

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 722 252**

(51) Int. Cl.:

A61B 6/03 (2006.01)

A61B 6/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2013 PCT/US2013/063673**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14058775**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2013 E 13776705 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2903521**

(54) Título: **Aparato de obtención de imágenes de extremidades para tomografía computarizada de haz cónico**

(30) Prioridad:

08.10.2012 US 201261710832 P

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

08.08.2019

(73) Titular/es:

**CARESTREAM HEALTH, INC. (100.0%)
150 Verona Street
Rochester, NY 14608, US**

(72) Inventor/es:

**LITZENBERGER, MICHAEL, A.;
STAGNITTO, JOSEPH, E.;
DIRISIO, ANTHONY;
NEWMAN, PETER, A. y
WENDLANDT, WILLIAM, C.**

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 722 252 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 obtención de imágenes de extremidades para tomografía computarizada de haz cónico

Campo de la invención

La divulgación se refiere, en general, a la obtención de imágenes de diagnóstico y, en particular, a los sistemas de obtención de imágenes de haz cónico para obtener imágenes con el volumen de las extremidades.

Antecedentes de la invención

La obtención de imágenes con volumen en 3D ha demostrado ser una herramienta de diagnóstico valiosa que ofrece ventajas significativas con respecto a las técnicas de obtención de imágenes radiográficas en 2D para evaluar el estado de las estructuras internas y los órganos. La obtención de imágenes en 3D de un paciente u otro sujeto se ha hecho posible gracias a un número de avances, incluyendo el desarrollo de detectores de obtención de imágenes de gran velocidad, tal como detectores de radiografía digital (RD) que permiten obtener varias imágenes de forma rápida y sucesiva.

La tomografía computarizada de haz cónico TCHC o tecnología de TC de haz cónico son una gran promesa como tipo de herramienta de diagnóstico para proporcionar imágenes de volumen en 3D. Los sistemas de TC de haz cónico capturan conjuntos de datos volumétricos utilizando un detector de radiografía digital (RD) de alta frecuencia de imagen (*High Frame Rate*), que normalmente se fija a un pótico que rota alrededor del objeto del que deben tomarse imágenes, dirigiendo, desde varios puntos a lo largo de su órbita alrededor del sujeto, un haz cónico divergente de rayos X hacia el sujeto. El sistema de TCHC captura las proyecciones durante la rotación, por ejemplo, una imagen de proyección en 2D en cada grado de rotación. Después, las proyecciones se reconstruyen en una imagen de volumen en 3D mediante el uso de diversas técnicas. Entre los procedimientos mejor conocidos para reconstruir imágenes de volumen en 3D a partir de los datos de una imagen en 2D, hay enfoques de proyección retrógrada filtrada.

Aunque las imágenes en 3D de calidad diagnóstica se pueden generar utilizando sistemas y tecnología de TCHC, siguen existiendo algunos desafíos técnicos. En algunos casos, por ejemplo, puede haber un intervalo limitado de rotación angular de la fuente de rayos X y del detector con respecto al sujeto. La obtención de imágenes por TCHC de las piernas, brazos y otras extremidades puede verse obstaculizada por la obstrucción física de la extremidad contraria. Este es un obstáculo que se encuentra al obtener proyecciones de imagen de TCHC de la pierna o rodilla humana, por ejemplo. No todas las posiciones de obtención de imágenes alrededor de la rodilla pueden alcanzarse; la propia anatomía del paciente en ocasiones impide que la fuente de radiación y el detector de imágenes puedan colocarse sobre una porción de la circunferencia del escáner.

Para ilustrar el problema que encara la obtención de imágenes de TCHC de la rodilla, la vista superior de la figura 1 muestra las trayectorias circulares del escáner para una fuente de radiación 22 y un detector 24 cuando se obtienen imágenes de la pierna derecha R de un paciente como sujeto 20. En forma de línea discontinua se muestran las diversas posiciones de la fuente de radiación 22 y del detector 24. La fuente 22, colocada a cierta distancia de la rodilla, se puede colocar en distintos puntos de un arco de aproximadamente 200 grados; con cualquier arco mayor, la extremidad contraria, la rodilla izquierda L, bloquea el camino. El detector 24, más pequeño que la fuente 22 y que normalmente se coloca muy cerca del sujeto 20, se puede colocar entre las rodillas derecha e izquierda del paciente y, así, se puede colocar sobre la órbita circular total.

Para la obtención de imágenes de TCHC convencional no se necesita una órbita de 360 grados de la fuente y del detector; por el contrario, se puede obtener la información suficiente para la reconstrucción de imágenes con un intervalo de escáner orbital que solo sobrepasa los 180 grados por el ángulo del propio haz cónico, por ejemplo. Sin embargo, en algunos casos, puede ser difícil obtener mucho más de una rotación de aproximadamente 180 grados para la obtención de imágenes de la rodilla u otras articulaciones y otras aplicaciones. Es más, puede haber situaciones de diagnóstico en las que la obtención de imágenes de proyección en un determinado intervalo de ángulos tiene ventajas, pero la anatomía del paciente bloquea la fuente, el detector, o ambos, de que obtengan imágenes en dicho intervalo. Algunas de las soluciones propuestas para obtener imágenes de las extremidades en estas condiciones requieren que el paciente adopte una posición incómoda o complicada. La posición de la extremidad, desde la que se obtiene su imagen, no representa cómo la extremidad u otro miembro sirve al paciente durante el movimiento o en estados de soporte de peso. Puede ser útil, por ejemplo, examinar el estado de la articulación de la rodilla o el tobillo con la carga de peso normal que ejerce el paciente sobre dicha articulación, así como en una posición relajada. No obstante, si es necesario que el paciente adopte una posición que no se suele utilizar durante el movimiento o las posturas normales, puede haber una presión en exceso o insuficiente o una presión o tensión mal dirigidos sobre la articulación. La articulación de la rodilla o el tobillo, que reciben cierta carga aplicada de forma artificial y a un ángulo que no se adopta cuando se está de pie, puede no comportarse exactamente como lo hace cuando soporta el peso del paciente en una posición de pie. Las imágenes de las extremidades en estas condiciones a veces no representan exactamente cómo se utiliza una extremidad o articulación y no proporcionan la información suficiente para poder trazar un plan de evaluación y tratamiento.

Otras dificultades adicionales con las soluciones convencionales para la obtención de las imágenes de las

extremidades tienen que ver con la mala calidad de la imagen. Para obtener imágenes de calidad, la secuencia de TCHC requiere que el detector se coloque cerca del sujeto y que la fuente de la radiación de haz cónico esté a una distancia suficiente del sujeto. Esto proporciona la mejor imagen y reduce el truncamiento de la imagen y la pérdida de datos consiguiente. La colocación del sujeto a medio camino entre el detector y la fuente, tal y como se ha

5 realizado con algunos sistemas convencionales, no solo compromete notablemente la calidad de la imagen, sino que también coloca al paciente demasiado cerca de la fuente de radiación, de modo que los niveles de radiación son considerablemente mayores.

La obtención de imágenes de TCHC representa varios desafíos que también afectan a otros tipos de obtención de imágenes de volumen que emplean una fuente de radiación y un detector que gira alrededor de una extremidad en un intervalo de ángulos. Hay varios modos de obtención de imágenes por tomografía que se pueden utilizar para obtener información de profundidad de una extremidad explorada.

10 En resumen, para la obtención de imágenes de las extremidades, en particular, para la obtención de imágenes de las extremidades inferiores duplicadas, son necesarias varias mejoras, incluyendo las siguientes:

- 15 i) una mejor colocación de la fuente de radiación y del detector con respecto al sujeto del que se obtienen imágenes para proporcionar niveles de radiación y calidad de imagen aceptables durante la secuencia de escaneado, con la capacidad, al menos, de una configuración automática simple para examinar una extremidad en condiciones favorables;
- 20 ii) flexibilidad del sistema para obtener imágenes a alturas distintas con respecto al eje rotacional de la fuente y el detector, incluyendo la flexibilidad para permitir la obtención de imágenes con el paciente de pie o sentado cómodamente, tal como con un pie en una posición elevada, por ejemplo;
- 25 iii) capacidad para ajustar el ángulo del eje rotacional y adaptarse a los requisitos de colocación del paciente;
- 30 iv) accesibilidad mejorada para el paciente, de forma que el paciente no tiene que contorsionarse, doblarse o tensar indebidamente sus miembros o articulaciones que puedan estar dañados para proporcionar imágenes de dichas partes del cuerpo;
- 35 v) ergonomía mejorada para obtener la imagen de TCHC, lo que permite que el paciente esté de pie o se siente con una postura normal, por ejemplo. Esto también permitiría tomar imágenes de las extremidades que soportan la carga, como las piernas, rodillas y tobillos con la carga normal ejercida por el peso del paciente, en vez de en condiciones de carga simuladas, y proporcionar opciones para soportar al paciente; y
- 40 vi) adaptabilidad para la obtención de imágenes multiuso, permitiendo que un solo aparato de obtención de imágenes pueda configurarse para obtener imágenes de cualquier número de extremidades, incluyendo la rodilla, el tobillo, un dedo del pie, la mano, el codo y otras extremidades. Esto también incluye la capacidad de operar el sistema de obtención de imágenes en distintos modos de obtención de imágenes, incluyendo la TCHC, la radiografía de proyección bidimensional (2D), la fluoroscopia y otros modos de tomografía.

35 En resumen, la capacidad para configurar y colocar fácilmente el aparato de obtención de imágenes ofrece las ventajas de que la obtención de imágenes de TCHC pueda adaptarse para ser utilizada en varias extremidades, para así obtener imágenes de volumen en una modalidad de obtención de imágenes adecuada, presentándose la imagen de la extremidad en una orientación adecuada tanto en condiciones de soporte de carga como en condiciones libres de carga, y estando el paciente de pie o sentado correctamente.

40 Se destaca el documento US 6 580 777 B1, que muestra un aparato de TC de rayos X que incluye un escáner que tiene una fuente de rayos X para crear rayos X radiales emitidos hacia un objeto, y un detector proporcionado para orientarse hacia la fuente de rayos X y obtener la proyección del objeto, un controlador de rotación, para rotar el escáner alrededor del objeto, un controlador del ángulo de inclinación del pótico, para cambiar un ángulo de inclinación formado entre una superficie de rotación del escáner y un eje corporal del objeto, una unidad de procesamiento, para crear una imagen de TC del objeto a partir de las proyecciones obtenidas desde una pluralidad de direcciones, al mismo tiempo que el escáner rota y cambia el ángulo de inclinación, y una unidad de visualización para visualizar una imagen de TC tridimensional.

45 Así mismo, el documento US 2011 228 901 A1 se refiere a un dispositivo de exploración médica para la obtención de imágenes de TC y para la obtención de imágenes médicas nucleares. El dispositivo de exploración médica tiene un pótico con una forma esencialmente de anillo con un mecanismo de obtención de imágenes de TC y un mecanismo de obtención de imágenes médicas nucleares. El pótico tiene un tramo dispuesto especialmente de manera lateral y plegado hacia fuera o extraíble para crear una abertura de acceso al interior del pótico.

Sumario de la invención

50 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un aparato como el que se expone en la reivindicación 1. Las realizaciones adicionales, entre otras, se desvelan en las reivindicaciones dependientes. Un aspecto de esta solicitud es hacer avanzar la técnica de las radiografías médicas digitales.

Otro aspecto de esta solicitud es abordar, en su totalidad o en parte, al menos las carencias anteriores, u otras, de la técnica relacionada.

Otro aspecto de esta solicitud es proporcionar, en su totalidad o en parte, al menos las ventajas descritas en el

presente documento.

Otro aspecto de esta solicitud es hacer avanzar la técnica de la obtención de imágenes de diagnóstico de las extremidades del cuerpo, en particular de las extremidades duplicadas articuladas o que soportan cargas, como las rodillas, las piernas, los tobillos, los dedos, las manos, las muñecas, los codos, los brazos y los hombros.

5 Otro aspecto de esta solicitud es proporcionar realizaciones de aparato y/o de procedimiento que se adapten a las condiciones de obtención de imágenes adecuadas para un abanico de extremidades y/o que permitan que el paciente se coloque en varias posiciones para obtener adecuadamente las imágenes de la extremidad.

10 Otro aspecto de esta solicitud es proporcionar realizaciones de aparato y/o procedimiento que aumenten el espacio para el paciente más allá de un volumen de escáner de un aparato de obtención de imágenes de TCHC, para así poder descansar al menos una parte del cuerpo de un paciente de la que no se están obteniendo imágenes. En algunas realizaciones, los alojamientos de los escáneres pueden tener una forma que proporcione opciones o espacio libre de colocación adicional para el paciente.

15 Otro aspecto de esta solicitud es proporcionar realizaciones de aparato y/o procedimiento que proporcionen una puerta para cerrar el hueco periférico de un escáner que tenga una forma o forma en sección transversal que aumente el espacio libre del volumen del escáner.

Otro aspecto de esta solicitud es proporcionar realizaciones de aparato y/o procedimiento que proporcionen un asa para una puerta que cierra un hueco periférico del escáner, que se coloca por fuera del hueco periférico.

20 Otro aspecto de esta solicitud es proporcionar realizaciones de aparato y/o procedimiento que proporcionen una capacidad de rejilla extraíble con respecto a un detector de radiografía digital instalado de un aparato de obtención de imágenes de TCHC.

Estos objetos se proporcionan únicamente a modo de ejemplos ilustrativos y pueden ser ejemplos de una o más reivindicaciones de la invención. Otros objetos y ventajas deseables conseguidos de forma inherente con la invención desvelada pueden ser evidentes para los expertos en la materia. La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

25 **Breve descripción de los dibujos**

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción en particular de las realizaciones de la invención, tal y como se ilustra en los dibujos adjuntos. Los elementos de los dibujos no están necesariamente a escala los unos con respecto a los otros.

30 La figura 1 es una vista esquemática que muestra la geometría y las limitaciones del escaneado por TCHC de las partes de la pierna inferior.

La figura 2 muestra una vista superior y en perspectiva del patrón de escaneado de un aparato de obtención de imágenes según una realización de la solicitud.

La figura 3A es una vista en perspectiva que muestra el acceso del paciente a un aparato de obtención de imágenes según una realización de la solicitud.

35 La figura 3B es una vista superior que muestra una secuencia de etapas para colocar la extremidad de la que deben tomarse imágenes en el interior de la trayectoria del vehículo del detector.

La figura 4 muestra porciones de la secuencia operacional para obtener proyecciones de TCHC de una porción de la pierna de un paciente en varias posiciones angulares cuando se utiliza el aparato de obtención de imágenes según una realización de la solicitud.

40 La figura 5 es una vista en perspectiva que muestra un aparato de obtención de imágenes de TCHC para la obtención de imágenes de las extremidades según una realización de la solicitud.

La figura 6A muestra los componentes internos utilizados para la traslación y colocación del anillo de obtención de imágenes.

La figura 6B muestra los ejes de referencia para la rotación y traslación.

45 La figura 6C es un diagrama esquemático que muestra los componentes del sistema de colocación del escáner de obtención de imágenes.

La figura 6D es una vista en perspectiva que muestra algunos de los componentes de un aparato de traslación vertical.

La figura 6E muestra el aparato de obtención de imágenes de TCHC con cubiertas instaladas.

50 La figura 7A muestra la traslación del anillo de obtención de imágenes con respecto a un eje vertical o Z.

La figura 7B muestra la rotación del anillo de obtención de imágenes alrededor de un eje α que es ortogonal al eje Z.

La figura 7C muestra la rotación del anillo de obtención de imágenes alrededor de un eje γ que es ortogonal al eje α.

55 La figura 7D muestra la posición de los controles del operario para el ajuste del escáner de obtención de imágenes.

La figura 7E muestra una vista aumentada de los controles de colocación.

La figura 8 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades,

- configurado para obtener imágenes de una rodilla con el paciente de pie.
- La figura 9 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades, configurado para obtener imágenes de un pie o tobillo con el paciente de pie.
- 5 La figura 10 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades, configurado para obtener imágenes de una rodilla con el paciente sentado.
- La figura 11 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades, configurado para obtener imágenes de un pie o tobillo con el paciente sentado.
- 10 La figura 12 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades, configurado para obtener imágenes de un dedo del pie con el paciente sentado.
- La figura 13 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades, configurado para obtener imágenes de una mano con el paciente sentado.
- 15 La figura 14 es una vista en perspectiva que muestra el aparato de obtención de imágenes de las extremidades, configurado para obtener imágenes de un codo con el paciente sentado.
- La figura 15A es una vista superior de los componentes del escáner de un aparato de obtención de imágenes de las extremidades según una realización de la solicitud.
- 20 La figura 15B es una vista en perspectiva de un bastidor que soporta los componentes del escáner de un aparato de obtención de imágenes de las extremidades según una realización de la solicitud.
- La figura 15C es una vista en perspectiva de un bastidor que soporta los componentes del escáner de un aparato de obtención de imágenes de las extremidades con contrapeso añadido según una realización de la solicitud.
- 25 La figura 16A es una vista superior del escáner de obtención de imágenes que muestra la posición de puerta abierta.
- La figura 16B es una vista en perspectiva del escáner de obtención de imágenes que muestra una posición de puerta cerrada.
- La figura 16C es una vista superior del escáner de obtención de imágenes que muestra la posición de puerta cerrada.
- 30 La figura 16D es una vista en perspectiva que muestra la puerta en la posición cerrada.
- La figura 17A es una vista superior del escáner de obtención de imágenes mostrando un número de sus componentes de obtención de imágenes internos en un extremo del escáner de obtención de imágenes.
- La figura 17B es una vista superior del escáner de obtención de imágenes mostrando un número de sus componentes de obtención de imágenes internos en un extremo opuesto del escáner de obtención de imágenes al mostrado en la figura 17A.
- 35 La figura 17C es una vista superior del escáner de obtención de imágenes que muestra su alojamiento.
- La figura 17D es una vista superior del escáner de obtención de imágenes mostrando los componentes de obtención de imágenes internos y los ángulos del arco central.
- La figura 18A es una vista en corte que muestra la puerta en la posición dentro del escáner.
- 40 La figura 18B es una vista esquemática de la puerta, que muestra el ahusamiento de su anchura.
- La figura 18C es una vista esquemática de la puerta, que muestra la trayectoria del detector a través del conducto hueco de la puerta.
- La figura 18D una vista superior de la puerta.
- 45 Las figuras 19A, 19B, 19C y 19D son vistas superiores que muestran la secuencia del movimiento de los componentes de escaneo que se permite cuando la puerta del escáner está cerrada.
- Las figuras 20A y 20B muestran vistas esquemáticas que muestran el efecto de la forma de la puerta en la postura del paciente.
- La figura 21 es una vista en perspectiva del escáner con las cubiertas del alojamiento retiradas, que muestra la puerta en la posición cerrada.
- 50 La figura 22A es una vista superior del escáner de obtención de imágenes que muestra el pórtico rotado hasta la posición de la extracción de la rejilla.
- La figura 22B es una vista en perspectiva del escáner de obtención de imágenes con el pórtico rotado hasta la posición de la extracción de la rejilla. La figura 22C es una vista en perspectiva del escáner de obtención de imágenes con el pórtico rotado hasta la posición de la extracción de la rejilla y la rejilla siendo retirada.

Descripción de las realizaciones ejemplares

Las siguiente es una descripción de las realizaciones ejemplares de la invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en los dibujos para hacer referencia a las mismas partes o a partes similares.

- 55 Con fines ilustrativos, los principios de la invención desvelada se describen en el presente documento haciendo referencia, principalmente, a las realizaciones de ejemplo de estos. Sin embargo, un experto habitual en la materia identificará fácilmente que los mismos principios se pueden aplicar e implementar igualmente en todos los tipos de conjuntos de obtención de imágenes radiográficas, en los diversos tipos de aparatos de obtención de imágenes radiográficas y/o en los procedimientos de uso de estos, y que cualquier variación no se apartará del espíritu y ámbito verdaderos de la solicitud. Es más, en la siguiente descripción, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran realizaciones específicas. Los cambios eléctricos, mecánicos, lógicos y estructurales se pueden llevar a cabo en las realizaciones.

