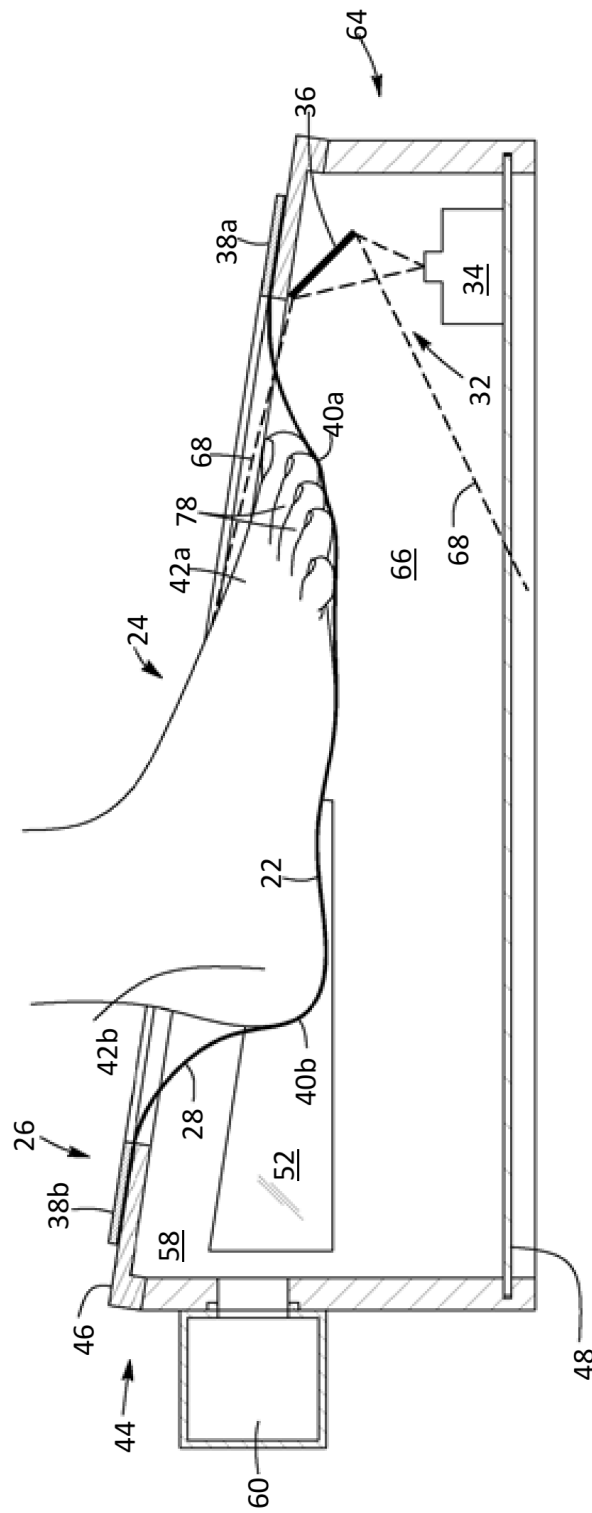


Figura 13B