En el contexto de la solicitud, el término "extremidad" significa lo que se entiende convencionalmente en la jerga de

- obtención de imágenes diagnósticas, haciendo referencia a las rodillas, las piernas, los tobillos, los dedos, las manos, las muñecas, los codos, los brazos y los hombros y a cualquier otra extremidad anatómica. El término "sujeto" se utiliza para describir la extremidad del paciente de la que se están obteniendo imágenes, tal como la "pierna sujeta", por ejemplo. El término "extremidad duplicada" o "contraria" se utiliza, en general, para hacer referencia a cualquier extremidad anatómica de la que hay dos o más en un mismo paciente. En el contexto de la solicitud, no se obtienen imágenes de la extremidad duplicada a no ser que sea necesario; solo se obtienen imágenes de la extremidad sujeta. En una realización, no se obtienen imágenes de una extremidad duplicada para reducir la dosis del paciente.
- Varios ejemplos proporcionados en el presente documento de las realizaciones improvisadas de la solicitud se centran en obtener imágenes de las extremidades inferiores que soportan las cargas de la anatomía humana, tal como la pierna, la rodilla, el tobillo y el pie, por ejemplo. Sin embargo, estos ejemplos se consideran ilustrativos y no limitantes.
- En el contexto de la solicitud, el término "arco" o, alternativamente, "arqueado" tiene el significado de una porción de curva, *spline* o trayectoria no lineal, por ejemplo, como porción de una curva de menos de 360 grados o, considerada alternativamente como de menos de 2π radianes para un radio o distancia determinada desde un orificio central.
- El término "accionable" tiene su significado convencional, relacionado con un dispositivo o componente que sea capaz de llevar a cabo una acción como respuesta a un estímulo, por ejemplo, como respuesta a una señal eléctrica.
- Tal y como se usa en el presente documento, la expresión "que se puede energizar" se refiere a un dispositivo o conjunto de componentes que llevan a cabo una función indicada al recibir energía y, opcionalmente, al recibir una señal de activación.
- En el contexto de la solicitud, dos elementos se consideran sustancialmente ortogonales si sus orientaciones angulares son distintas entre sí en 90 grados, +/- no más de aproximadamente 10 grados.
- Es esclarecedor observar que la definición matemática de un cilindro incluye no solo el cilindro circular derecho familiar "con forma de lata", sino también cualquier número de otras formas. La superficie exterior de un cilindro se crea moviendo un primer elemento de línea recta a lo largo de una curva cerrada u otra trayectoria a lo largo de un plano base, al mismo tiempo que el primer elemento de línea recta se mantiene paralelo a una segunda línea recta fija que se extiende hacia fuera desde el plano base, en el que el movimiento de la primera línea recta interseca una curva fija cerrada o base del primer plano. Un cubo, por ejemplo, se considera que tiene una forma cilíndrica según esta definición. Un cilindro con forma de lata de rotación se crea, por ejemplo, cuando la primera línea recta en movimiento interseca un círculo en el plano base en un ángulo recto. Un objeto se considera sustancialmente cilíndrico cuando la forma total de su superficie se aproxima a la forma de un cilindro según esta definición, con un margen para el redondeo ordinario de los bordes, la protrusión o rebaje de las fijaciones mecánicas y eléctricas y las características de montaje externas.
- Ciertas realizaciones de ejemplo según la aplicación abordan las dificultades de la obtención de imágenes de las extremidades proporcionando un aparato de obtención de imágenes que define trayectorias de la fuente y del detector coordinadas no lineales (por ejemplo, orbitales, curvadas, concéntricas alrededor de un punto central), en las que los componentes que proporcionan las trayectorias de la fuente y el detector están configurados para permitir el acceso del paciente antes de y después de obtener las imágenes, y están configurados para permitir que el paciente se siente o se quede de pie con una postura normal durante la serie de captura de imágenes de TCHC.
- Ciertas realizaciones de ejemplo proporcionan esta capacidad mediante el uso de un dispositivo de transporte del detector que tiene una abertura de acceso circunferencial que permite colocar la extremidad, en el que el dispositivo de transporte del detector gira alrededor de la extremidad colocada cuando ya está en su lugar, rodeando (por ejemplo, parcialmente, sustancialmente, totalmente) la extremidad a medida que gira a través de, al menos, una porción del escáner.
- Es esclarecedor tener en cuenta los atributos dimensionales del cuerpo humano que pueden ser consideraciones del diseño del equipo para TCHC para escanear las extremidades. Por ejemplo, un paciente humano adulto de altura media en una posición de pie cómoda tiene las rodillas izquierda y derecha, por lo general, en cualquier lugar, separadas desde aproximadamente los 10 a los 35 cm. Para un adulto de altura media, un espacio que sobrepasa aproximadamente los 35-40 cm (14-15,7 pulgadas) entre las rodillas, es menos cómodo y se encuentra fuera del intervalo de una postura de pie normal. Es esclarecedor observar que esta limitación hace poco práctico utilizar las soluciones de pórtico convencionales para obtener la secuencia de imágenes en 2D necesaria. Para determinadas realizaciones de ejemplo, bien la fuente o bien el detector deben poder pasar entre las piernas de un paciente que está de pie para obtener imágenes de TCHC de la rodilla, una capacidad no disponible con el pórtico o con otras soluciones convencionales.
- Las vistas en perspectiva y superior correspondientes de la figura 2 muestran cómo se proporciona el patrón de escaneado para los componentes del aparato de obtención de imágenes 10 de TCHC según una realización de la solicitud. Con un vehículo del detector 34 para un dispositivo detector, se proporciona una trayectoria del detector 28 con un radio adecuado R1 desde un eje central β . Con un vehículo de la fuente 32 para una fuente de radiación, se

proporciona una trayectoria de la fuente 26 con un segundo radio R2 más grande. En una realización, una trayectoria de fuente 26 no lineal tiene una mayor longitud que una trayectoria del detector 24 no lineal. Según una realización de la solicitud, tal y como se describe con más detalle más adelante, el mismo sistema de vehículo proporciona el vehículo del detector 34 y el vehículo de la fuente 32. La extremidad sujeta 20 está centrada preferentemente a lo largo del eje central β , de modo que el eje central β puede considerarse una línea a través de puntos en el sujeto 20. En una realización, un orificio de obtención de imágenes o el aparato de TCHC puede incluir o comprender el eje central β . La geometría limitante para la captura de imágenes se debe al arco del vehículo de la fuente 32, bloqueado por el hueco 38 (por ejemplo, por la anatomía del paciente, por ejemplo, por un miembro duplicado) y, por tanto, se limita normalmente a menos de aproximadamente 220 grados, como se ha comentado anteriormente. El hueco circunferencial o abertura 38 puede ocupar el espacio entre los puntos finales del arco de la trayectoria de la fuente 26. El hueco o abertura 38 le da el espacio al paciente para que se quede de pie, por ejemplo, mientras se obtienen imágenes de una pierna.

La trayectoria del detector 28 se puede extender a través del hueco circunferencial 38 para permitir el escaneado, ya que la anatomía del paciente no bloquea necesariamente el detector, sino que este puede tener una trayectoria de desplazamiento al menos parcialmente alrededor de una extremidad de la que se obtienen imágenes, que se puede extender entre las piernas del paciente que está de pie. Las realizaciones de la presente invención permiten la restricción temporal de la trayectoria del detector 28 para permitir que el paciente acceda, como parte de la colocación inicial del paciente. La vista en perspectiva de la figura 2, por ejemplo, muestra el vehículo del detector 34 rotado para abrir el hueco circunferencial 38, de forma que se extienda desde el eje β (por ejemplo, más allá de la trayectoria de la fuente o el alojamiento). Habiéndose trasladado el vehículo del detector 34 hasta la posición abierta mostrada en la figura 3A, el paciente puede moverse libremente dentro y fuera de la posición de obtención de imágenes. Cuando el paciente está correctamente en su posición, el vehículo del detector 34 gira sobre el eje β más de 180 grados; según una realización de la solicitud, el vehículo del detector 34 gira sobre el eje β sustancialmente 200 grados. Este acceso del paciente y el ajuste posterior del vehículo del detector 34 se muestra en las fases sucesivas de la figura 3B. Este movimiento en órbita rodea la extremidad de la que deben tomarse imágenes de forma más eficaz y coloca el detector 24 en su posición (aunque no se puede ver en las figuras 2-3B debido al alojamiento del vehículo del detector 34) cerca del sujeto 20, para así obtener la primera imagen de proyección en secuencia. En una realización, un vehículo del detector 34 puede incluir una protección o una parte sobre la puerta de la trayectoria del detector, y/o el hueco 38.

El hueco circunferencial o abertura 38 no solo permite que se pueda acceder para colocar la pierna sujeta u otra extremidad, sino que también permite que haya suficiente espacio para que el paciente se quede de pie en una postura normal durante la obtención de imágenes, colocando la pierna sujeta para la obtención de imágenes en la posición central a lo largo del eje β (figura 2) y la pierna contraria de la que no se toman imágenes en el interior del espacio definido por el hueco circunferencial 38. El hueco circunferencial o abertura 38 se extiende aproximadamente 180 grados menos que el ángulo en abanico (por ejemplo, entre los extremos de la trayectoria de la fuente), que está determinado por la geometría de la fuente-detector y la distancia. El hueco circunferencial o abertura 38 permite que la extremidad pueda acceder, para así colocarla centrada en su posición a lo largo del eje central β . Cuando la pierna u otra extremidad del paciente se coloca en su lugar, el vehículo del detector 34, o una cubierta encapotada o puerta hueca u otro elemento que defina esta trayectoria del vehículo, puede girar hacia su posición, cerrando la porción del detector del hueco circunferencial o abertura 38.

A modo de ejemplo, las vistas superiores de la figura 4 muestran porciones de la secuencia operacional para obtener proyecciones de TCHC de una porción de la pierna de un paciente en varias posiciones angulares cuando se utiliza el aparato de obtención de imágenes de TCHC. Las posiciones relativas de la fuente de radiación 22 y del detector 24, que pueden estar cubiertos bajo un capó o chasis, como se ha comentado anteriormente, se muestran en la figura 4. La fuente 22 y el detector 24 pueden alinearse para que la fuente de radiación 22 pueda dirigir la radiación hacia el detector 24 (por ejemplo, diametralmente opuesto) en cada posición durante el escáner de TCHC y la obtención de imágenes de proyección. La secuencia comienza en una posición 50 de escaneado inicial, estando la fuente de radiación 22 y el detector 24 en posiciones de inicio para obtener una imagen en un primer ángulo. Despues, tanto la fuente de radiación 22 como el detector 24 girar alrededor del eje β , tal y como se representa en las posiciones 52, 54, 56 y 58 de escaneado intermedias. La obtención de imágenes termina en una posición 60 de escaneado final. Tal y como muestra esta secuencia, la fuente 22 y el detector 24 están en posiciones opuestas con respecto al sujeto 20 en cada ángulo de obtención de imágenes. A lo largo del ciclo de escaneado, el detector 24 está a una distancia corta D1 del sujeto 20. La fuente 22 está colocada más allá de una distancia mayor D2 del sujeto 20. La colocación de los componentes de fuente 22 y detector 24 en cada trayectoria puede llevarse a cabo con accionadores individuales, uno para cada trayectoria de transporte, o mediante un solo elemento rotatorio, tal y como se describe con más detalle más adelante. Debería observarse que también es posible el movimiento de escaneo en la dirección opuesta, es decir, en sentido dextrógiro con respecto al ejemplo mostrado en la figura 4, realizando los cambios correspondientes en las posiciones de escaneo inicial y final.

Dada esta secuencia de operaciones básica en la que la fuente 22 y el detector 24 giran alrededor de la extremidad, se puede entender la utilidad de un sistema de obtención de imágenes que se puede adaptar a la obtención de imágenes de las extremidades de un paciente, estando el paciente sentado o de pie y con una postura en la que soporta cargas o no las soporta. La vista en perspectiva de la figura 5 muestra un aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC para la obtención de imágenes de las extremidades según una realización de la solicitud. El aparato

de obtención de imágenes 100 tiene un anillo de obtención de imágenes de cardán o escáner 110 que aloja y cubre una fuente 22 y un detector 24 en el interior de un alojamiento 78. La figura 5 muestra sus mecanismos de transporte de soporte. La altura del escáner 110 se puede ajustar y puede ser rotatorio en forma de cardán alrededor de ejes no paralelos, tal como alrededor de ejes sustancialmente ortogonales, tal y como se describe en las figuras posteriores, para así adaptarse a las diversas posturas del paciente y a las condiciones de obtención de imágenes de las extremidades. Una columna de soporte 120 soporta el escáner 110 sobre una horquilla o brazo de soporte ahorquillado 130, un elemento de soporte rígido que tiene una altura ajustable y que produce además la rotación del escáner 110 tal y como se describe más adelante. La columna de soporte 120 puede tener una posición fija, por ejemplo, puede estar montada en el suelo, en la pared o en el techo. Según las realizaciones del TCHC portátil, como las que se muestran en las figuras 6A y en otros lugares, la columna de soporte 120 se monta en una base de soporte 121 que también incluye ruedas o ruedecillas 122 opcionales para transportar y mover el aparato de obtención de imágenes 100 hasta su posición. Un panel de control 124 puede proporcionar la interfaz del operario, tal como un monitor de visualización, para introducir las instrucciones de ajuste y operación del aparato 100. En una realización, el panel de control 124 puede incluir un procesador u ordenador (por ejemplo, *hardware, firmware y/o software*) para controlar las operaciones del sistema 100 de TCHC. La columna de soporte 120 puede tener una altura fija o puede operar telescópicamente, tal como para mejorar la visibilidad cuando el aparato 100 se mueva.

Movimiento vertical y rotatorio

La figura 6A muestra las porciones de los mecanismos internos de obtención de imágenes y de colocación de ejemplo (con las cubiertas quitadas) del escáner 110, que permiten que el aparato de obtención de imágenes 100 tenga la capacidad de obtener imágenes de las extremidades con una variedad de configuraciones. La figura 6B muestra las definiciones de los ejes de rotación para la colocación del escáner 110. El eje α y el eje γ no son paralelos para permitir la acción de cardán. Según una realización de la solicitud, como se ilustra en la figura 6A, el eje α y el eje γ son ortogonales entre sí. El eje α es sustancialmente ortogonal al eje Z. La intersección del eje α y el eje γ puede estar descentrada de la columna de soporte 120 a una distancia distinta de cero.

En primer lugar, teniendo en cuenta el eje Z, la figura 6A muestra una realización de ejemplo para conseguir el movimiento vertical. En el interior de la columna de soporte 120, se acciona un elemento de traslación vertical 128 de la base móvil para desplazarla hacia arriba o hacia abajo a lo largo de la columna 120 en el interior de un riel 112 en una dirección vertical. El elemento de traslación 128 de la base móvil tiene un eje de soporte 132 acoplado a un accionador 136 para transmitir la rotación del eje α hacia el brazo de soporte 130 ahorquillado o con forma de C. El brazo de soporte 130 ahorquillado, mostrado solo parcialmente en la figura 6A para permitir una mejor visualización de los componentes subyacentes, está acoplado al eje de soporte 132. La fuente de rayos X 22 y el receptor 24 están montados sobre un pórtico rotatorio 36 para rotar alrededor de un eje de escáner o central, indicado como el eje β . El eje β es ortogonal al eje α y al eje γ .

Puede apreciarse que la traslación del eje Z se puede efectuar de varias maneras. Los desafíos que deben abordarse por el tipo de sistema que se utiliza incluyen la manipulación del peso del brazo de soporte 130 ahorquillado y del escáner de obtención de imágenes 110 que soporta el brazo 130. Este puede pesar fácilmente unas cuantas decenas de kilos. Así mismo, deben tomarse precauciones en cuanto a las condiciones de manipulación, tal como la pérdida de energía, el contacto con el paciente o los problemas mecánicos que dificultan el movimiento de colocación o la operación. Según una realización de la solicitud, tal y como se muestra esquemáticamente en la figura 6C y en la vista en perspectiva de la figura 6D, un accionador vertical 129 rota un eje roscado 123. El elemento de traslación vertical 128 de la base móvil emplea un aparato 125 de montaje de husillo de bola para convertir el movimiento rotatorio en el movimiento lineal necesario (por ejemplo, dirección z), empujando así el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil hacia arriba o permitiendo que el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil se mueva hacia abajo. Los dispositivos de traslación de husillo de bola son ventajosos para manipular cargas de gran peso y normalmente son más eficaces que otros tipos de dispositivos de traslación que utilizan dispositivos roscados. El uso de un mecanismo de husillo de bola también permite que un pequeño motor accione el eje que eleva el escáner 110 hacia su posición, y puede ayudar a eliminar la necesidad de disponer de un sistema de contrapeso complejo y voluminoso para poder controlar el movimiento vertical. Un codificador 145, como un elemento de codificador lineal, puede proporcionar señales de retroalimentación utilizadas para indicar la posición vertical del elemento de traslación vertical 128 de la base móvil.

El elemento de traslación vertical 128 de la base móvil se desplaza por dentro del riel 112 formado en la columna de soporte 120 (figura 6A); las ruedas 138 ayudan a guiar el elemento de traslación 128 por el interior de las ranuras. Las ruedas 138 duplicadas pueden ser ortogonales entre sí para facilitar el centrado dentro de la columna 120.

También se puede proporcionar un sistema de frenos para la columna de soporte 120. Los frenos 142 accionados por resorte (figura 6D) están instalados para accionar y sujetar el eje 123 u otro soporte mecánico cuando se detecten dificultades mecánicas, fallos de energía u otras situaciones. Un sensor 144, tal como una célula de carga, está configurado para detectar los movimientos rápidos o las situaciones de interferencia que no son deseables y para provocar la detención 142 del accionamiento.

Otras características de la columna de soporte 120 para la traslación vertical incluyen la redundancia integrada, con resortes para absorber el peso y el impacto, la celda de carga, para detectar un problema mecánico, incluyendo la

obstrucción por parte del paciente, y mecanismos de freno operables de manera manual.

Debería observarse que se podrían utilizar otros tipos de aparatos de traslación para proporcionar el movimiento vertical del elemento de traslación vertical 128 de la base móvil. Un procedimiento convencional para realizar el control del movimiento vertical utiliza un sistema de poleas y contrapesos para proporcionar la fuerza de elevación con ayuda de un motor. Dicho mecanismo, sin embargo, puede ser poco ventajoso porque puede añadir un peso considerable en la columna 120 y en la estructura de soporte. A pesar de estos inconvenientes relacionados con el peso, el uso de un mecanismo de polea puede ser ventajoso para permitir que un mecanismo de columna 120 telescopica o retráctil, por ejemplo, simplifique el transporte del aparato de obtención de imágenes 100 entre salas.

Mecanismo de cardán del escáner

El brazo de soporte 130 ahorquillado puede soportar el escáner 110 con un mecanismo de cardán. La fuente 22 y el detector 24 se muestran sobre el pórtico 36 en la figura 6A y cubiertos en la vista alternativa de la figura 6E. El elemento de traslación vertical 128 de la base móvil está configurado para desplazarse por un riel 112 (figura 6A) del interior de la columna de soporte 120.

Para determinadas realizaciones de ejemplo, se puede proporcionar cierto nivel de operabilidad manual, tal como para las situaciones de pérdida de energía. En una realización, una o más personas pueden elevar el brazo de soporte 130 ahorquillado hacia arriba, hacia su posición, por ejemplo, elevando el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil incluso cuando están activados los frenos 142. La elevación del brazo de soporte 130 hacia arriba no libera los frenos 142, sino que simplemente activa los frenos 142 para mantener la posición del elemento 128 en nuevos niveles.

Según una realización alternativa de la solicitud, el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil puede ser un motor que se mueve verticalmente a lo largo del eje roscado 132 de soporte; alternativamente, el elemento de traslación 128 de la base móvil puede accionarse utilizando una cadena, polea u otro mecanismo intermedio que tenga unos contrapesos considerables para elevar y hacer descender manualmente el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil y su brazo de soporte 130 ahorquillado conectado y los componentes del interior de la columna de soporte 120. Los componentes de soporte adicionales incluyen un sistema de frenos más complejo, tal como un sistema de frenos neumáticos para proporcionar una fuerza opuesta a la gravedad y así impedir el movimiento imprevisto del brazo de soporte 130 ahorquillado como precaución frente al daño o lesiones. El elemento de traslación vertical 128 de la base móvil puede automatizarse o puede ser un dispositivo de colocación operado de manera manual, que utiliza uno o más resortes o dispositivos de contrapeso para permitir que sea fácil mover manualmente el brazo de soporte 130 ahorquillado hacia su posición.

A continuación, teniendo en cuenta el movimiento del eje α del brazo de soporte 130 ahorquillado, en una realización, puede energizarse un accionador rotatorio 136 que permite la rotación del eje 132 (figura 6A). Este accionamiento rotatorio puede ser simultáneo a la traslación del eje z, así como a la rotación con respecto al eje y.

El brazo de soporte 130 ahorquillado permite el movimiento con respecto al eje y según la posición y el ángulo del brazo de soporte 130 ahorquillado. En el ejemplo de la figura 6A, el eje y está orientado en vertical, sustancialmente en paralelo al eje z. La figura 6E muestra el eje y orientado horizontalmente. Un soporte pivotante 140 con un accionador rotacional 146 proporcionado por el brazo de soporte 130 ahorquillado permite la rotación a lo largo del eje y. La combinación de cardán del eje α y del eje y pueden permitir la configuración del aparato de obtención de imágenes en distintas posiciones posibles, estando el paciente de pie, sentado o boca abajo.

Una capacidad de colocación de ejemplo del aparato de obtención de imágenes 100 se muestra en las figuras 7A-7C. La figura 7A muestra el movimiento del brazo de soporte 130 ahorquillado sobre la columna de soporte 120 para llevar a cabo la traslación (vertical) del eje z del escáner 110. La figura 7B muestra la rotación del brazo de soporte 130 ahorquillado alrededor del eje α horizontal. La figura 7C muestra la rotación alrededor del eje y, tal y como se define por la disposición de brazo en C del brazo de soporte 130 ahorquillado.

Secuencia y controles para colocar el brazo de soporte 130

De acuerdo con una realización de la presente invención, un conjunto inicial de comandos del operario configura automáticamente el aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC con un conjunto bien definido de posiciones por defecto para la obtención de imágenes, tales como los descritos más adelante. El paciente espera hasta que se completa esta configuración inicial. Despues, el paciente se coloca en el aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC y el técnico puede llevar a cabo cualquier ajuste de altura (eje z) o de rotación sobre los ejes α o y. Este tipo de ajuste preciso se realiza a velocidades bajas para mejorar la comodidad del paciente y porque, en la mayoría de los casos, solo son necesarios cambios graduales de la posición.

La figura 7D y la vista aumentada de la figura 7E muestran las estaciones de control del usuario 156, 158 que se proporcionan sobre el brazo 130 (con el escáner 110 quitado para ver mejor) para que el operario ajuste la traslación del eje z y la rotación de los ejes α y y, como se ha descrito en las figuras 7A-7C. Ambas estaciones 156 y 158 son esencialmente las mismas, duplicadas, para así permitir que el operario acceda más fácilmente a los diferentes mecanismos de obtención de imágenes de las extremidades. A modo de ejemplo, la figura 7E muestra una vista

aumentada de la estación de control 158. Un conmutador de habilitación 159 se pulsa para activar un control 160 y un indicador asociado se ilumina cuando el control 160 está activo o habilitado. Como característica de seguridad, para proteger al paciente y que no toque accidentalmente con los controles en ciertas configuraciones de obtención de imágenes, se deshabilitan una o ambas estaciones de control 156, 158. Una o ambas de estas estaciones de control 156, 158 también se pueden deshabilitar después de un período de espera tras haber pulsado el conmutador 159. Un control de detención de emergencia 162 puede detener el movimiento del aparato de obtención de imágenes, incluyendo el movimiento descendente del brazo de soporte 130.