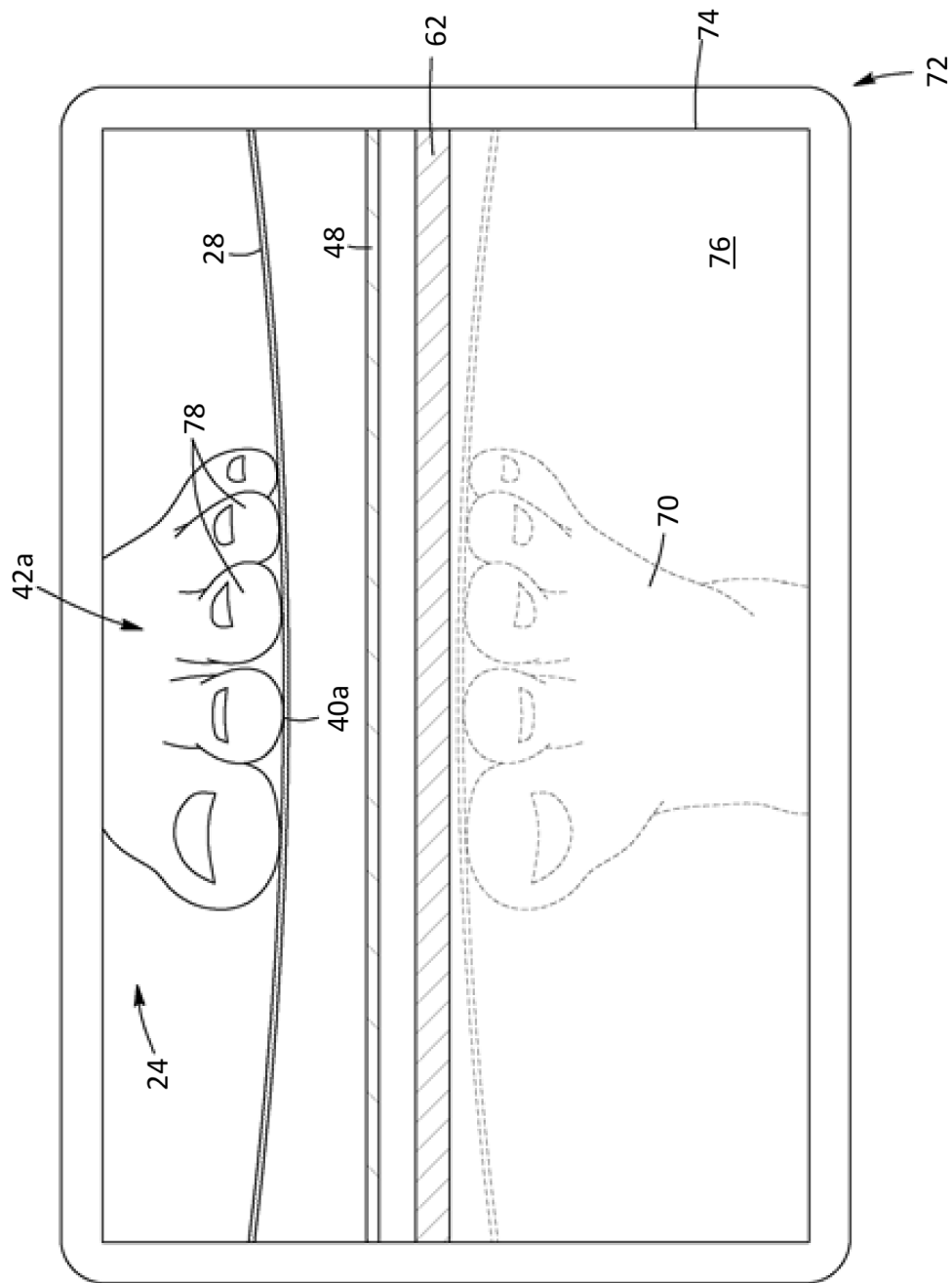


Figura 14A