Aún en cuanto a la figura 7E, el control 160 puede activar cualquiera de los accionadores apropiados para la traslación del eje z, la rotación del eje α y/o la rotación del eje γ . Las respuestas de ejemplo del sistema se pueden basar en las acciones del operario tal y como sigue:

- i) El movimiento vertical del eje z se efectúa pulsando el control 160 en una dirección vertical ascendente o descendente. La lógica de control ajusta la posición angular del brazo de soporte 130, de modo que la pulsación del control hacia arriba proporciona el movimiento del eje z independientemente de la orientación del brazo de soporte 130.
- ii) La rotación del eje α se efectúa rotando el control 160. El movimiento circular del control 60 en una dirección dextrógira (CW) o levógira (CCW) provoca la rotación correspondiente sobre el eje α .
- iii) La rotación del eje γ se efectúa con el movimiento horizontal de izquierda a derecha o de derecha a izquierda del control 60. En cuanto al movimiento del eje z, la lógica de control ajusta la posición angular del brazo de soporte 130, de modo que el movimiento de izquierda a derecha o de derecha a izquierda es relativo al operario, independientemente de la orientación del brazo de soporte 130.

Debería observarse que el aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC, según se muestra en la figura 6E, proporciona tres grados de libertad (DOF) para la colocación del escáner 110. Además de la traslación del eje z y la rotación sobre los ejes α y γ anteriormente descritos, las ruedecillas 122 permiten la rotación de la posición del escáner 110 con respecto al eje z, así como su traslación a lo largo del suelo.

25 Configuraciones para obtener imágenes de varias extremidades

Dada la estructura básica descrita con referencia a las figuras 6A-7D, se puede apreciar la versatilidad de colocación del escáner 110 con diversos fines. Las figuras 8-14 de a continuación muestran, a modo de ejemplo, cómo este mecanismo dispone de distintas configuraciones para la obtención de imágenes de las extremidades.

La figura 8 muestra la colocación ejemplar de un escáner 110 para examinar una rodilla, en donde el sujeto 20 es un paciente de pie. Una barra de soporte 150 opcional para el paciente puede estar instalada en la columna de soporte 120. En una realización, la barra de soporte 150 está montada en el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil. En consecuencia, a medida que se mueve el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil, se puede mover una posición correspondiente de la barra de soporte 150. Según una realización alternativa de la solicitud, la barra de soporte 150 puede estar montada en el escáner 110, tal como sobre la cubierta del escáner 110 o en el brazo de soporte 130 ahorquillado. Por el contrario, las realizaciones de la barra de soporte 150 no pueden moverse durante la obtención de imágenes o durante un escáner realizado por el escáner 110. En esta realización, el ajuste vertical a lo largo del eje z coloca la rodilla del paciente en el centro del escáner 110. El brazo de soporte 130 ahorquillado se dispone para que el plano que contiene ambos ejes, el α y el γ , sea sustancialmente horizontal. El acceso del paciente se realiza a través de una abertura, hueco circunferencial o abertura 38 del escáner 110. Una puerta 176 pivota hacia su lugar a través del hueco 38 para cerrar una parte interior del hueco circunferencial o la abertura 38. La puerta 176 encaja entre las piernas del paciente cuando se coloca la rodilla del paciente.

Se pueden montar determinadas realizaciones de ejemplo de la barra de soporte 150 opcional para el paciente en las partes móviles del aparato 100 de TCHC, preferentemente, para disponer de una relación espacial prevista para un volumen de obtención de imágenes. Para tales realizaciones, un detector de presencia 151 se puede configurar para detectar cuándo la barra de soporte 150 está montada en el sistema 100 de TCHC. Cuando se detecta, un control u otro elemento similar, por ejemplo, en el panel de control 124, puede calcular los movimientos del escáner 110 y/o del brazo de soporte 130 ahorquillado para impedir que estos choquen entre sí con la barra de soporte 150 fijada. Por lo tanto, cuando la barra de soporte 150 está montada, esta puede limitar el movimiento del escáner 110. Los detectores de presencia 151 de ejemplo pueden incluir, aunque no se limitan a detectores magnéticos, detectores ópticos, detectores electromecánicos u otros. Como se muestra en la figura 9, un par de brazos de soporte 150 extraíbles se puede fijar en el elemento de traslación vertical 128 de la base móvil y que un par de detectores de presencia 151 detecten su montaje.

Para la figura 8 y las realizaciones posteriores seleccionadas, la puerta 176, cuando ha pivotado hacia su posición cerrada, puede extender de manera eficaz la trayectoria de obtención de imágenes, protegiendo y/o proporcionando la trayectoria curvada del vehículo del detector 34, tal y como se muestra en la figura 4. Con esta disposición, cuando la puerta 176 se cierra para proteger la trayectoria del vehículo, la rodilla se puede examinar en situaciones en las que soporta cargas o en las que no soporta cargas. Cerrando la porción de la trayectoria del vehículo del detector 34 que cruza la abertura 38, la puerta 176 permite colocar la extremidad adecuadamente para obtener imágenes en 3D y que se mantenga en posición entre la fuente y el detector, a medida que estos componentes de

obtención de imágenes giran alrededor de la extremidad en la secuencia de captura de imágenes de TCHC.

La figura 9 muestra la colocación del escáner 110 para la exploración de un pie o tobillo, en la que el sujeto 20 es un paciente de pie. Con esta configuración, el escáner 110 desciende para escanear de forma más eficaz el área de interés. El plano que contiene el eje α y el eje γ es de aproximadamente 10 grados de desviación desde la horizontal, girado alrededor del eje γ . Se proporciona un escalón 116 a través del hueco circunferencial o abertura 38 para que el paciente pueda acceder.

La figura 10 muestra la colocación del escáner 110 para examinar una rodilla con el paciente sentado. Para esta configuración, el brazo de soporte 130 ahorquillado se eleva con respecto al eje z . La rotación sobre el eje α orienta el eje γ , de forma que es vertical o casi vertical. El hueco circunferencial o abertura 38 está ubicado para permitir que el paciente acceda fácilmente para la obtención de imágenes de su rodilla derecha. Debería observarse que la rotación de 180 grados alrededor del eje γ ubicaría el hueco circunferencial o abertura 38 en el otro lado del escáner 110 y permite la obtención de imágenes de la otra rodilla (izquierda).

La figura 11 muestra la colocación del escáner 110 para examinar un pie o un tobillo con el paciente sentado. Para esta configuración, el brazo de soporte 130 ahorquillado se eleva con respecto al eje z . Puede ser útil rotarlo ligeramente sobre el eje α . La rotación sobre el eje γ orienta el escáner 110 en un ángulo adecuado para la obtención de imágenes. El hueco circunferencial o abertura 38 está ubicado para que el paciente acceda cómodamente.

La figura 12 muestra la colocación del escáner 110 para examinar el dedo de un pie con el paciente sentado. Para esta configuración, el brazo de soporte 130 ahorquillado se eleva con respecto al eje z . La rotación sobre el eje γ ubica el hueco circunferencial 38 en la parte superior de la unidad, para que acceda el paciente.

La figura 13 muestra la colocación del escáner 110 para examinar una mano, estando el paciente sentado. Para esta configuración, el brazo de soporte 130 ahorquillado se eleva con respecto al eje z . La rotación sobre el eje γ ubica el hueco circunferencial 38 de forma apropiada para que acceda el paciente. La rotación sobre el eje α se puede utilizar para orientar el escáner 110 con el fin de que el paciente esté cómodo.

La figura 14 muestra la colocación del escáner 110 para examinar un codo, estando el paciente sentado. Para esta configuración, el brazo de soporte 130 ahorquillado se eleva de nuevo con respecto al eje z . La rotación sobre el eje γ ubica el hueco circunferencial 38 de forma apropiada para que acceda el paciente. La rotación adicional sobre el eje α se puede utilizar con el fin de que el paciente esté cómodo.

En una realización del aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC, el operario puede introducir en primer lugar una instrucción en la consola de control o en el panel de control 124 que especifique el tipo de examen (por ejemplo, para las configuraciones mostradas en las figuras 8-14). Despues, el sistema adapta automáticamente la configuración seleccionada, antes de ubicar al paciente. Cuando el paciente está en su sitio, pueden llevarse a cabo ajustes controlados de forma manual con respecto a las rotaciones del eje z y de los ejes α y γ , tal y como se describió anteriormente.

35 Configuración y operación del escáner

Tal y como se describe anteriormente en relación con las figuras 1-4, el escáner 110 está configurado para proporcionar unas trayectorias de desplazamiento adecuadas de la fuente de radiación 22 y del detector 24 alrededor de la extremidad de la que deben obtenerse imágenes, tal como las mostradas en las figuras 8-14. La operación del escáner 110 en dichas distintas configuraciones de ejemplo puede presentar varios requisitos que entran en conflicto de alguna manera, incluyendo los siguientes:

- i) La obtención de imágenes en un gran intervalo de ángulos, preferentemente en un arco que sobrepasa los 180 grados más el ángulo en abanico de la fuente de radiación.
- ii) La facilidad con la que el paciente accede y coloca la extremidad para una gran selección de miembros.
- iii) La capacidad para permitir posturas en las que se soporta y no se soporta carga, que permiten la obtención de imágenes con una tensión mínima para el paciente.
- iv) El cierre, para impedir que el paciente haga contacto de forma inesperada con las partes móviles.

La vista superior de la figura 15A muestra una configuración del os componentes del escáner 110 que giran alrededor de un sujeto 20 según una realización de la solicitud. Una o más fuentes 22 y el detector 24 están montados en un pórtico 36 con forma de C en voladizo que forma parte de un conjunto de vehículo 170 que puede dar vueltas de forma controlada (por ejemplo, puede girar por un arco alrededor de un eje central β). Así, la fuente 22 y el detector 24 quedan fijos el uno con respecto al otro durante su ciclo de movimiento. Un accionador 172 está montado sobre un bastidor 174 del conjunto 170 y proporciona una bisagra móvil para que el pórtico pivote. El accionador 172 puede energizarse para mover el pórtico 36 y el bastidor 174 con un sentido levógiro (CW) o dextrógiro (CCW), según sea necesario para la secuencia de escaneo. El alojamiento 184 puede reducir o mantiene alejados el polvo y los restos y/o protege mejor al operario y al paciente de que hagan contacto con las partes móviles.

La vista en perspectiva de la figura 15B muestra el bastidor 174 y el pórtico 36 del conjunto de transporte 170 con detalles añadidos. El accionador 172 coopera con una correa 178 para pivotar el bastidor 174 para mover la fuente 22 y el detector 24 alrededor del eje β . La vista en perspectiva de la figura 15C muestra el bastidor 174 con unos contrapesos 182 añadidos para mejorar el equilibrio del mecanismo en voladizo.

- 5 Debido a que una porción del arco del escáner, que es la trayectoria del detector 28 (figura 2), pasa a través del hueco circunferencial o abertura 38 que permite acceder al paciente, esta porción de la trayectoria del escáner quedaría aislada del paciente. Las figuras 16A, 16B y 16C muestran, en posiciones sucesivas para cerrar un hueco o abertura 38, una puerta deslizable 176 que está guardada en una posición retraída en el interior de un alojamiento 180 para cubrir la trayectoria del detector 28 cuando el paciente está en la posición adecuada. En una realización, la puerta 176 puede ser una estructura sustancialmente hueca que, cuando está cerrada, permite que el detector 24 pase alrededor de la extremidad del paciente. Haciendo referencia a la figura 15B, la porción del bastidor 174 del pórtico 36 que soporta el detector 24 puede pasar a través de la cámara interior hueca proporcionada por la puerta 176 durante el escáner de obtención de imágenes. Al final de la secuencia de obtención de imágenes, el bastidor 174 del pórtico 36 rota de nuevo hacia su posición de inicio y la puerta 176 se retrae hacia su posición original para que el paciente entre o salga del alojamiento 180. En una realización, el operario abre y cierra la puerta 176 manualmente. En una realización, se proporcionan seguros para que el movimiento de los componentes de transporte de escaneado (la rotación del bastidor 174 en voladizo) solo sea posible cuando se ha detectado el cierre total de la puerta 176.
- 10 La figura 16B también muestra las superficies superior e inferior 190 y 192, respectivamente, del alojamiento 180. Una superficie circunferencial exterior 194 se extiende entre y conecta las superficies superior e inferior 190 y 192. Una superficie circunferencial interior 196 está configurada para conectar las superficies superior e inferior 190 y 192 para conformar una abertura central 198 que se extienda desde la primera superficie hasta la segunda superficie, donde la abertura central 198 rodea el eje β .
- 15 La figura 16B también muestra las superficies superior e inferior 190 y 192, respectivamente, del alojamiento 180. Una superficie circunferencial exterior 194 se extiende entre y conecta las superficies superior e inferior 190 y 192. Una superficie circunferencial interior 196 está configurada para conectar las superficies superior e inferior 190 y 192 para conformar una abertura central 198 que se extienda desde la primera superficie hasta la segunda superficie, donde la abertura central 198 rodea el eje β .
- 20 Tal y como se muestra con respecto a las figuras 2 y 4, en una realización, la fuente de radiación 22 y el detector 24 pueden girar cada uno alrededor del sujeto, a lo largo de un arco con los radios R2 y R1, respectivamente. Según una realización alternativa, en el interior del vehículo de la fuente 32, se podría utilizar un accionador de fuente que cooperase con un accionador detector complementario individual que formase parte del vehículo del detector 34. Por lo tanto, un controlador lógico externo puede controlar y coordinar de forma individual dos dispositivos accionadores independientes, uno en cada conjunto de transporte, para mover la fuente 22 y el detector 24 a lo largo de sus respectivos arcos, a la vez, alrededor del sujeto 20.

En el contexto de la presente divulgación, una superficie se considera que es "sustancialmente" plana si tiene un radio de curvatura que sobrepasa, aproximadamente, los 3 metros.

- 25 La vista en perspectiva de la figura 10 muestra el aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC de las extremidades, configurado para obtener imágenes de la rodilla de un paciente sentado. En la figura 10, se puede observar que el paciente necesita espacio por fuera del volumen del escáner para colocar cómodamente la pierna de la que no se están tomando imágenes. Con este fin, el alojamiento 78 tiene una forma que proporciona espacio libre adicional.
- 30 Como se puede ver fácilmente en las figuras 8-14 y 16A-16D, el escáner de obtención de imágenes 110 tiene un alojamiento 78. Según una realización de la solicitud, el alojamiento 78 es sustancialmente cilíndrico; sin embargo, no es necesaria una forma de superficie cilíndrica para el alojamiento 78. Por sustancialmente cilíndrica se entiende que, al menos en una primera aproximación, la forma de la superficie del alojamiento 78 se acerca mucho a un cilindro, con algunas diferencias con respecto a la definición geométrica estricta de un cilindro y con un hueco periférico y algunas características adicionales para la conexión y la interfaz de los componentes que, en sí, no son cilíndricos.

- 35 Las figuras 17A-17D muestran varias características que son de interés para entender cómo está configurado y opera el escáner 110 (por ejemplo, cómo escanea). La figura 17A muestra cómo el hueco periférico 38 se forma con el alojamiento 78, según una realización de la solicitud. El volumen 228 del escáner, esbozado con una línea discontinua, está definido por las trayectorias de la fuente y el detector 26 y 28, tal como se ha descrito anteriormente, y normalmente incluye, al menos, una porción del eje β . Un volumen central interior 230 puede estar definido por la superficie S2 del alojamiento 78 y normalmente puede albergar el volumen 228 del escáner. El volumen central interior 230 también puede estar definido por la puerta 176 cuando está cerrada, tal y como se muestra en la figura 17C. El hueco periférico 38 es contiguo al volumen central interior 230 cuando la puerta 176 está en la posición abierta (por ejemplo, total o parcialmente abierta).
- 40 La figura 17A muestra el transporte de la fuente 32 y el transporte del detector 34 en un extremo de la trayectoria de escaneado, que puede ser bien el comienzo o bien el final del escáner. La figura 17B muestra el transporte de la fuente 32 y el transporte del detector 34 en el otro extremo de la trayectoria del escáner. Debería observarse que la fuente 22 está desviada a lo largo del transporte de la fuente 32. Con esta asimetría, el grado de desplazamiento de la fuente 22 con respecto a la superficie S3 del alojamiento 78 se diferencia de su grado de desplazamiento con respecto a la superficie S4. En la posición de desplazamiento de extremo mostrada en la figura 17B, la fuente 22
- 45
- 50
- 55

- 50
- 55 La figura 17A muestra el transporte de la fuente 32 y el transporte del detector 34 en un extremo de la trayectoria de escaneado, que puede ser bien el comienzo o bien el final del escáner. La figura 17B muestra el transporte de la fuente 32 y el transporte del detector 34 en el otro extremo de la trayectoria del escáner. Debería observarse que la fuente 22 está desviada a lo largo del transporte de la fuente 32. Con esta asimetría, el grado de desplazamiento de la fuente 22 con respecto a la superficie S3 del alojamiento 78 se diferencia de su grado de desplazamiento con respecto a la superficie S4. En la posición de desplazamiento de extremo mostrada en la figura 17B, la fuente 22

está a más del doble de la distancia desde la superficie S4 que lo que lo está la fuente 22 de la superficie S3 en la otra posición de desplazamiento de extremo mostrada en la figura 17A. En una realización, los inventores utilizaron esta diferencia para ganar espacio libre adicional para la colocación del paciente con el paciente sentado.

5 La figura 17C muestra la configuración del alojamiento 78. En el contexto de la presente divulgación, se considera que la superficie superior 190 está alineada con la parte superior de, al menos parcialmente por encima de, o por encima del volumen 228 del escáner; la superficie inferior 192 está alineada con la parte inferior de, al menos parcialmente por debajo, o por debajo del volumen 228 del escáner. En una realización, la superficie superior 190 o la superficie inferior 192 pueden intersecar una porción del volumen 228 del escáner. Tal y como se muestra en la figura 17C, el volumen 228 del escáner puede ser cilíndrico o circularmente cilíndrico. Sin embargo, las realizaciones de ejemplo de la solicitud están pensadas para ser utilizadas con otras áreas de escaneado en 2D y/o volúmenes de escaneado en 3D conocidas. La cubierta del alojamiento 78 puede ser de metal, fibra de vidrio, plástico u otro material adecuado. De acuerdo una realización, al menos las porciones de las superficies superior e inferior 190 y 192 son sustancialmente planas.

10 Tal y como se muestra en las figuras 17A-17C, el escáner 110 tiene un número de superficies que definen su forma y la forma del hueco periférico o abertura 38:

- 15 i) Una superficie S1 de conexión exterior se extiende entre una porción de la superficie superior 190 y una porción de la superficie inferior 192 para comprender, al menos parcialmente, la fuente y el detector; al menos una porción de la superficie de conexión exterior se extiende por fuera de la trayectoria por la que se desplaza la fuente durante el escaneado; las realizaciones de la superficie S1 de conexión superior mostradas en las figuras 17A-17C proporcionan una superficie arqueada que es generalmente circular en un radio R5 alrededor del centro β y que se extiende entre los bordes E1 y E2 del alojamiento.
- 20 ii) Una superficie S2 de conexión interior se extiende entre una porción de la primera superficie y una porción de la segunda superficie para definir un volumen 230 central interior que incluye una porción del volumen 228 del escáner; en la realización mostrada en la figura 17D, la superficie S2 de conexión interior está aproximadamente en el radio R4 desde el eje β . Al menos las porciones de la superficie S2 de conexión interior pueden ser cilíndricas.
- 25 iii) Otras superficies de conexión pueden incluir opcionalmente una superficie S3 que se corresponda con un primer extremo de la trayectoria de desplazamiento del vehículo de la fuente 32 (figuras 17A-17B) y que sea adyacente a la superficie curvada S1 a lo largo de un borde E1, en la que la superficie S3 se extiende hacia dentro, hacia la superficie S2 interior curvada; y una superficie S4 que se corresponda con un segundo extremo, en el extremo final opuesto de la trayectoria de desplazamiento desde el primer extremo del vehículo de transporte 32 y que sea adyacente a la superficie S1 curvada a lo largo de un borde E2, en la que la superficie S4 se extiende hacia dentro, hacia la superficie S2 interior curvada. De acuerdo una realización, las superficies S3 y S4 son sustancialmente planas y el ángulo entre las superficies S3 y S4 es mayor que aproximadamente 90 grados. En general, se pueden extender otros tramos de superficie adicionales (por ejemplo, tramos cortos de superficie lineal o curvada) entre o comprender cualquiera de las superficies S1-S4.

30 Las superficies S1, S2 de conexión interior y exterior y, opcionalmente, otras superficies, definen el hueco periférico o abertura 38 contiguo al volumen central interior 230 y se extienden hacia fuera, para intersecar la superficie S1 de conexión exterior y formar un hueco 38 como rebaje angular que se extienda más allá o hacia donde la superficie S1 de conexión exterior cruzase, si se extendiera, la abertura 38. Tal y como se muestra en la figura 17D, un ángulo central de un primer arco A1, que está definido por un centro ubicado en el interior del volumen del escáner y entre los bordes del hueco periférico 38, determinado en una primera distancia radial R4 por fuera del volumen del escáner, es menor que un ángulo central de un segundo arco A2, que está definido por el primer centro de arco y entre los bordes del hueco periférico 38 en una segunda distancia radial R3 por fuera del volumen del escáner, donde la segunda distancia radial R3 es mayor que la primera distancia radial R4. En una realización, tal y como se muestra en la figura 17D, una primera distancia que está definida entre los bordes del hueco periférico 38, determinados en una primera distancia radial R4 por fuera del volumen del escáner, es menor que una segunda distancia entre los bordes del hueco periférico 38 en una segunda distancia radial R3 por fuera del volumen del escáner, donde la segunda distancia radial R3 es mayor que la primera distancia radial R4. Según una realización, los arcos A1 y A2 están centrados alrededor del eje β , tal y como se muestra en la figura 17D, y los bordes del hueco 38 están definidos, en parte, por las superficies S3 y S4 del alojamiento 78.

40 El espacio necesario para la anatomía del paciente, tal como el descrito con referencia a la figura 10, puede proporcionarse cuando el ángulo central del arco A2 es lo suficientemente grande para alojar la extremidad de la que deben obtenerse imágenes. Según una realización, el ángulo central del arco A2 entre los bordes del hueco 38 sobrepasa el ángulo central del arco A1 al menos aproximadamente 5 grados; de manera más ventajosa, el ángulo central del arco A2 sobrepasa el ángulo central del arco A1 al menos 10 o 15 grados.