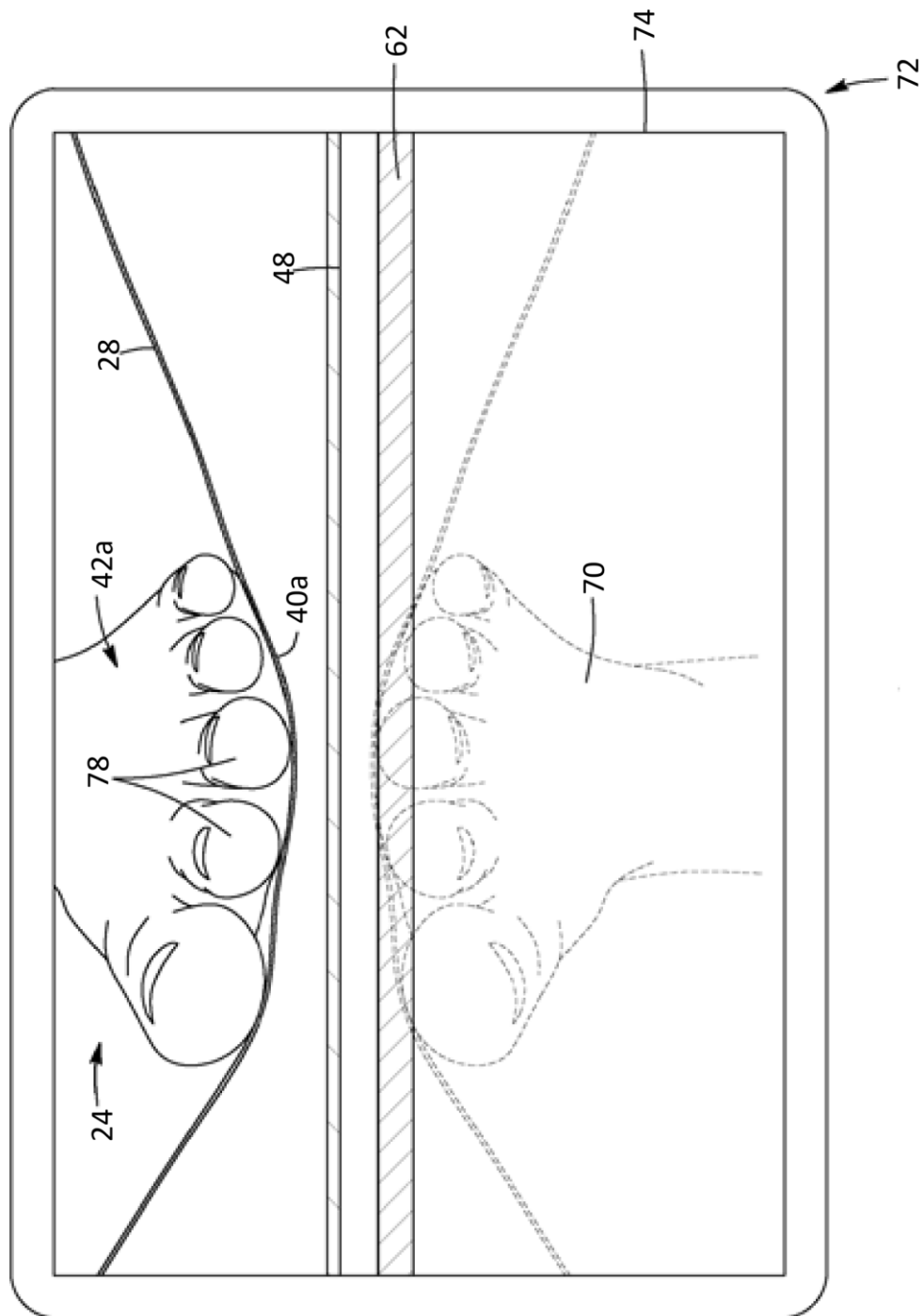


Figura 14B

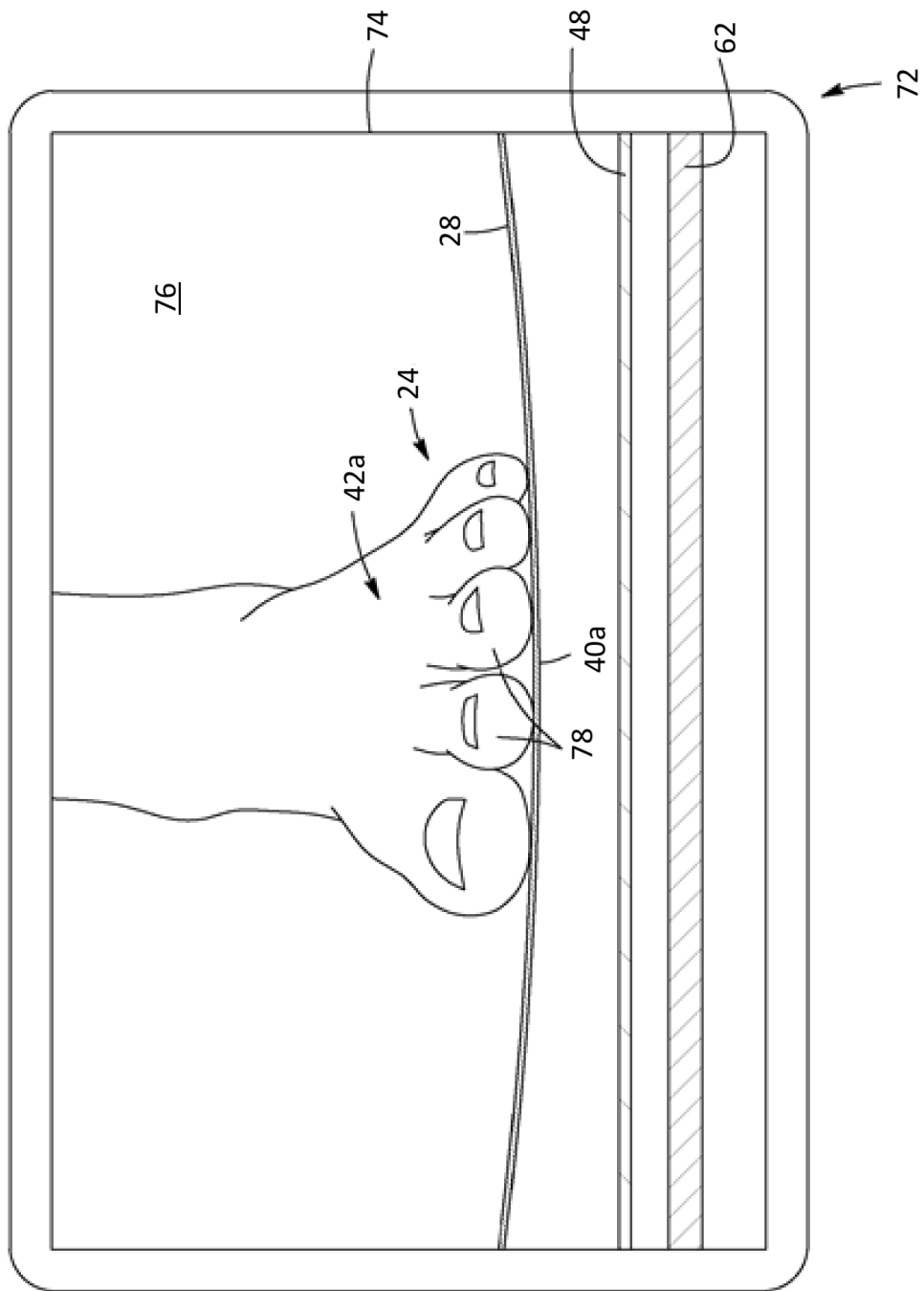


Figura 15A

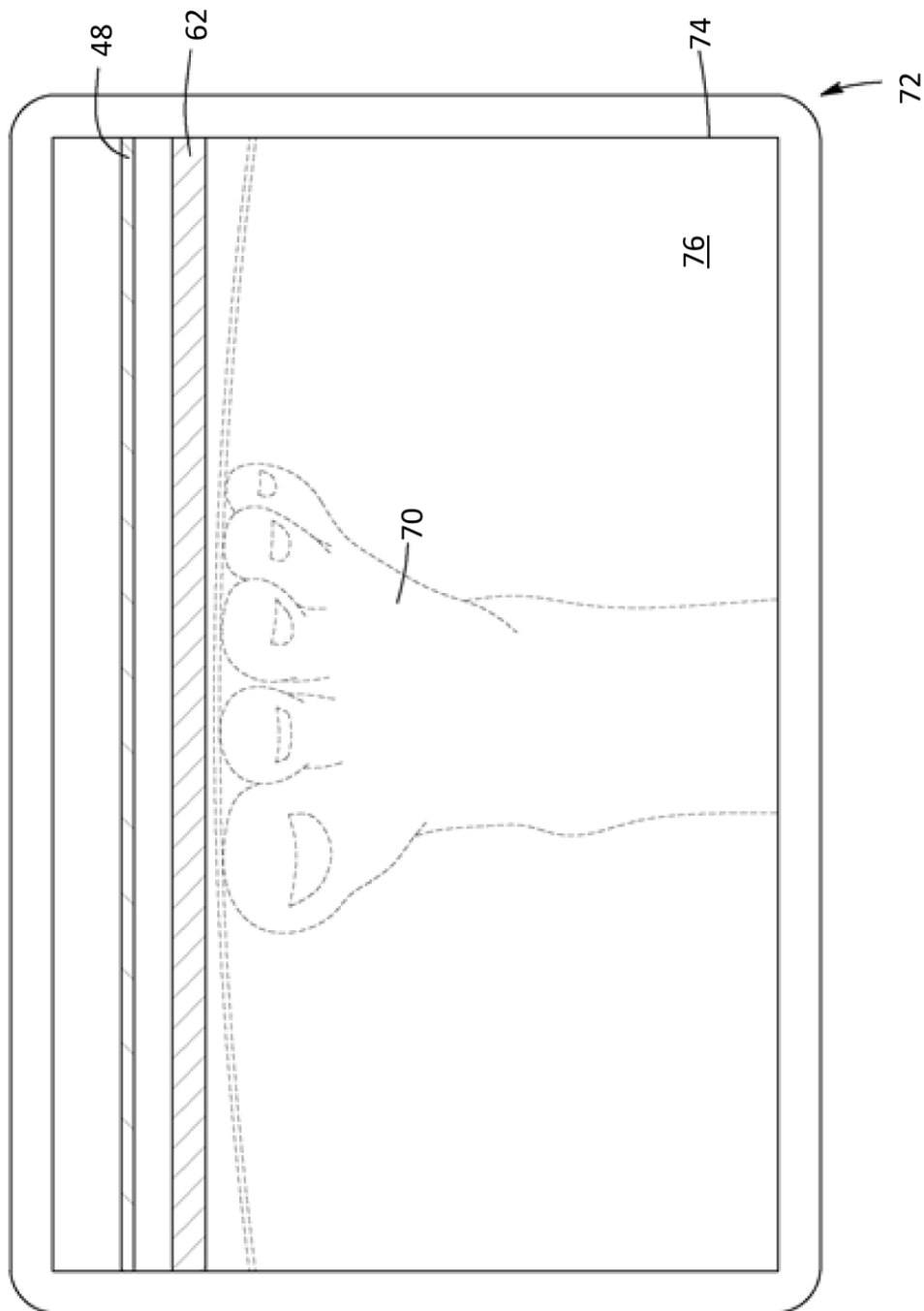