45 Las vistas en perspectiva de las figuras 8-14 muestran varias configuraciones del aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC de las extremidades para obtener imágenes de los miembros de un paciente. Para cada una de estas configuraciones, el miembro u otra extremidad del paciente debe colocarse en el centro del escáner 110 y debe proporcionarse espacio para la extremidad contraria. Como se describe en el presente documento, el hueco periférico o abertura 38 se proporciona para permitir que haya espacio de acceso para el paciente y espacio libre

para otras partes de la anatomía del paciente. La puerta 176 retrocede hacia el alojamiento 78 hasta que el paciente está colocado; entonces, la puerta 176 pivota hacia su sitio para proporcionar una trayectoria de transporte adecuada del receptor de obtención de imágenes, el detector 24, aislado del paciente del que se están tomando imágenes.

5 La figura 16A muestra el escáner 110 con la puerta 176 en la posición abierta, sin obstruir la abertura 38, es decir, manteniendo despejada la abertura 38, permitiendo que el paciente acceda y coloque su extremidad en la abertura 38. La figura 16C es una vista superior que muestra el escáner 110 con la puerta 176 en la posición cerrada, sujetada por un pestillo 92. Así, la puerta 176 se extiende hacia la abertura 38, albergando una porción de la abertura 38 para obtener imágenes de la extremidad del paciente. Un sensor 82 proporciona una señal de interbloqueo que indica, al menos, si la puerta 176 está en la posición cerrada o en alguna otra posición. Hasta que la puerta 176 se cierra gracias al pestillo, se impide el movimiento de los componentes internos del escáner 110, como el del pórtico 36 con forma de C. Un disparador 90 quita el pestillo de la puerta 176 para liberarla de su posición cerrada. Tal y como se muestra en las figuras 16C y 16D, el asa 76 puede estar fuera de la abertura 38, como a lo largo de la superficie S1, tal y como se muestra, para abrir o cerrar la puerta 176. La colocación del asa 76 u otro tipo de dispositivo de cierre de puertas por fuera de la abertura 38 es ventajosa para la comodidad del paciente cuando se cierre o abra la puerta 176. Tal y como se muestra en las realizaciones de ejemplo de las figuras 16C y 16D, el asa 76 está acoplada de manera operativa a la puerta 176, de modo que el movimiento del asa 76 hacia una dirección prevista, tal como a lo largo de la circunferencia del alojamiento 78 del escáner 110 (por ejemplo, una dirección correspondiente o en la dirección levógiro mostrada), provoca el movimiento correspondiente de la puerta 176 (por ejemplo, en la misma dirección). En una realización, el movimiento en sentido levógiro del asa 76 provoca el movimiento levógiro de la puerta 176, extiende la puerta 176 hacia la abertura y cierra la puerta 176; el movimiento dextrógiro del asa 76 provoca el movimiento dextrógiro de la puerta 176 y abre la puerta 176, de forma que no obstruya la abertura o se mueva hasta una posición que esté alejada de la abertura.

25 Según una realización, el operario pivota, cierra y abre de manera manual la puerta 176. Esto permite que el operario soporte de manera más cuidadosa al paciente y a la extremidad de la que deben tomarse imágenes. Según una realización alternativa, se proporciona un accionador para cerrar o abrir automáticamente la puerta.

30 La figura 18A es una vista en sección transversal que muestra la forma de la puerta 176 en la posición en el interior del alojamiento 78 desde una vista lateral. Como puede verse claramente en esta figura, la puerta 176 es sustancialmente hueca; su función es proporcionar una carcasa protectora o cubierta que aísla al paciente del detector y proteja al paciente frente al contacto accidental con las partes móviles del mecanismo de escaneado. Con esta disposición, la puerta 176 proporciona un conducto hueco 84 para el detector 24 durante un escáner de obtención de imágenes. Una superficie interna 96, que se orienta hacia las porciones del alojamiento 78, preferentemente mantiene la forma cilíndrica de una cámara de escaneado 228 en el interior del escáner 110. De acuerdo con una realización de la presente invención, el conducto hueco 84 es sustancialmente tubular.

35 El diseño de la puerta 176 tiene un número de características que ayudan a mejorar la comodidad del paciente y a utilizar el aparato de obtención de imágenes 100 de TCHC de las extremidades. Una característica se refiere a la forma en sección transversal de la puerta 176 o, al menos, a una porción de la puerta 176 (por ejemplo, una superficie exterior), tal y como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 18B. La puerta 176 está ahusada, de forma que es más ancha en su sección intermedia y se estrecha en la dirección del eje central β. Por lo tanto, la puerta 176 tiene forma de cilindro o de cuña en sección transversal. Segundo otra realización alternativa, una porción de la puerta 176 tiene muescas o características distintas que proporcionen un perfil más adecuado para ubicar al paciente sin obstruir el conducto hueco 84 interno. La figura 18B muestra el ahusamiento del perfil de la puerta en sección transversal, donde la anchura w2 se reduce desde la anchura w1 al menos aproximadamente un 5 %. En una realización, la anchura w2 se reduce desde la anchura w1 al menos aproximadamente un 30-50 %. La figura 18C es una vista en perspectiva de la puerta, que muestra el conducto hueco 84 con líneas discontinuas para indicar la trayectoria del detector 28 a través de la puerta y una porción de cierre 188, descrita con más detalle más adelante. La figura 18D una vista superior de la puerta 176, que muestra un punto de pivotaje 202 sobre el que pivota la puerta 176 hacia la posición abierta o cerrada. Preferentemente, el ahusamiento de la puerta 176 está configurado para que las superficies/formas externas mantengan preferentemente una forma correspondiente al orificio de obtención de imágenes restante y para reducir las dimensiones en sección transversal para que sea más fácil para el paciente.

55 Las figuras 19A y 19D muestran, desde una vista superior, la rotación angular relativa del pórtico 36 a medida que pivota sobre el eje β en distintos intervalos angulares de la secuencia de escaneado y cómo el conducto 84 proporcionado por la puerta 176 permite un amplio abanico angular de desplazamientos para la órbita del detector 24 alrededor del sujeto del que se están obteniendo imágenes en el interior del volumen 228 del escáner. Esta secuencia muestra cómo la puerta 176 cubre o rodea, pero no obstruye, la trayectoria 28 del detector y muestra cómo la trayectoria 28 del detector pasa a través del interior hueco de la puerta 176 para obtener imágenes cuando el paciente se coloca correctamente y la puerta 176 pivota hacia su sitio y se cierra.

60 La figura 19A muestra la posición inicial del pórtico 36 en un ángulo θ0 justo cuando la puerta 176 se acaba de cerrar. La fuente 22 y el detector 24 están en una posición de reposo o predeterminada en el ángulo θ0. La trayectoria 28 del detector se extiende hacia la porción hueca de la puerta 176, tal y como se muestra.

La figura 19B muestra el pórtico 36 girado hacia un segundo ángulo θ_1 durante la obtención de imágenes, en una posición inicial del escáner. A continuación, una porción del detector 24 se extiende hacia el conducto hueco 84 de la puerta 176.

5 La figura 19C muestra el pórtico 36 girado hacia un tercer ángulo θ_2 a medida que el escaneado continúa. A continuación, el detector 24 se vuelve a extender hacia el alojamiento 78, a través de la puerta 176.

La figura 19D muestra el pórtico 36 girado hacia un cuarto ángulo θ_3 cerca del extremo de su trayectoria del escáner. A continuación, el detector 24 se extiende y pasa la puerta 176 y va hacia el alojamiento 78.

Cuando se completa la secuencia de obtención de imágenes, el pórtico 36 rota de nuevo hacia su posición de reposo (figura 19A), de forma que la puerta 176 pueda abrirse para que el paciente salga de la abertura 38.

10 Como muestra la secuencia de las figuras 19A-19D, la configuración de la puerta 176 con el conducto hueco 84 protege, pero no obstruye la trayectoria 28 del detector, lo que permite que el pórtico 36 con forma de C se desplace por un abanico de ángulos considerable. Debe observarse que el abanico total de desplazamientos angulares no tiene por qué ser necesario para obtener imágenes de un caso en particular. También debería observarse que las figuras 19A-19D muestran la rotación del pórtico 36 en una dirección dextrógira (CW); la rotación del pórtico 36 para obtener imágenes podría llevarse a cabo alternativamente en una dirección levógira (CCW), pasando de un ángulo θ_3 al ángulo θ_0 según una realización alternativa de la presente invención.

Como se ha comentado anteriormente, se proporciona un mecanismo de interbloqueo, que impide el movimiento del pórtico 36 con forma de C, a menos que la puerta 176 esté totalmente cerrada a través de la abertura 38. Según una realización alternativa, se proporciona un mando de operario para poder permitir una operación de escaneado desde una posición con la puerta 176 parcialmente abierta.

20 Las figuras 20A y 20B muestran, de manera ligeramente exagerada para destacarlas, las ventajas para la comodidad y ubicación del paciente proporcionadas por la forma curvada o perfil con forma de cilindro de la puerta 176 con respecto a la postura de pie del paciente 12. Las anchuras W1, W2 y W3 se miden en una dirección que es ortogonal con respecto al eje central β . La anchura W2 reducida en al menos cierta parte de la puerta 176, tal y como se muestra en la figura 20B, proporciona el espacio para las rodillas o pantorrillas del paciente y permite que adopte una postura de pie más natural durante la obtención de imágenes. Con este fin, la anchura W2 es menor que la anchura W3 al menos aproximadamente un 10 %. Si las paredes de la puerta 176 fueran rectas, es decir, con la misma anchura W1 sin una parte más estrecha W2, como en la figura 20A, la ubicación del paciente para varios tipos de exploraciones sería menos natural y menos cómoda para ciertos pacientes.

25 30 Según una realización alternativa, otra característica de la puerta 176 es una porción de cierre 188 que puede cubrir una abertura 88 de la puerta del alojamiento 78 antes, durante o después de que la puerta se cierre.

35 La vista en perspectiva de la figura 21, con la cubierta del alojamiento 78 quitada para ver las partes internas, muestra otra característica de la puerta 176. Una porción de cierre 188 se proporciona como parte de la puerta 176 para cubrir el hueco que, de otra forma, quedaría expuesto cuando la puerta se cerrase. Esta cubierta la protege de la suciedad y los restos y ayuda a prevenir que el paciente toque o vea las partes internas móviles del escáner 110. Según una realización alternativa, un borde 94 de la porción de cierre 188 está conectado al alojamiento 78 y la porción de cierre 188 se pliega o dobla en su sitio a medida que la puerta 176 pivota hacia su posición cerrada.

40 45 Los sistemas de obtención de imágenes radiográficas suelen utilizar una rejilla lineal como dispositivo de antidifusor que mejore el contraste y la relación señal/ruido (S/R) en las imágenes radiográficas. Una rejilla suele incluir una serie de tiras de láminas de plomo que bloquean los rayos X, separadas por separadores, que dejan pasar los rayos X. La separación de las tiras determina la frecuencia de rejilla, y la altura a distancia entre las tiras de plomo determina el índice de rejilla. Estas y otras características pueden variar dependiendo de la energía de radiación que se utilice para una imagen en particular. La calibración del detector tiene en cuenta las características de la rejilla, de forma que se utilizan distintos datos de calibración para distintas rejillas.

50 55 Determinadas realizaciones de ejemplo según la solicitud pueden facilitar el acceso a la rejilla para sustituirla con una rejilla distinta o para retirar la rejilla de la trayectoria de obtención de imágenes. El escáner 110 tiene características que permiten el acceso directo y retirada de la rejilla y que proporcionan un registro repetible de la rejilla frente al detector cuando la rejilla vuelve a su posición. Los sistemas de obtención de imágenes convencionales de TCHC no permiten el acceso de detectores de paneles planos incorporados y, en particular, no permiten el acceso a detectores de paneles planos incorporados sin invalidar las certificaciones eléctricas, lo que puede requerir varias recertificaciones del sistema de obtención de imágenes de TCHC antes de su uso posterior.

En una realización de acuerdo con la invención, cuando es necesario sustituir o retirar la rejilla antes de obtener imágenes, el operario lleva a cabo una serie de etapas preliminares:

i) Coloca el sistema de obtención de imágenes en un modo adecuado para sustituir la rejilla. Esto se realiza, por ejemplo, mediante una instrucción del operario introducida en una consola de comandos. Como respuesta a esta instrucción, el sistema deshabilita temporalmente su capacidad de obtención de imágenes y mueve el pórtico

interno hacia una posición apropiada para acceder a la rejilla.

ii) Accede y retira la rejilla de su posición frente al detector. Esta retirada se puede realizar con la mano, es decir, de forma manual. En una realización, no son necesarias herramientas.

iii) Opcionalmente, instala una rejilla alternativa en su lugar.

5 iv) Restaura el modo de operación del sistema de obtención de imágenes. Una segunda instrucción del operario, por ejemplo, indica que se ha completado el procedimiento de extracción de la rejilla, haciendo que el pórtico 36 se retraiga hacia su posición de descanso apropiada, lista para obtener imágenes.

La figura 22A es una vista superior del escáner de obtención de imágenes 110 que muestra el pórtico 36 rotado hasta una posición de extracción de la rejilla dentro del alojamiento 78. La rejilla 242 se monta frente al detector 24 y se puede acceder a ella para retirarla en esta posición. La puerta (no mostrada en la figura 22A para ser más claros) pivota para despejar la abertura 38 y extraer la rejilla 242. En una realización, esta extracción se puede realizar a través de una abertura proporcionada en la puerta. Como alternativa, la extracción de la rejilla 242 se puede realizar a través de una abertura proporcionada en la superficie superior o inferior del escáner, o en una pared lateral del hueco 38.

10 15 La figura 22B es una vista en perspectiva del escáner 110 con el pórtico 36 rotado hasta su posición de extracción, habiendo eliminado la puerta y otros componentes internos del escáner 110 para que se vea más claramente. Las abrazaderas 244 y un retén 246 pueden instalar la rejilla 242 en su lugar y registrarla frente al detector 24. Según una realización alternativa, se proporcionan topes para que la rejilla 242 quede colocada de manera más precisa. La figura 22C muestra la rejilla 242 retirada de su posición.

20 25 30 Según una realización, un sensor (no mostrado) detecta la presencia o ausencia de la rejilla 242 e informa de su extracción a un ordenador asociado o procesador específico que procesa los datos de imagen del detector 24. Esto hace que se utilicen distintas tablas de calibración u otros datos, dependiendo de si la rejilla 242 está o no en su posición y/o el tipo de rejilla instalada.

35 40 45 En una realización, en su posición frente al detector 24 a lo largo de la trayectoria del detector, la rejilla 242 queda limitada por seis grados de libertad (DOF). Estos se proporcionan como tres puntos de limitación frente al detector 24, dos puntos de limitación frente al retén 246 y un solo punto de limitación frente a la abrazadera 244.

50 55 60 Las realizaciones de ejemplo del presente documento pueden proporcionar un aparato de obtención de imágenes para la obtención de imágenes de tomografía computarizada de haz cónico de una extremidad de un paciente, el aparato puede incluir una estructura de soporte que incluya una columna de soporte; un elemento de traslación vertical para colocarlo en una dirección de altura con respecto a una posición de altura a lo largo de la columna de soporte; un brazo de soporte rígido ahorquillado que está configurado para extenderse entre un primer extremo y un par de extensiones, donde el primer extremo del brazo de soporte rígido ahorquillado está acoplado de forma rotatoria al elemento de traslación vertical, donde la rotación del primer extremo del brazo de soporte rígido ahorquillado es de aproximadamente un eje α que interseca el elemento de traslación vertical; y un conjunto de escáner, que puede incluir un escáner que comprende una fuente de radiación que se puede energizar para dirigir la radiación hacia un detector durante las operaciones de obtención de imágenes del aparato de obtención de imágenes, y un alojamiento del escáner que alberga, al menos, una porción del escáner, donde la fuente de radiación y el detector están configurados para rotar, al menos, 180 grados con una relación espacial específica en el interior del alojamiento del escáner, donde el alojamiento del escáner está acoplado rotatoriamente entre el par de extensiones del brazo de soporte rígido ahorquillado para rotar alrededor de un eje γ que no es paralelo al eje α .

En una realización, El eje α es sustancialmente ortogonal al eje γ . En otra realización, el eje α está configurado para intersecar el γ . En una realización, la fuente de radiación y el detector están configurados para rotar al menos 180 grados alrededor de un eje β que es sustancialmente ortogonal al eje γ , donde el eje β pasa a través de una superficie superior y de una superficie inferior de un alojamiento del escáner. En una realización, donde el alojamiento del escáner puede incluir una primera superficie; una segunda superficie; una superficie circunferencial exterior, configurada para conectar la primera y segunda superficies; y una superficie circunferencial interior, configurada para conectar la primera y segunda superficies y conformar una abertura central que se extienda desde la primera superficie hasta la segunda superficie, donde la abertura central rodea un eje β que es ortogonal al eje γ ; donde un hueco periférico es continuo a la abertura central para conformar un rebaje angular que se extiende desde el eje β más allá de la superficie circunferencial exterior.

55 60 En una realización, un alojamiento del escáner define una abertura circunferencial que se extiende radialmente desde un eje longitudinal interno hasta una superficie circunferencial radialmente externa del alojamiento, donde la abertura circunferencial que se extiende radialmente se extiende desde una superficie inferior hasta una superficie superior del alojamiento. En una realización, puede configurarse una puerta para moverse recíprocamente entre una primera posición y una segunda posición, donde, en la primera posición, la puerta se coloca para extenderse a través de y albergar una porción del hueco circunferencial, y donde, en la segunda posición, la puerta se coloca para despejar la porción del hueco circunferencial, donde la columna de soporte se extiende desde una base de soporte. En una realización, la puerta puede incluir una porción de cierre que cubre un hueco del alojamiento del escáner después de, al menos, cerrar la puerta, en la que la puerta tiene una superficie cilíndrica que se orienta hacia la pared interna del alojamiento.

- En una realización, un aparato de TCHC puede incluir además un accionador rotacional del eje α , que se puede energizar para rotar el brazo de soporte ahorquillado alrededor del eje α ; un accionador rotacional del eje γ , que se puede energizar para rotar el escáner alrededor del eje γ ; y un control de operario para, al menos, el accionador rotacional del eje α , el accionador rotacional del eje γ y el accionador vertical. En una realización, un mecanismo de freno puede detener el movimiento de, al menos, el elemento de traslación vertical de la base móvil con la pérdida de energía, donde el accionador vertical comprende un mecanismo de husillo de bola o una polea. Una realización puede incluir al menos un control de operario remoto proporcionado cerca del alojamiento del escáner, el al menos un control remoto del operario para controlar el accionador vertical, un accionador del eje α para girar el brazo de soporte rígido ahorquillado alrededor del eje α , y un accionador del eje γ para rotar el escáner alrededor del eje γ .
- 5 En una realización, un aparato de TCHC puede incluir un accionador asible, donde el movimiento continuo del accionador asible en el eje α mueve el conjunto del escáner de forma continua en la dirección del eje α , donde el movimiento continuo del accionador asible en una dirección horizontal mueve el conjunto del escáner de manera continua en la dirección del eje γ , y donde un movimiento continuo del accionador asible en el eje vertical mueve el conjunto del escáner de forma continua en la dirección del eje vertical. En otra realización, un aparato de TCHC 10 puede incluir un accionador asible, donde el primer movimiento correspondiente del accionador asible está configurado para mover el conjunto del escáner en la dirección del eje α , donde un segundo movimiento correspondiente del accionador asible está configurado para mover el conjunto del escáner en la dirección del eje γ , y donde un tercer movimiento correspondiente del accionador asible está configurado para mover el conjunto del escáner en la dirección del eje vertical.
- 15 20 Consecuente con al menos una realización, los procedimientos/aparatos ejemplares pueden utilizar un programa informático con instrucciones almacenadas que se llevan a cabo en los datos de imagen a las que se puede acceder desde una memoria electrónica. Como podrán apreciar los expertos en la materia en las técnicas de procesamiento de imágenes, se puede utilizar un programa informático de una realización del presente documento con un sistema informático con fines generales adecuado, tal como un ordenador personal o estación de trabajo. Sin embargo, se 25 pueden utilizar muchos otros tipos de sistemas informáticos para ejecutar el programa informático de las realizaciones ejemplares descritas, incluyendo un mecanismo de procesadores en red, por ejemplo.

El programa informático para llevar a cabo los procedimientos de determinadas realizaciones de ejemplo, descritas en el presente documento, se puede almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Este medio puede comprender, por ejemplo; un medio de almacenamiento magnético, tal como un disco magnético, tal como un disco duro o dispositivo extraíble o cinta magnética; un medio de almacenamiento óptico, tal como un disco óptico, una cinta óptica o una codificación óptica legible mecánicamente; dispositivos electrónicos de almacenamiento de estado sólido, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) o una memoria de solo lectura (ROM); u otro dispositivo o medio físico empleado para almacenar un programa informático. Los programas informáticos para llevar a cabo los procedimientos ejemplares de las realizaciones descritas también se pueden almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador que esté conectado al procesador de imágenes a través de internet u otra red o medio de comunicación. Los expertos en la materia identificarán fácilmente que el equivalente de un producto de programa informático de ese tipo también podrá elaborarse como *hardware*.

Debería observarse que el término "memoria", equivalente a "memoria accesible por ordenador" en el contexto de la presente divulgación, se puede referir a cualquier tipo de espacio de trabajo de almacenamiento de datos temporales o más duraderos utilizado para almacenar y operar con datos de imágenes y que puede acceder a un sistema informático, incluyendo una base de datos, por ejemplo. La memoria podría ser no volátil utilizando, por ejemplo, un medio de almacenamiento a largo plazo, tal como un almacenamiento magnético u óptico. Como alternativa, la memoria podría ser de naturaleza más volátil, utilizando un circuito electrónico, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) utilizada como *buffer* temporal o espacio de trabajo con un microprocesador u otro dispositivo procesador de lógica de control. Los datos de visualización, por ejemplo, se suelen almacenar en un *buffer* de almacenamiento temporal que se puede asociar directamente a un dispositivo de visualización y que se actualiza periódicamente según sea necesario para proporcionar los datos visualizados. Este *buffer* de almacenamiento temporal también puede considerarse una memoria, ya que el término se utiliza en la presente divulgación. La memoria también se utiliza como espacio de trabajo de datos para ejecutar y almacenar resultados intermedios y finales de cálculos y otros procesamientos. La memoria accesible por ordenador puede ser volátil, no volátil o una combinación híbrida del tipo volátil y no volátil.

Se entenderá que los productos del programa informático de las realizaciones ejemplares del presente documento pueden utilizar varios algoritmos y procesos de manipulación de imágenes que son muy conocidos. Se entenderá además que las realizaciones de producto del programa informático ejemplar del presente documento pueden representar algoritmos y procesos no mostrados o descritos específicamente en el presente documento, que son útiles para su implementación. Dichos algoritmos y procesos pueden incluir herramientas convencionales que se encuentran dentro de las competencias habituales de la técnica de procesamiento de imágenes. Los aspectos adicionales de dichos algoritmos y sistemas y del *hardware* y/o *software* para producir y procesar de otra manera las imágenes, o que cooperan con el producto del programa informático de la solicitud, no se muestran o describen específicamente en el presente documento y se pueden seleccionar a partir de dichos algoritmos, sistemas, *hardware*, componentes y elementos conocidos en la técnica.

Debería observarse que, aunque la presente descripción y los ejemplos se refieren principalmente a la obtención de imágenes radiográficas médicas de un humano u otro sujeto, las realizaciones del aparato y de los procedimientos de la presente solicitud también son compatibles con otras aplicaciones de obtención de imágenes radiográficas. Estas incluyen aplicaciones como análisis no destructivos (AND), para los que se pueden obtener imágenes

- 5 radiográficas y pueden someterse a distintos tratamientos de procesamiento para acentuar distintas características del sujeto del que se han obtenido imágenes.

Aunque en el presente documento, en ocasiones, se describen con respecto a los sistemas de radiografía digital de TCHC, las realizaciones de la solicitud no están pensadas para estar limitadas de esa forma. Por ejemplo, otro sistema de obtención de imágenes de RD, como sistemas de obtención de imágenes de RD dentales, sistemas de 10 obtención de imágenes de RD móviles o sistemas de obtención de imágenes de RD fijos pueden utilizar las realizaciones del procedimiento y aparato según la solicitud. Como se describe en el presente documento, un detector/capturador de imágenes de RD de panel plano exemplar es capaz de obtener imágenes con un solo disparo (radiográficas) o continuas (fluoroscópicas). Así mismo, se puede utilizar un sistema de obtención de imágenes de RD de TC de haz en abanico.

- 15 Los detectores de RD ejemplares se pueden clasificar como el del "tipo de conversión directa", para convertir directamente la radiación en una señal electrónica, y el del "tipo de conversión indirecta", para convertir la radiación en fluorescencia y convertir la fluorescencia en una señal electrónica. Un detector radiográfico de tipo de conversión indirecta incluye, por lo general, un centellador, para recibir la radiación y generar fluorescencia con la resistencia según la cantidad de radiación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de obtención de imágenes (10, 100) para la obtención de imágenes de tomografía computarizada de haz cónico de una extremidad de un paciente, comprendiendo el aparato (10, 100):
 - 5 una base de soporte (121) que incluye una columna de soporte (120) montada en esta, estando adaptada dicha base de soporte (121) para transportar y mover el aparato de obtención de imágenes (100) en su posición, teniendo la columna de soporte (120) un riel (112) conformado en su interior;
 - 10 un elemento de traslación vertical (128), adaptado para desplazarse por dentro de dicho riel (112) para colocarse en una posición de altura a lo largo de la columna de soporte (120);
 - 15 un brazo de soporte (130) rígido ahorquillado, acoplado de manera rotatoria al elemento de traslación vertical (128), y que comprende un primer extremo acoplado al elemento de traslación vertical (128) y configurado para extenderse entre dicho primer extremo y un par de extensiones, cuando la rotación del brazo de soporte (130) rígido ahorquillado es de aproximadamente un eje α que interseca el elemento de traslación vertical (128); y un conjunto de escáner que comprende:
 - 20 un escáner (110) que comprende un detector (24) y una fuente de radiación (22) que se puede energizar para dirigir la radiación hacia el detector (24) mientras la fuente de radiación (22) y el detector (24) giran alrededor de un eje β de escáner durante las operaciones de obtención de imágenes del aparato de obtención de imágenes (10, 100);
 - 25 y un pótico rotatorio (36) que tiene dicho detector (24) y dicha fuente de radiación (22) montados encima para girar la fuente de radiación (22) a lo largo de una trayectoria circular (26) de la fuente de radiación y para girar el detector (24) a lo largo de una trayectoria circular (28) del detector, extendiéndose la trayectoria circular (26) de la fuente de radiación y la trayectoria circular (28) del detector más de 180 grados y menos de 360 grados alrededor del eje β del escáner en el interior de un alojamiento (78) del escáner,
 - 30 en el que el alojamiento (78) del escáner está adaptado para albergar la fuente de radiación (22) cuando la fuente de radiación (22) gira gracias al pótico (36) a lo largo de la trayectoria circular (26) de la fuente de radiación y para albergar el detector (24) cuando el detector (24) gira a lo largo de una porción de la trayectoria circular (28) del detector, estando la trayectoria circular (26) de la fuente de radiación en el interior del alojamiento (78) del escáner en un radio R2 entre la trayectoria (26) de la fuente de radiación y el eje β del escáner, estando la trayectoria circular (28) del detector parcialmente en el interior del alojamiento (78) del escáner en un radio R1 entre la trayectoria (28) del detector y el eje β del escáner, siendo el radio R2 mayor que el radio R1, y en el que el alojamiento (78) del escáner comprende un hueco periférico (38) que coincide con un hueco (38) de la trayectoria (26) de la fuente de radiación, estando el alojamiento (78) del escáner rotatoriamente acoplado entre el par de extensiones del brazo de soporte (130) rígido ahorquillado para rotar alrededor de un eje γ y que no es paralelo al eje α , y
 - 35 en el que el eje β es ortogonal al eje α y al eje γ .
2. El aparato de obtención de imágenes (10, 100) de la reivindicación 1, que comprende además, al menos, un control remoto (160) del operario proporcionado cerca de un extremo respectivo de una del par de extensiones del brazo de soporte rígido ahorquillado, el al menos un control remoto (160) del operario para controlar el accionador (129) del elemento de traslación vertical, un accionador (136) del eje α para girar el brazo de soporte (130) rígido ahorquillado alrededor del eje α , y un accionador (146) del eje γ para rotar el escáner (110) alrededor del eje γ .
3. El aparato de obtención de imágenes (10, 100) de la reivindicación 2, donde el al menos un control remoto (160) de operario está adaptado para ser rotado y rotar el conjunto del escáner una cantidad correspondiente en la dirección del eje α , y donde el al menos un control remoto (160) de operario está adaptado para moverse en una dirección vertical para mover el conjunto del escáner una distancia establecida en una dirección vertical.
- 45 4. El aparato de obtención de imágenes (10, 100) de la reivindicación 1, que comprende además una puerta (176) que se mueve hacia el hueco periférico (38) desde una primera posición que no obstruye el hueco periférico (38) hasta una segunda posición que se extiende hacia el hueco periférico (38), en el que sobre la longitud de la puerta (176) en una dirección de longitud que es paralela al eje β , la anchura en sección transversal de, al menos, una porción de la puerta (176) varía, al menos, un 5 por ciento, en el que una dirección de la anchura en sección transversal es orthogonal a la dirección de longitud.
- 50 5. El aparato de obtención de imágenes (10, 100) de la reivindicación 1 o reivindicación 4, que comprende además una rejilla (242) registrada frente al detector (24), en el que, cuando el detector (24) se mueve hacia una posición predeterminada a lo largo de la trayectoria (28) del detector, la rejilla (242) puede extraerse del detector (24) manualmente.
- 55 6. El aparato de obtención de imágenes (10, 100) de la reivindicación 4, en el que el escáner (110) incluye un asa (76) por fuera del hueco periférico (38) para abrir o cerrar la puerta (176), en el que el asa (76) está acoplada operativamente a la puerta (176).

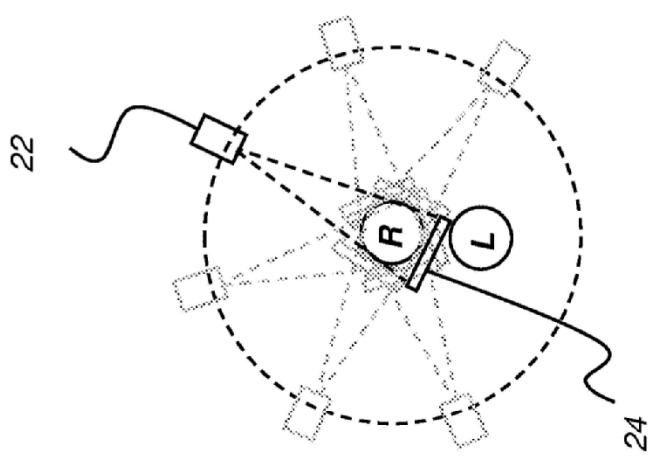
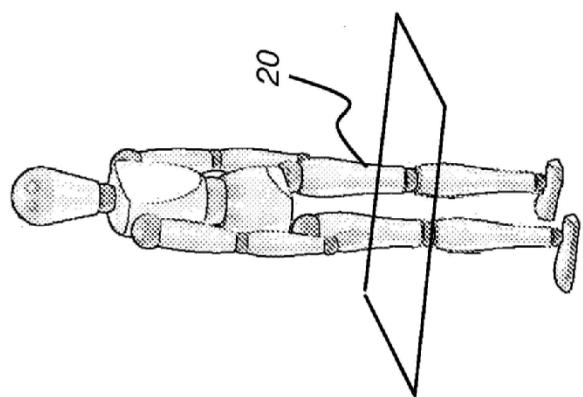


FIG. 1



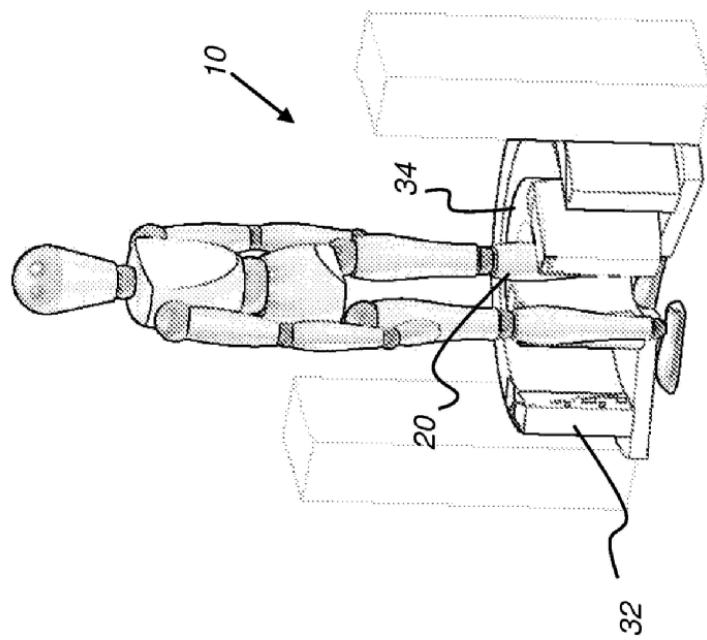


FIG. 3A

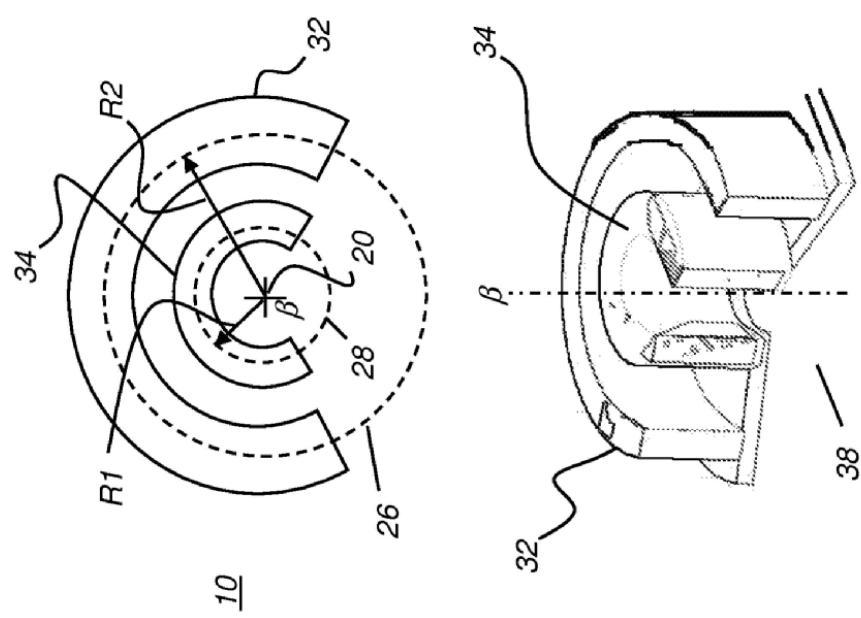


FIG. 2

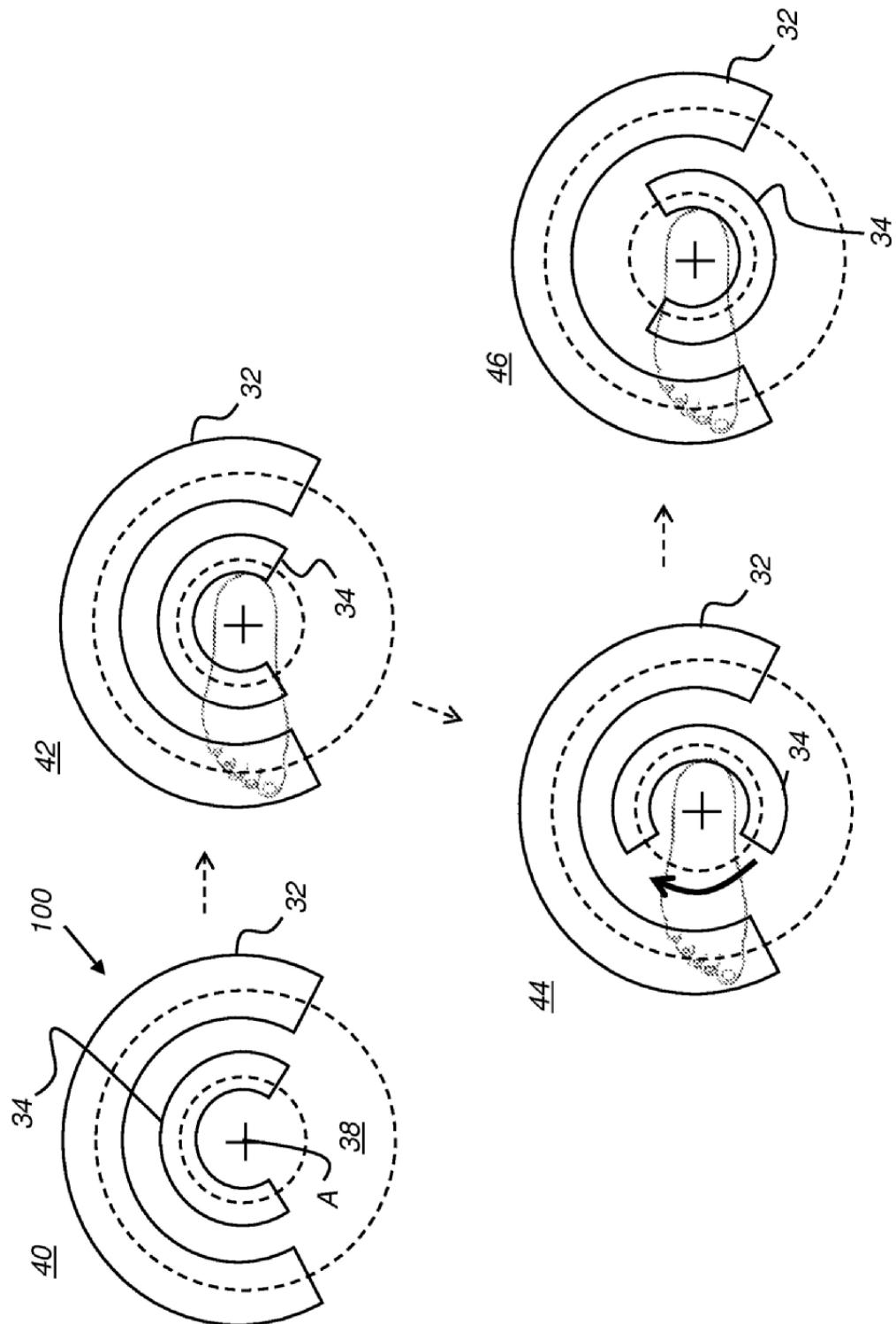
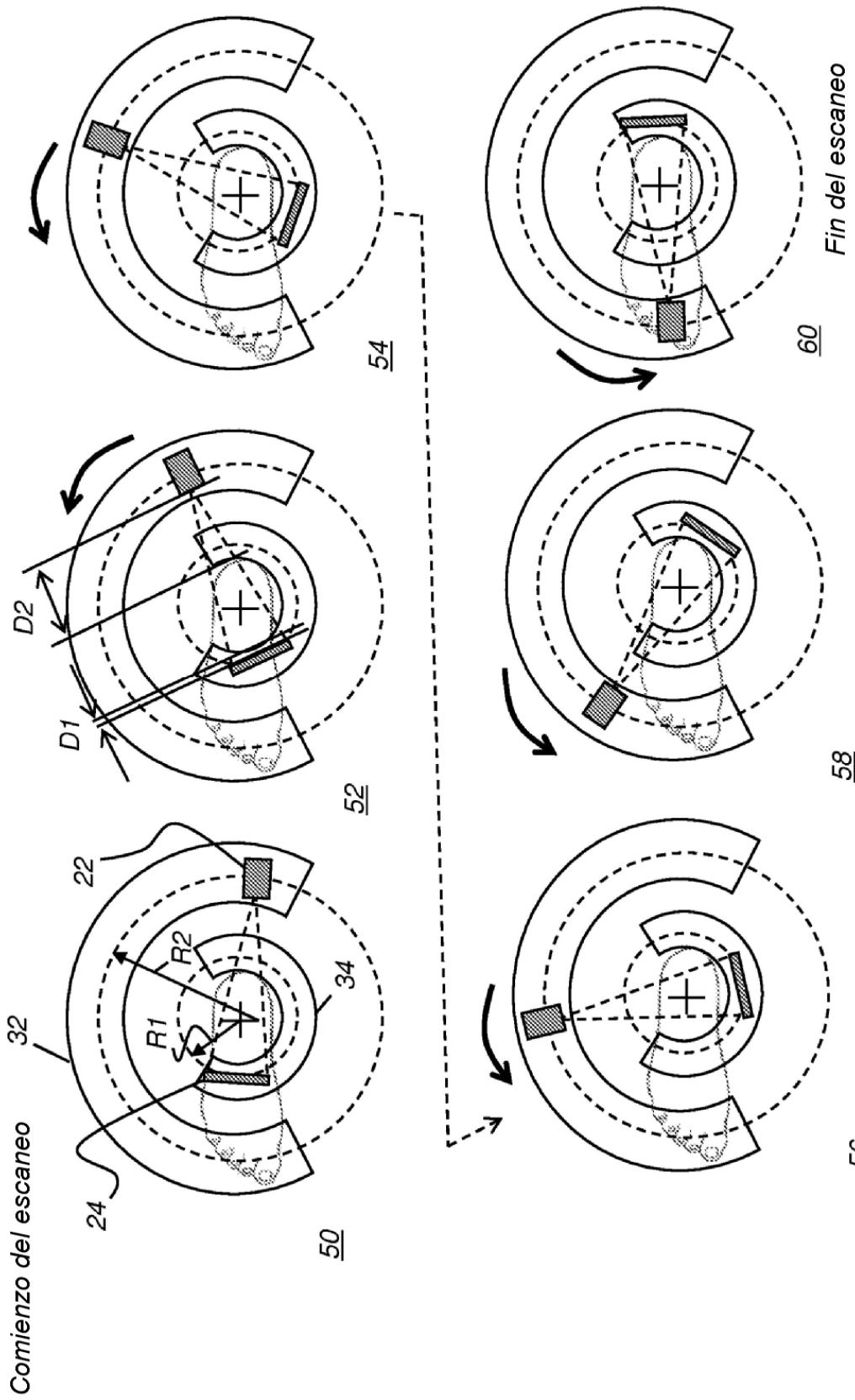