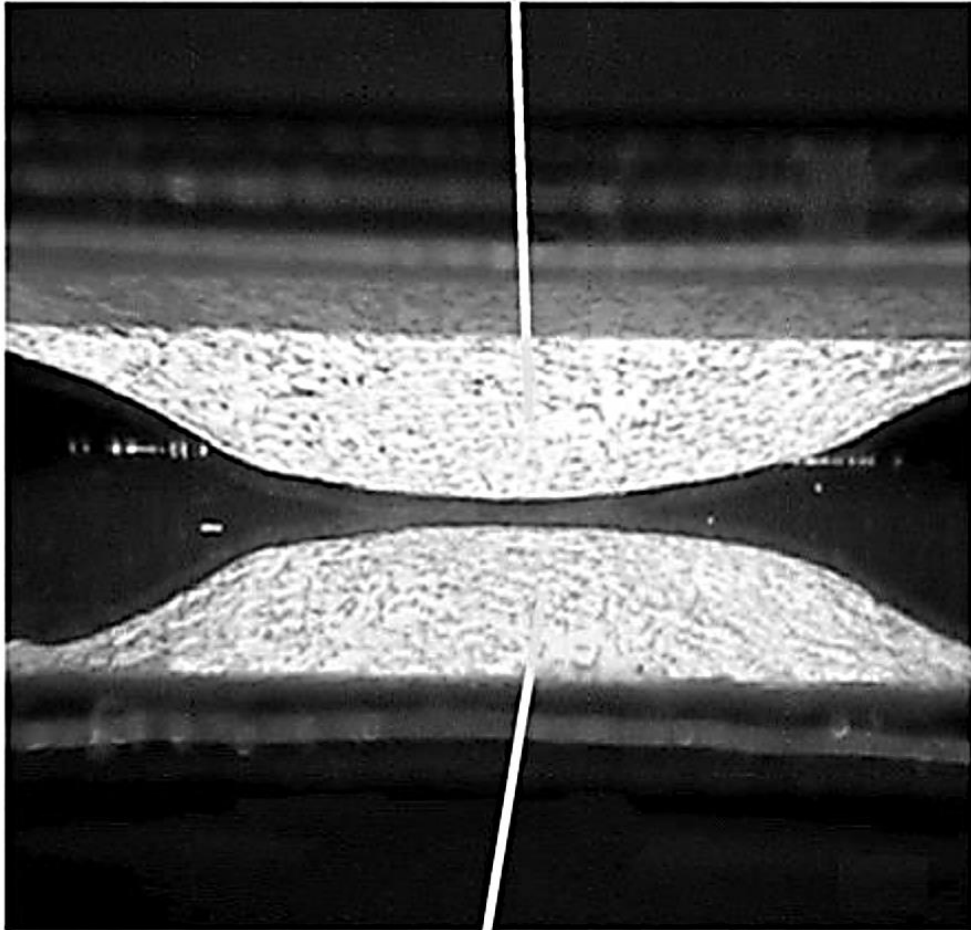