FIG. 3B

**FIG. 4**

100

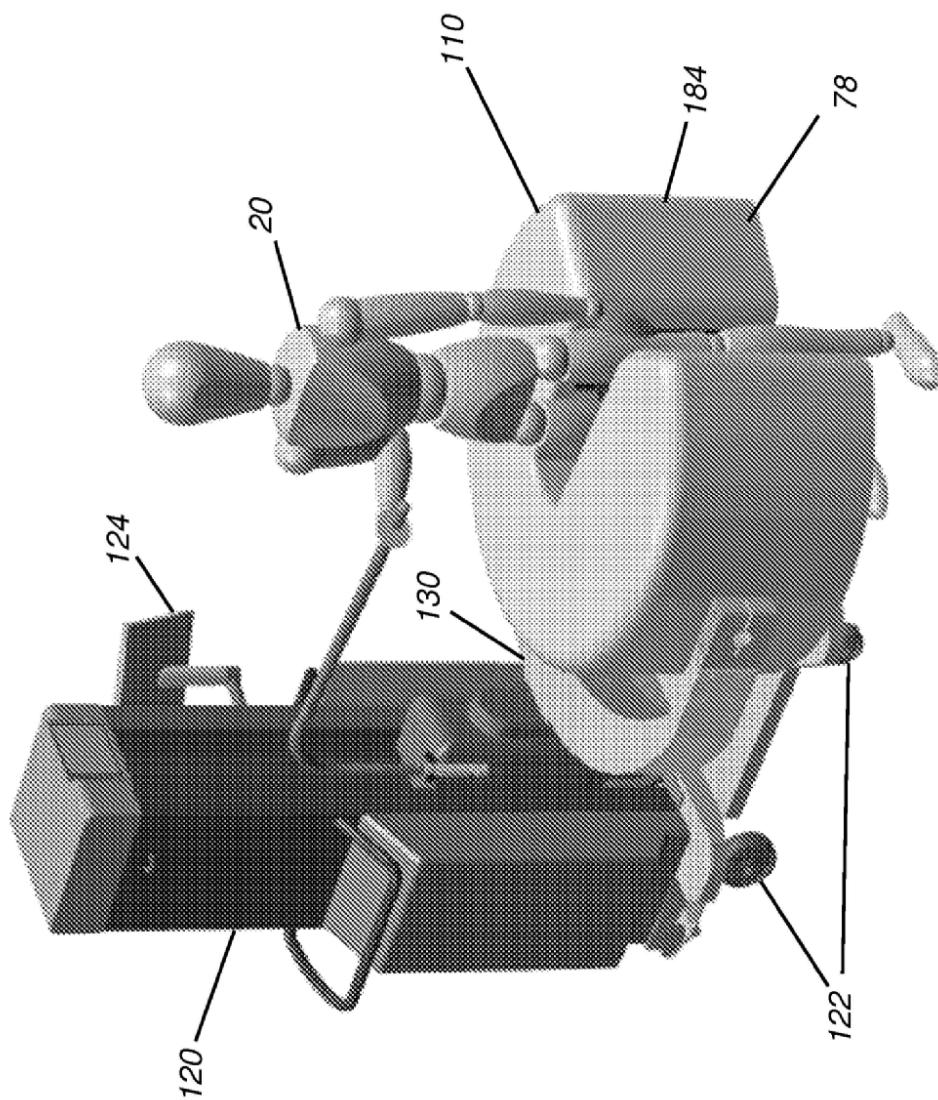


FIG. 5

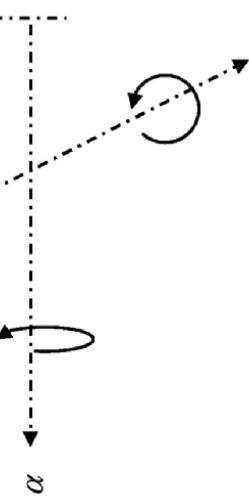
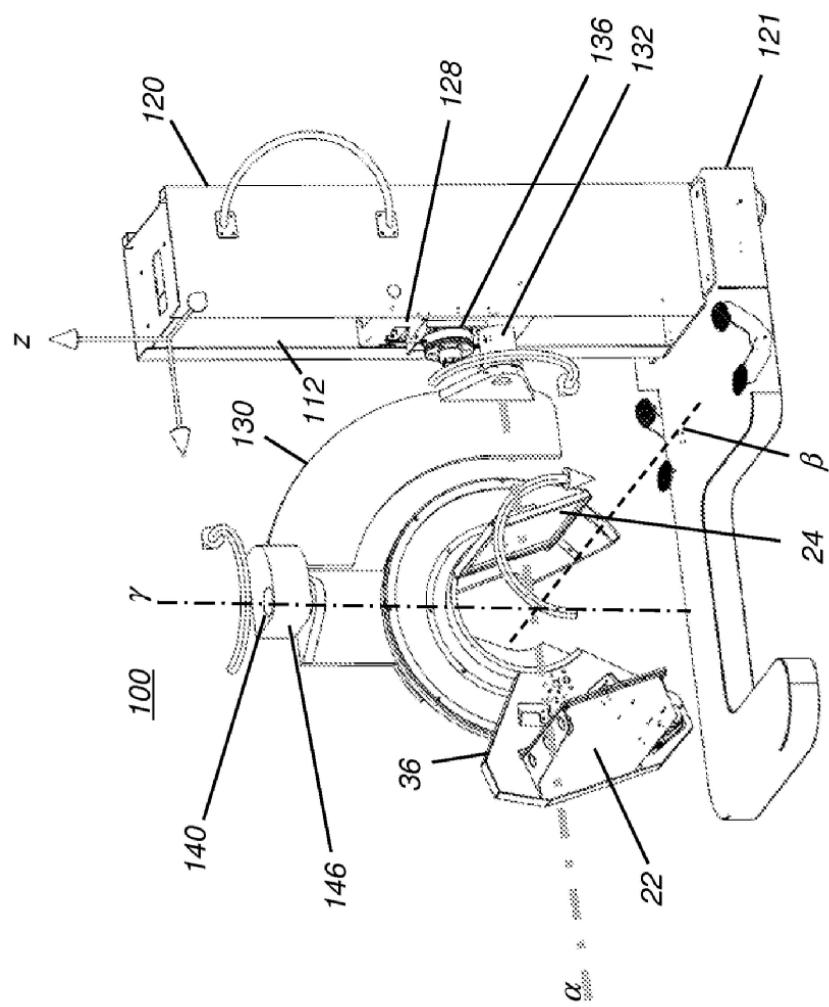
FIG. 6B**FIG. 6A**

FIG. 6D

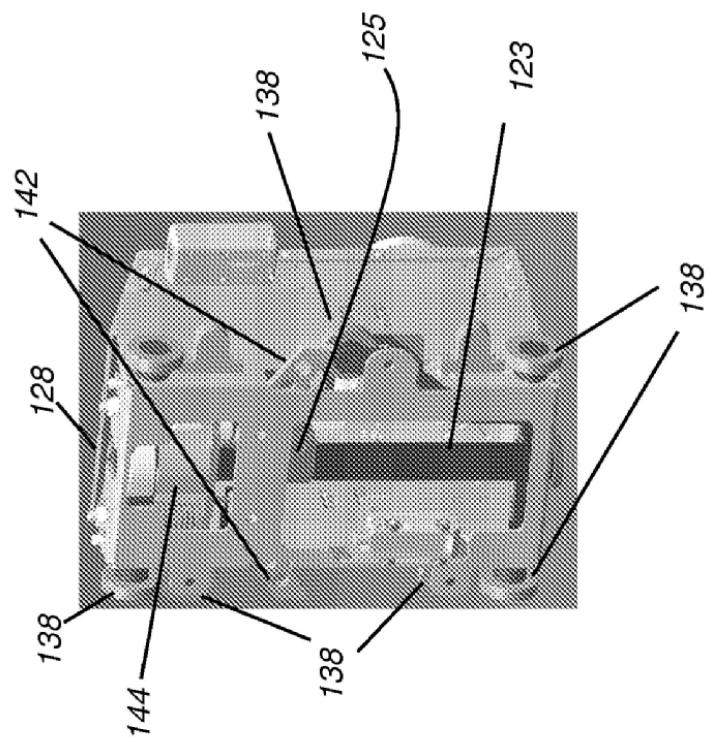
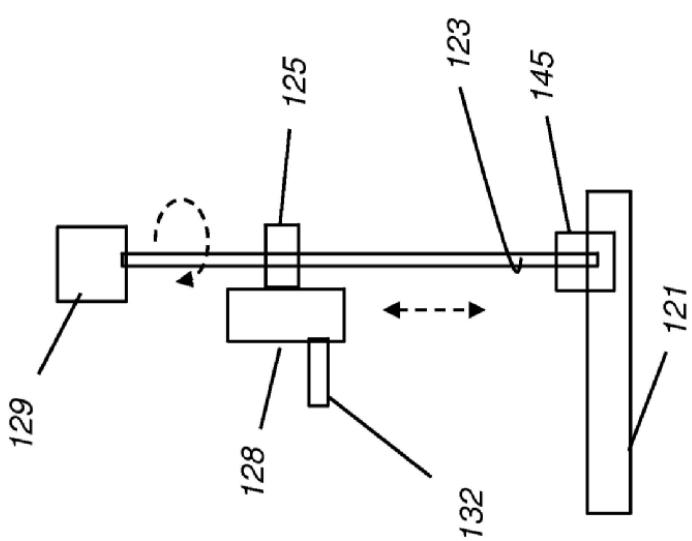


FIG. 6C



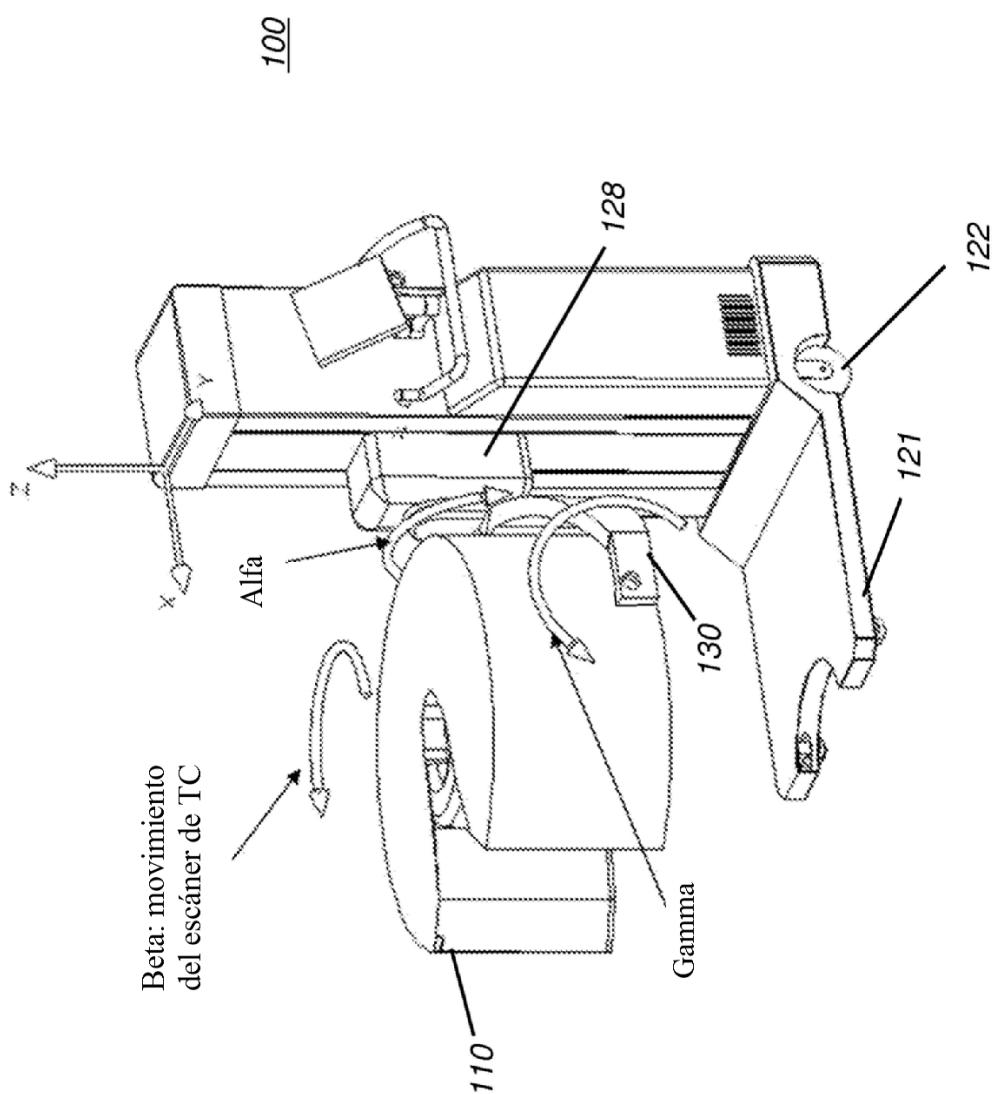


FIG. 6E

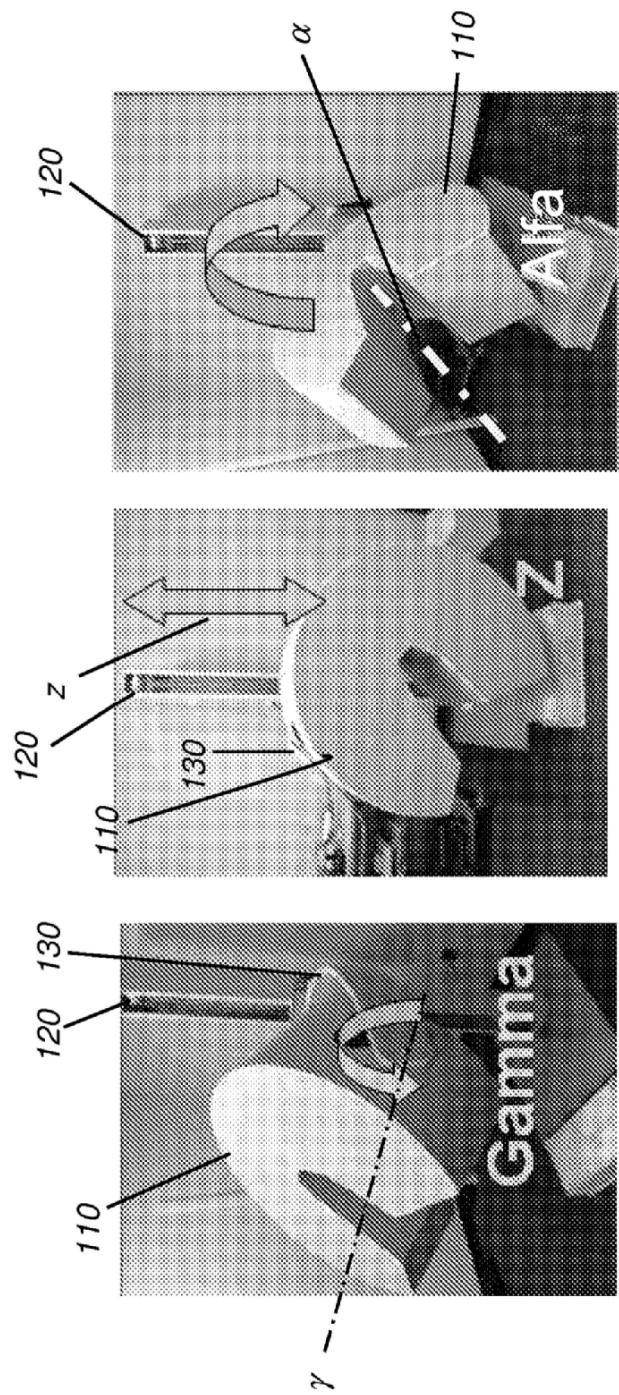


FIG. 7B

FIG. 7A

FIG. 7C

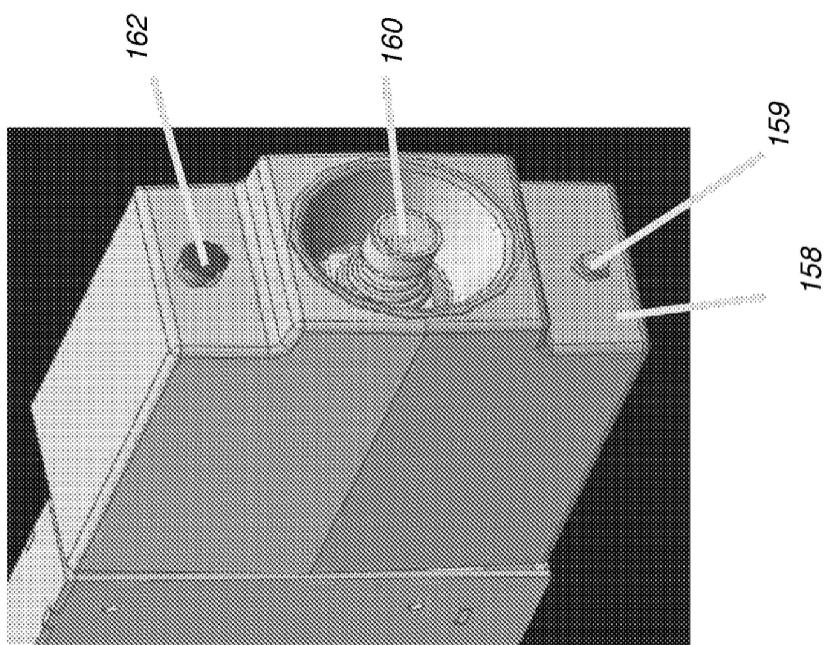


FIG. 7E

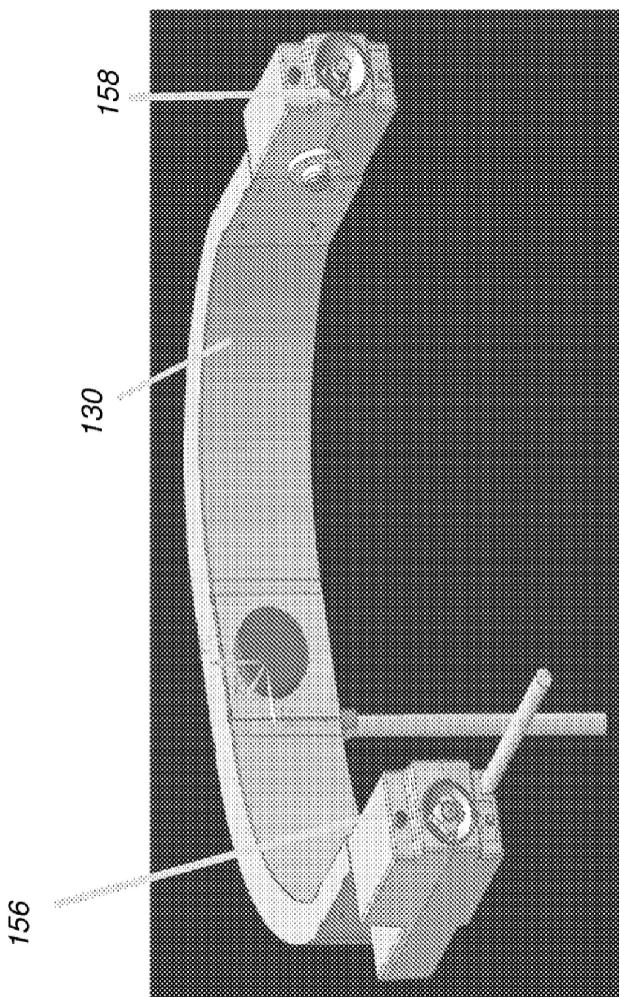


FIG. 7D

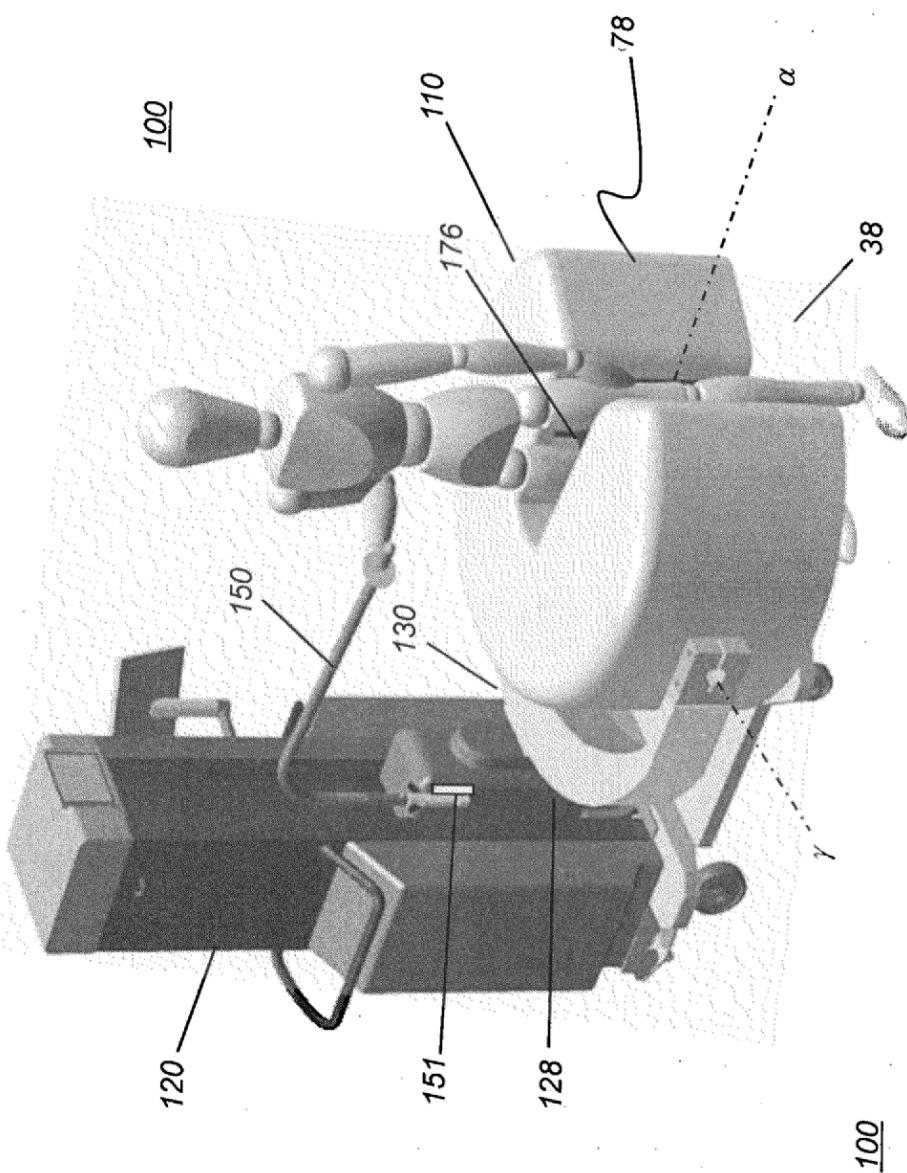


FIG. 8

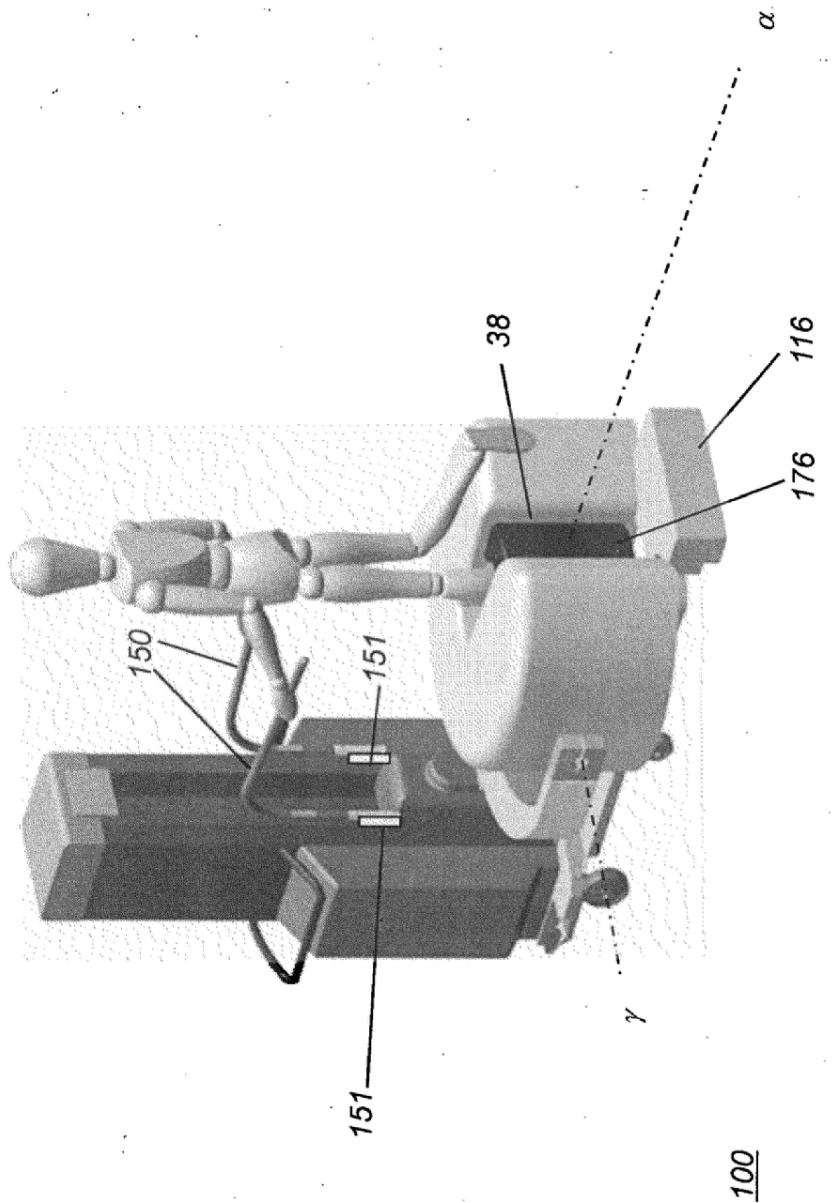


FIG. 9

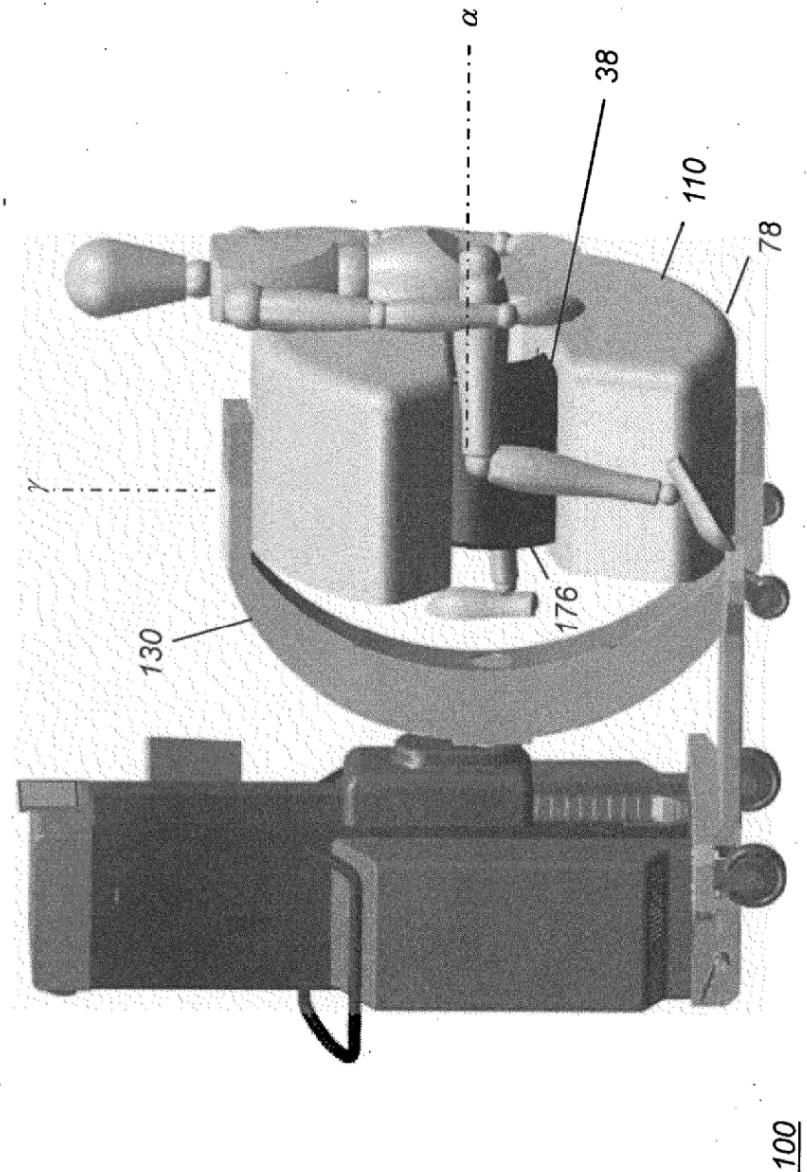


FIG. 10

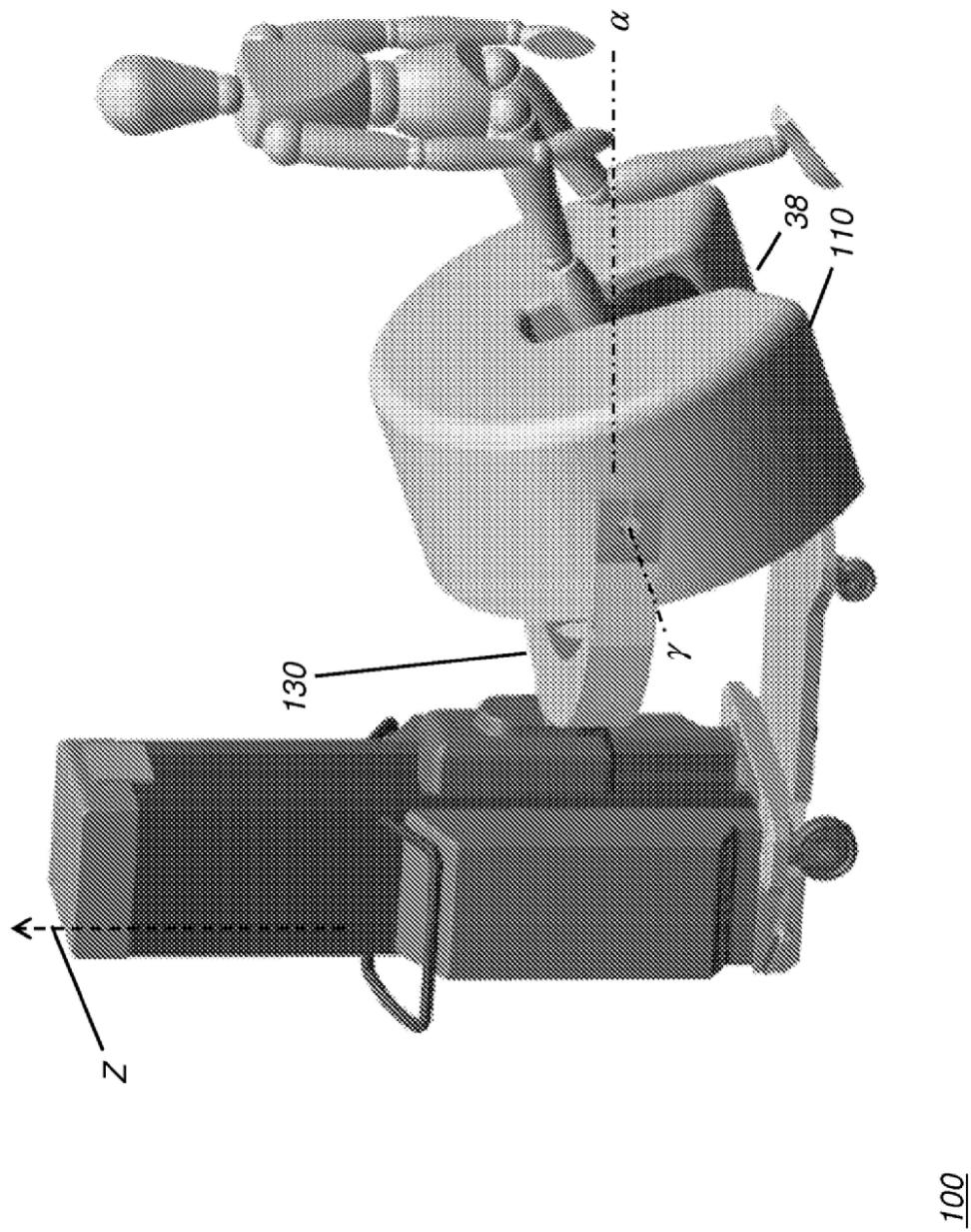


FIG. 11

100

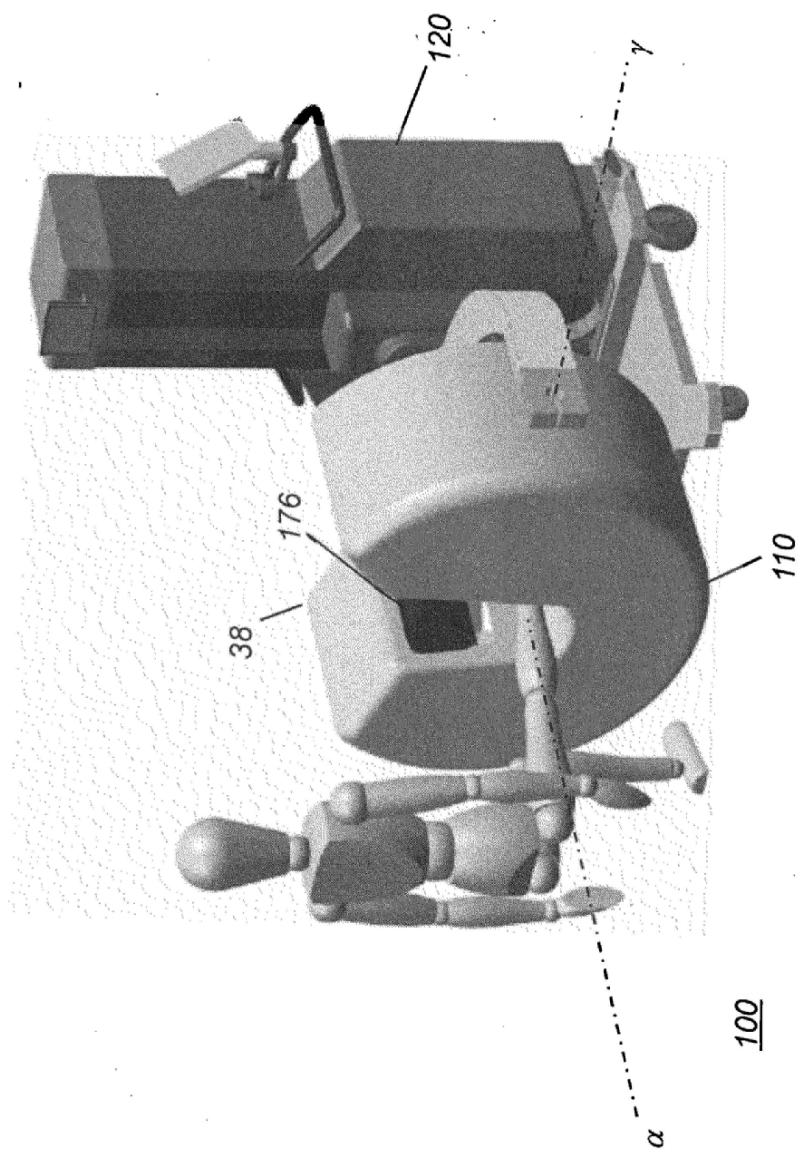