Figura 15B

Membrana con el pie
recibido sobre la misma
(28)



Reflejo de la membrana con
el pie recibido sobre la
misma
(70)

Figura 16

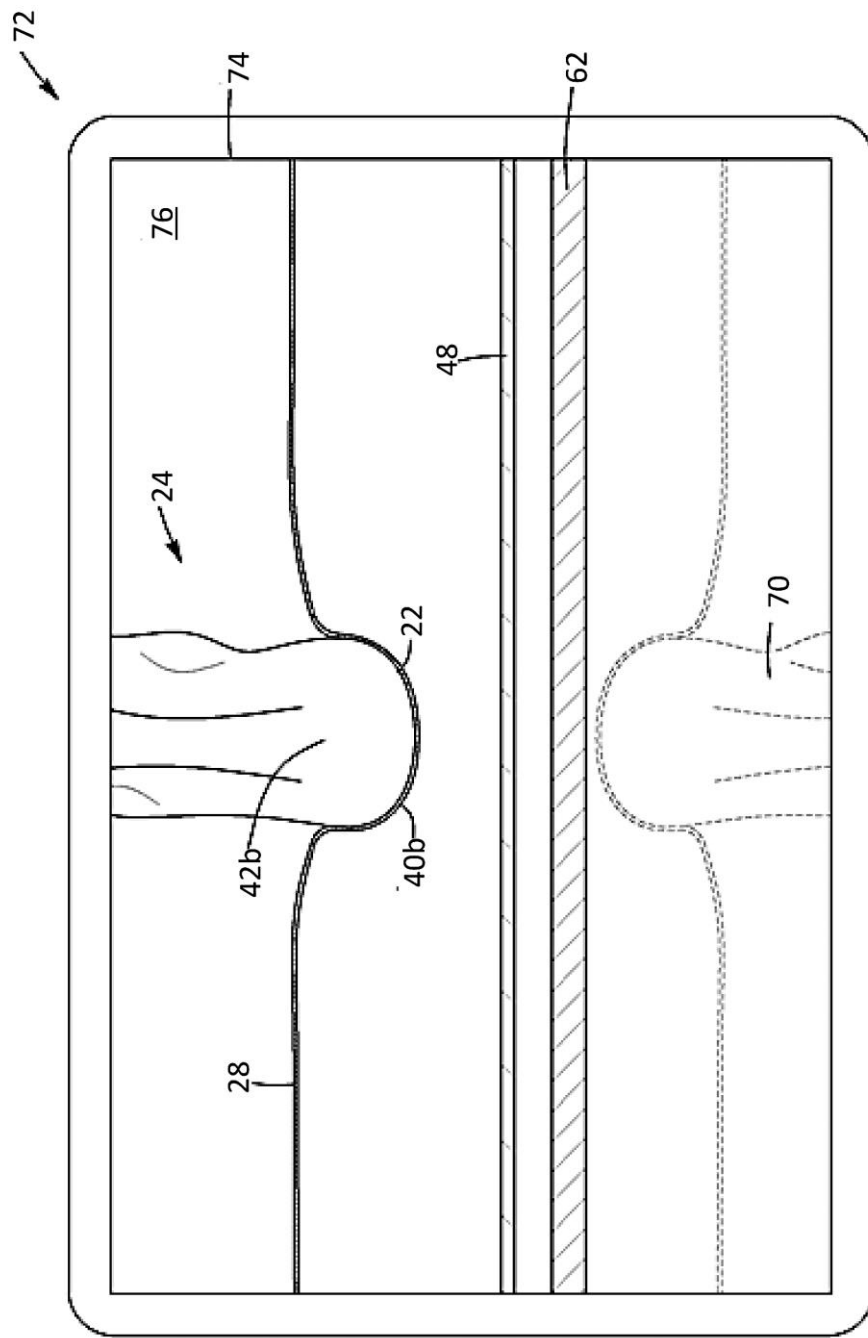


Figura 17

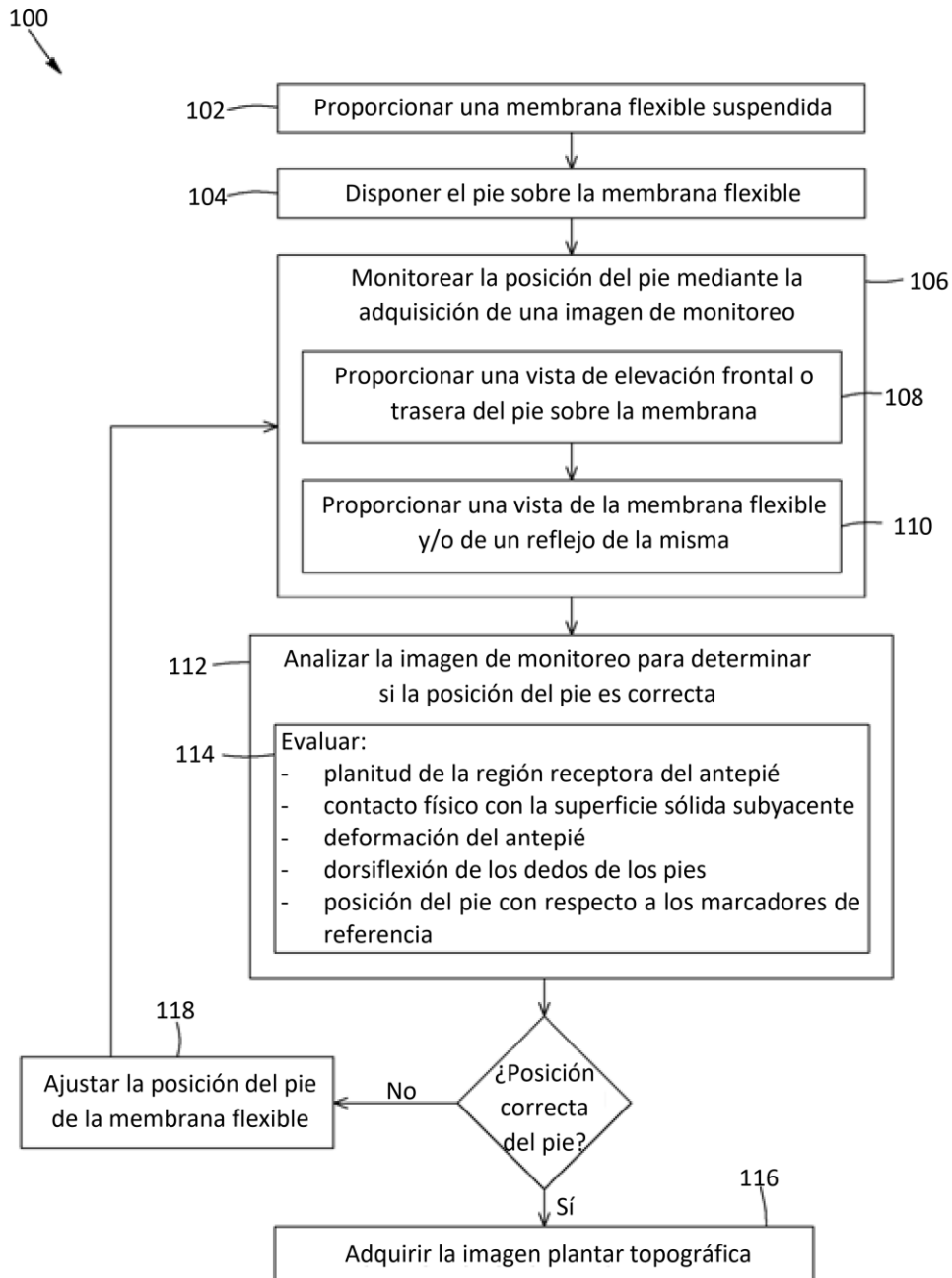


Figura 18

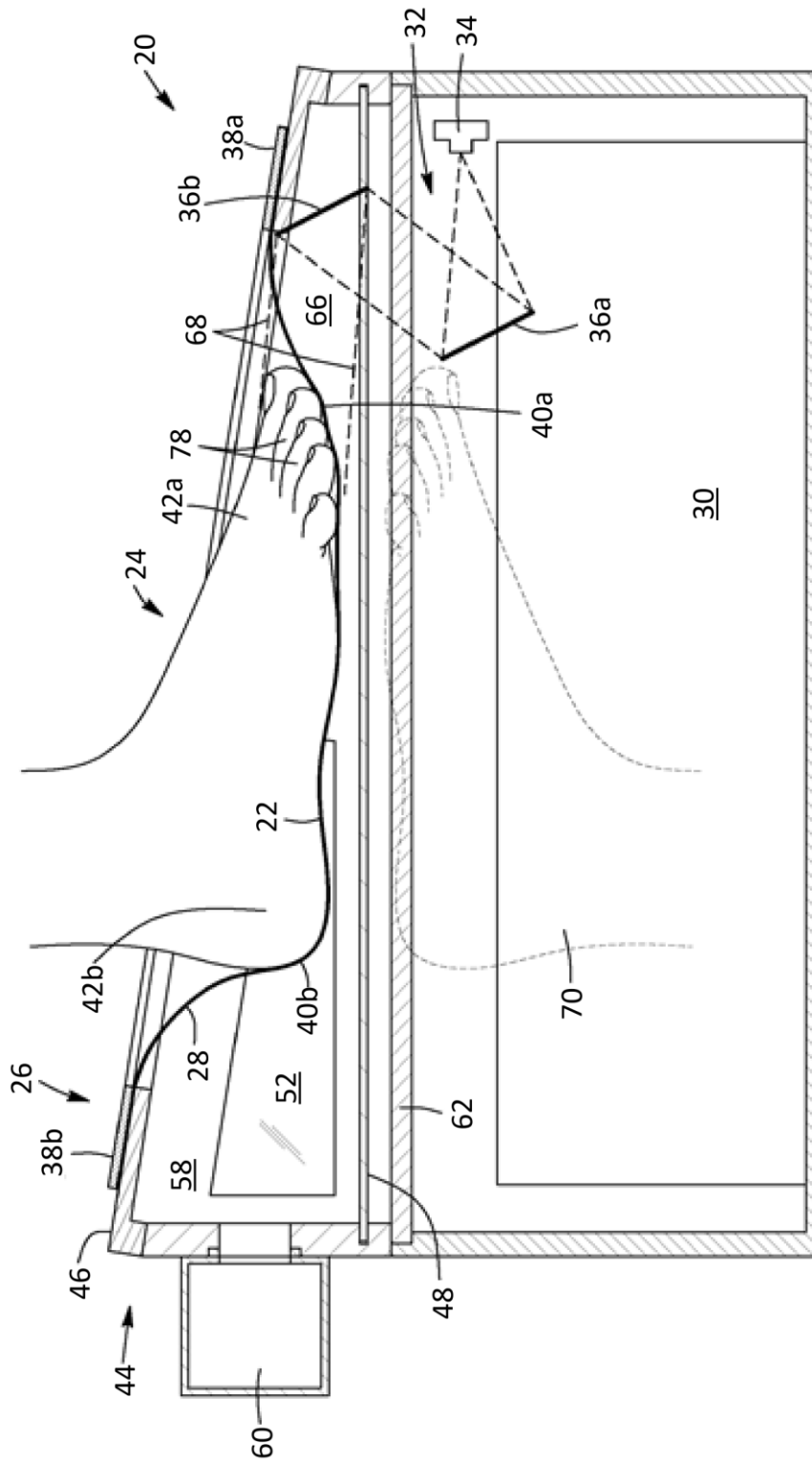


Figura 19