FIG. 12

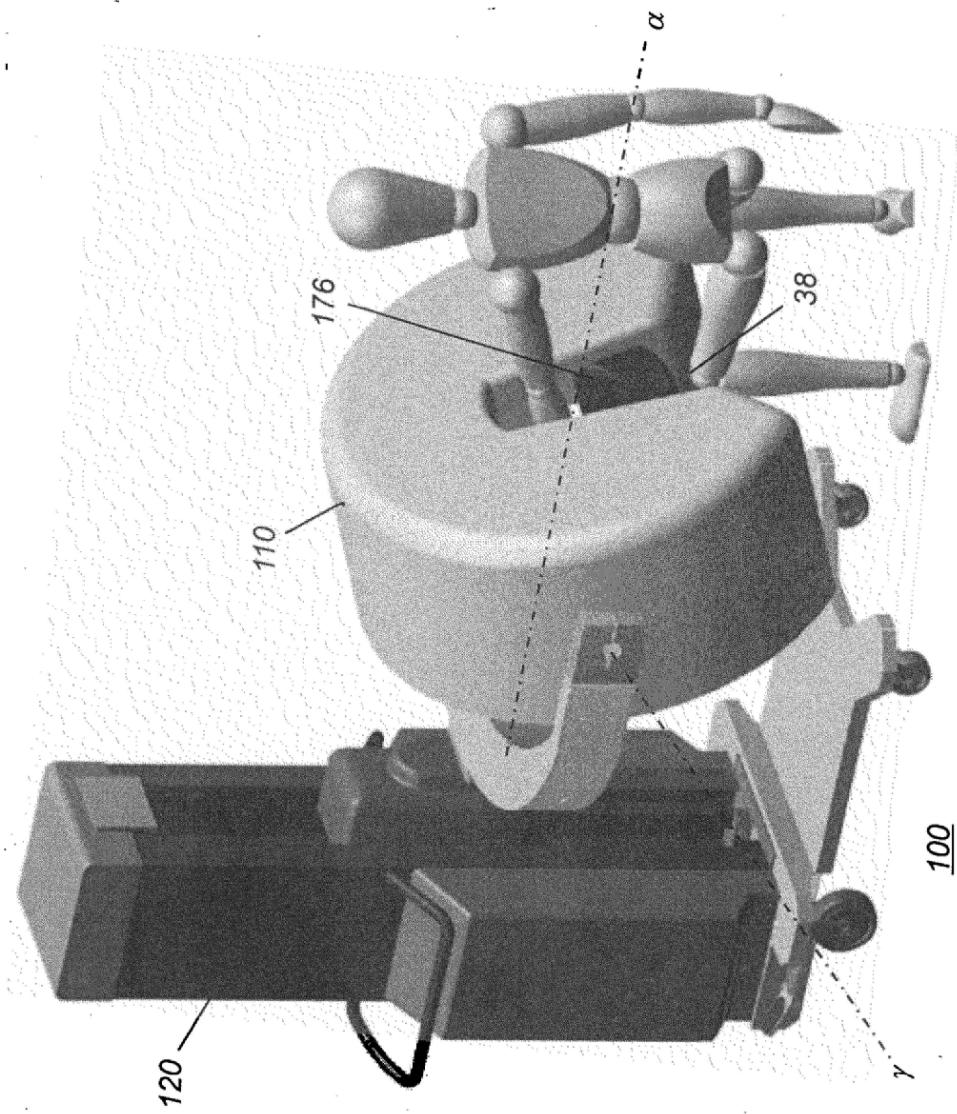


FIG. 13

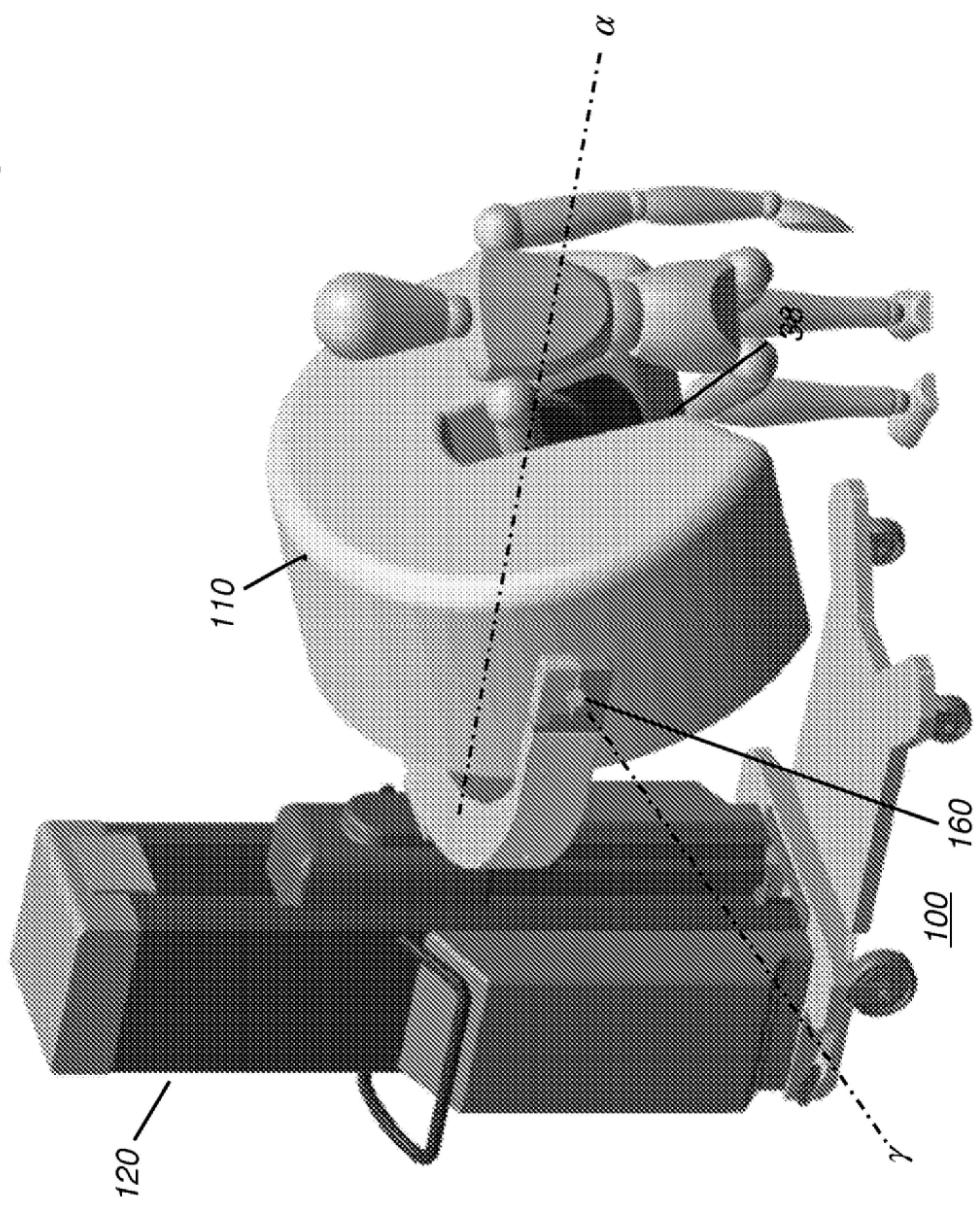


FIG. 14

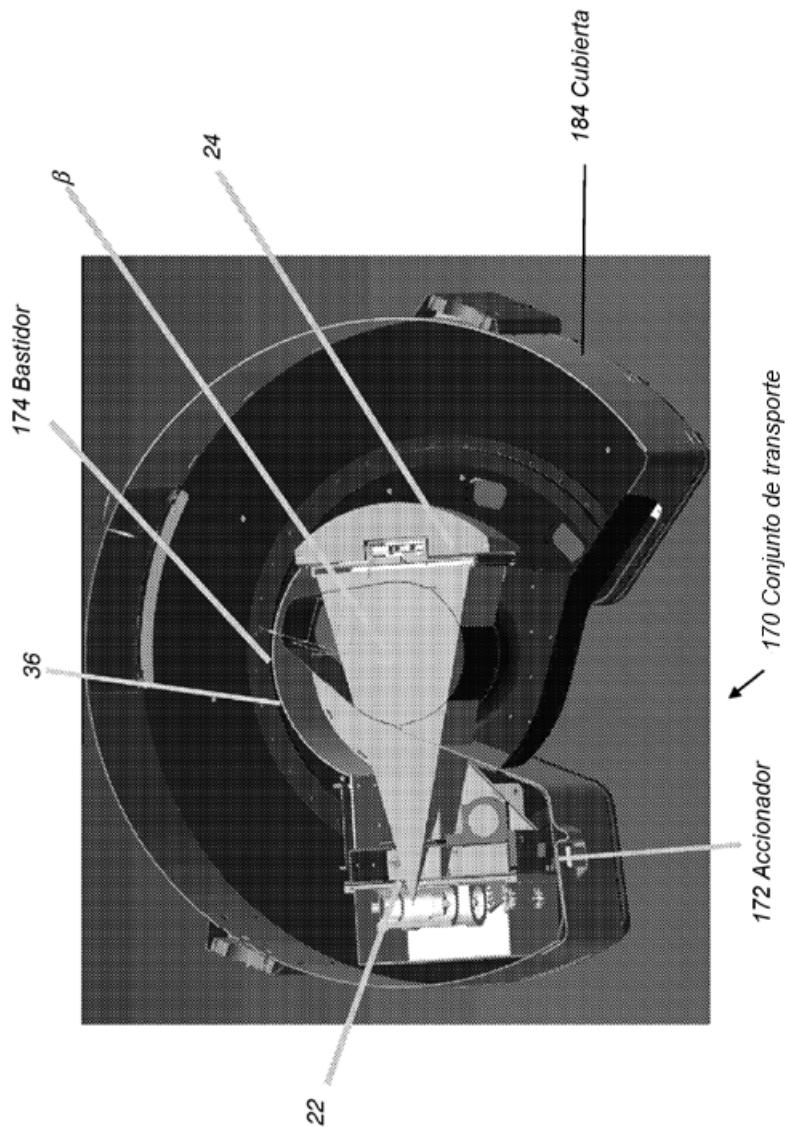


FIG. 15A

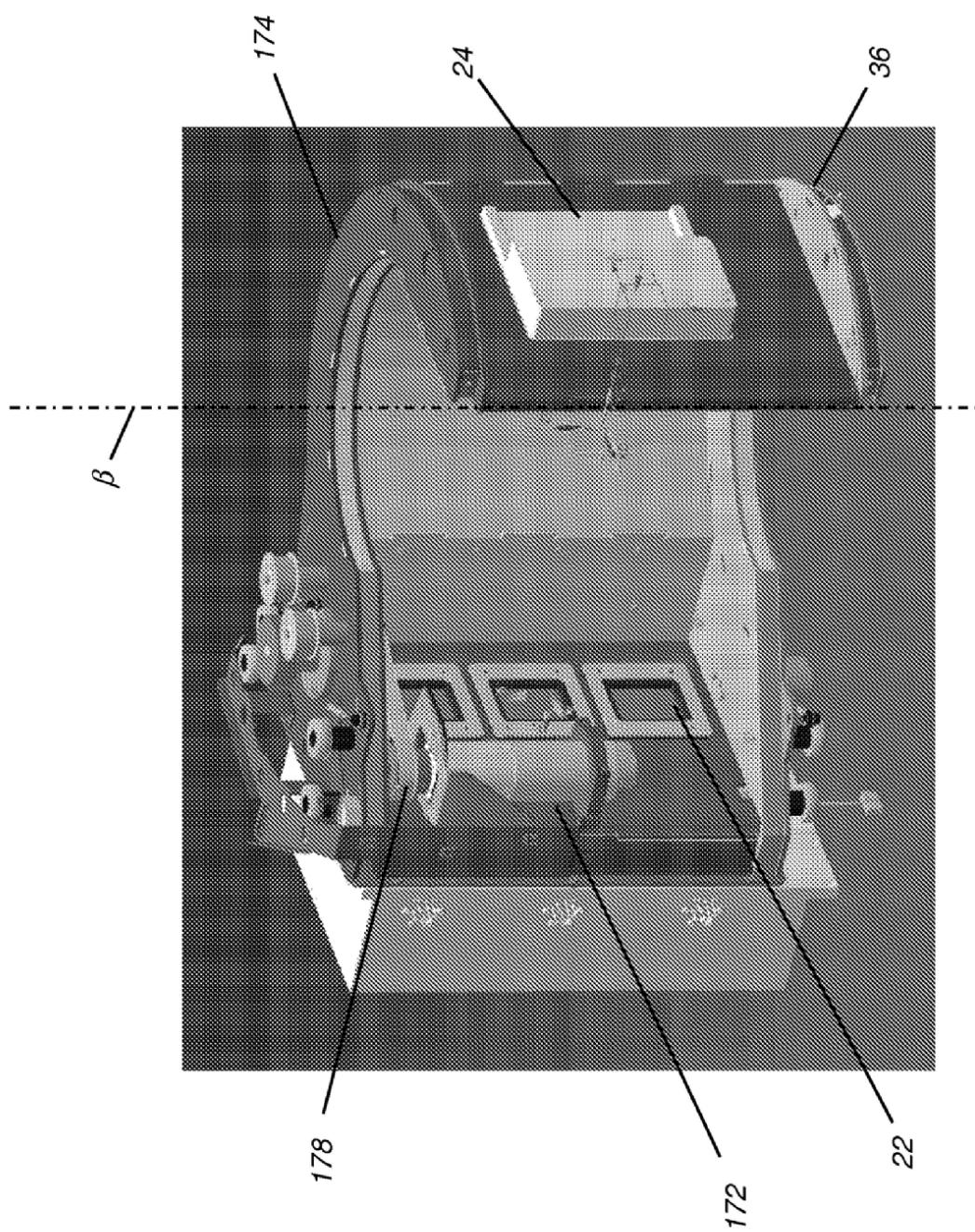


FIG. 15B

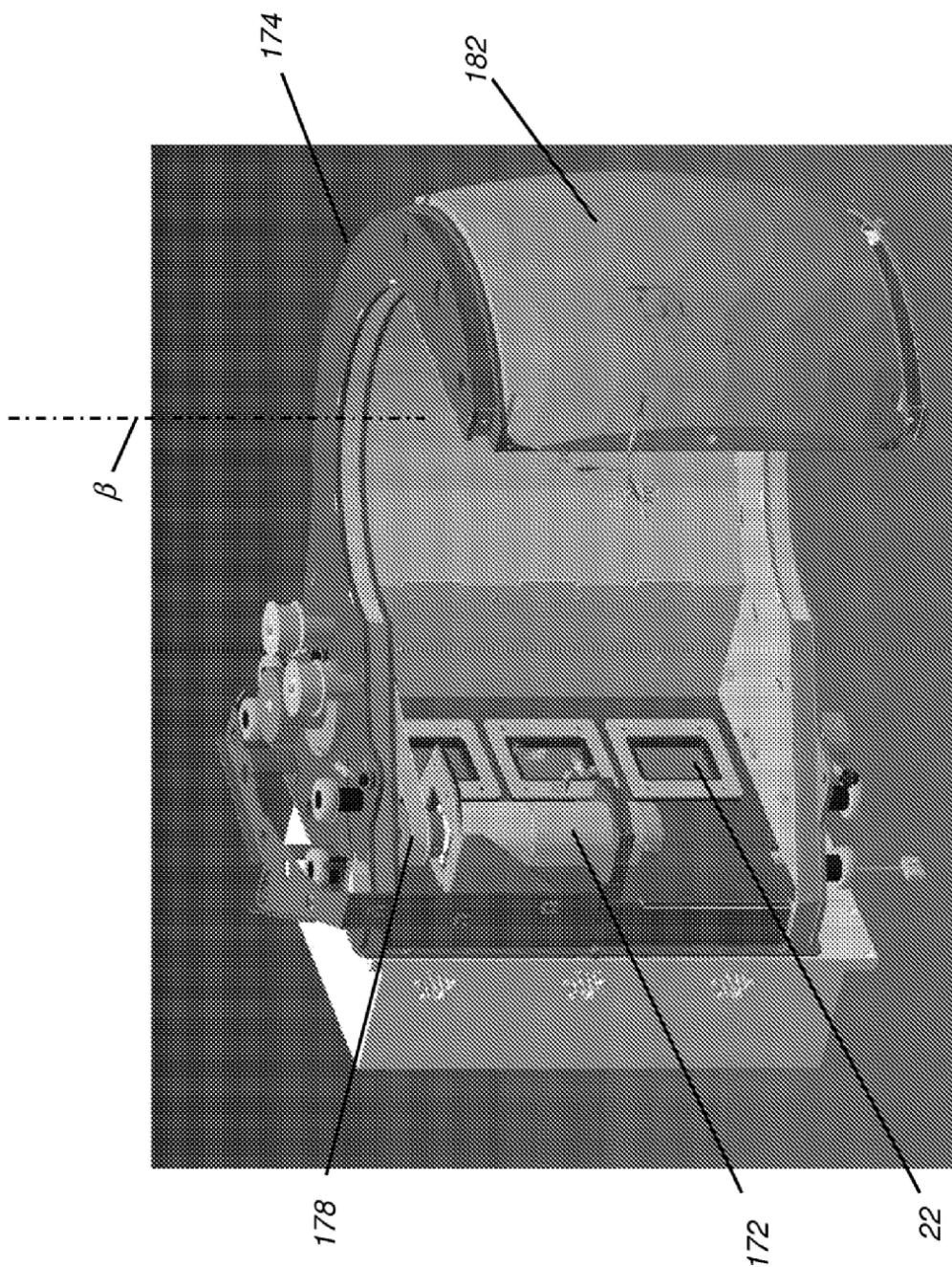


FIG. 15C

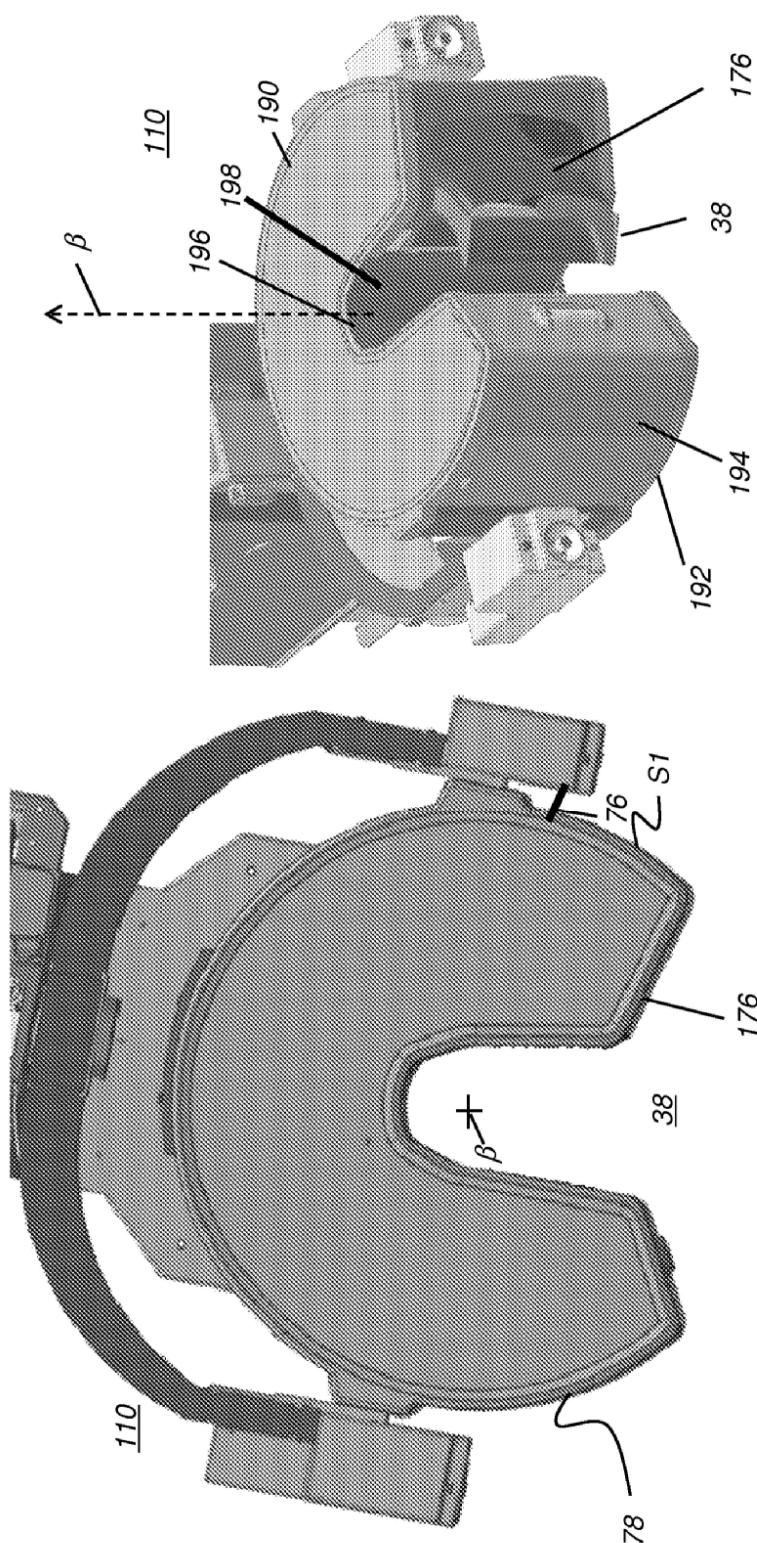


FIG. 16B

FIG. 16A

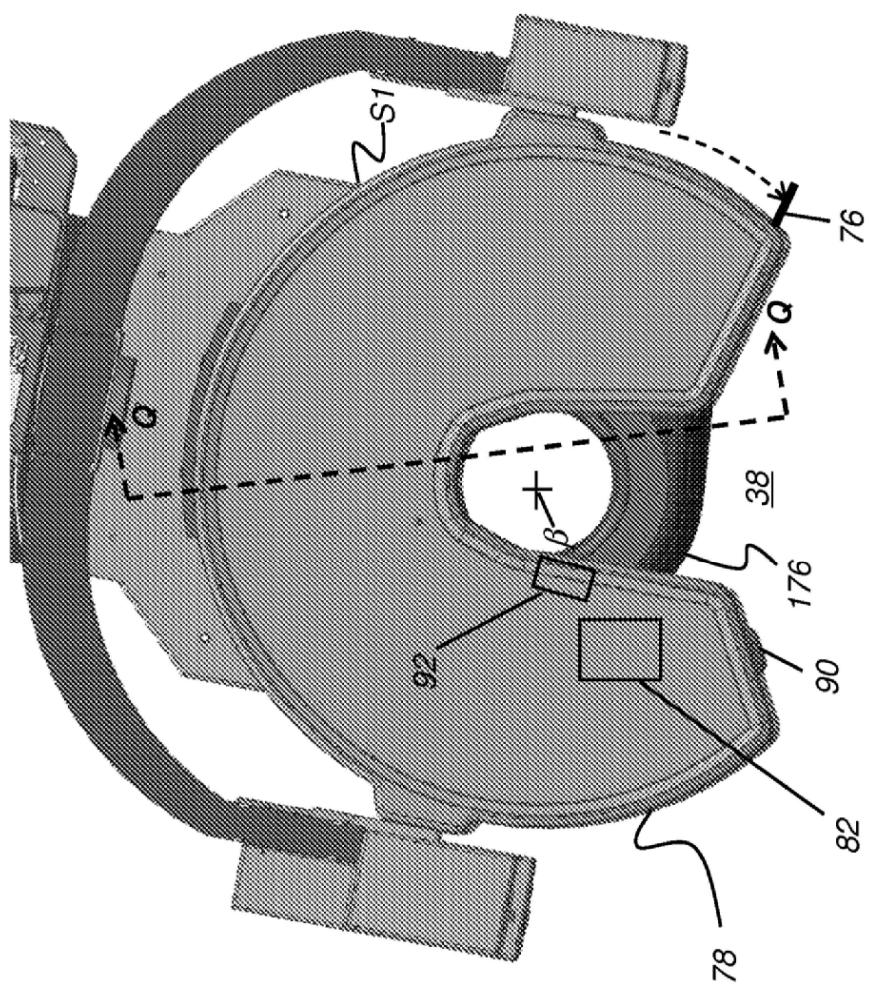


FIG. 16C

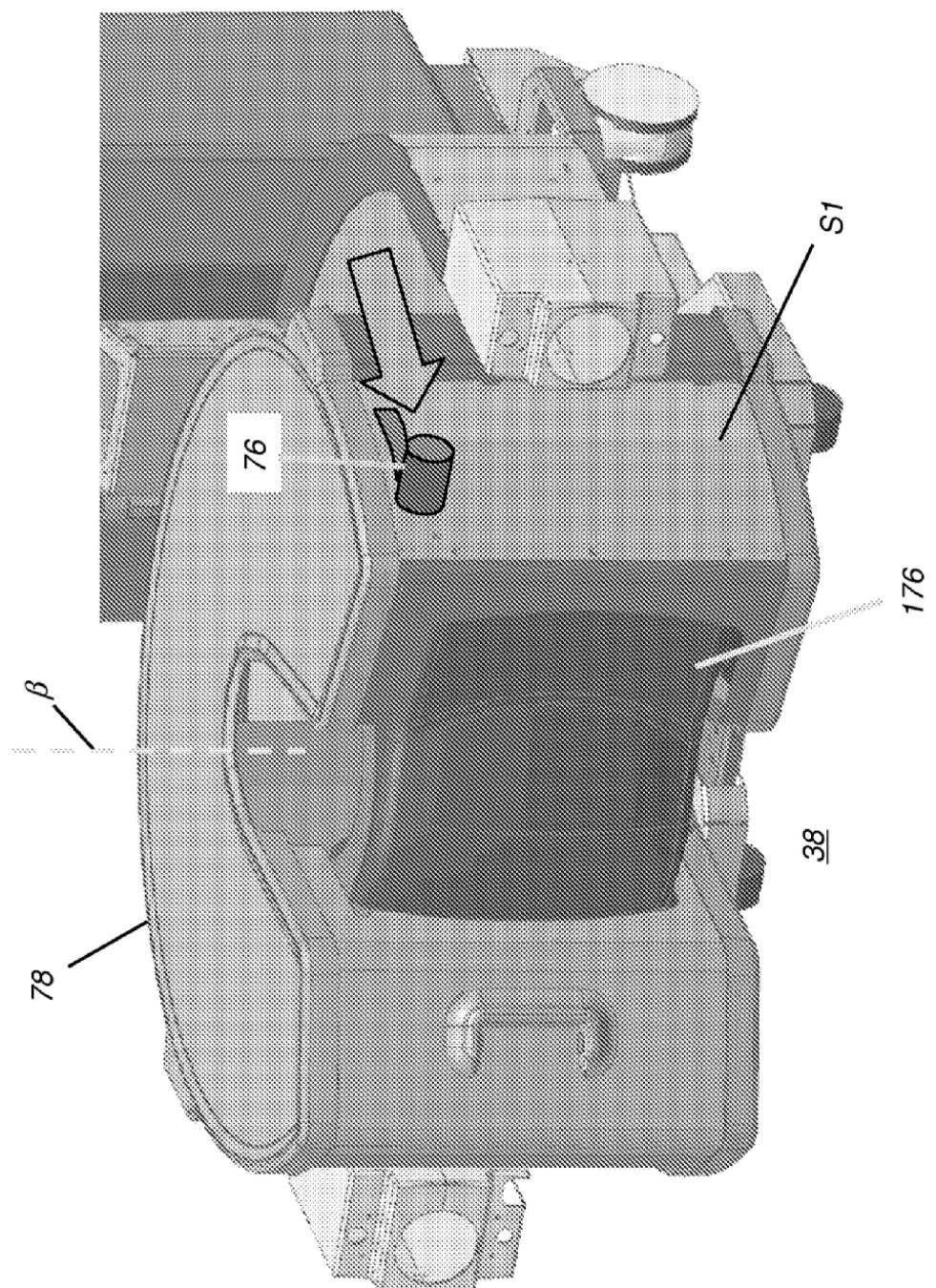


FIG. 16D

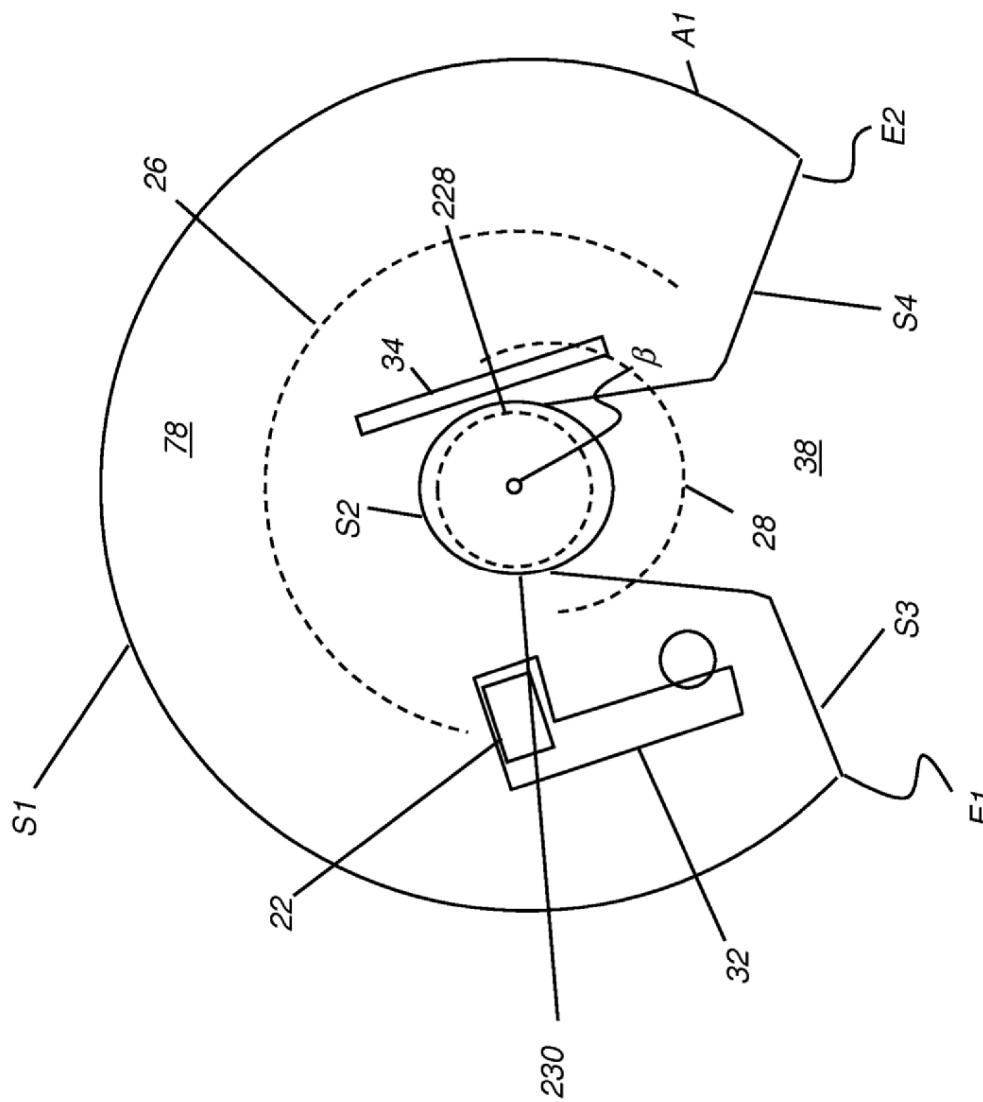


FIG. 17A

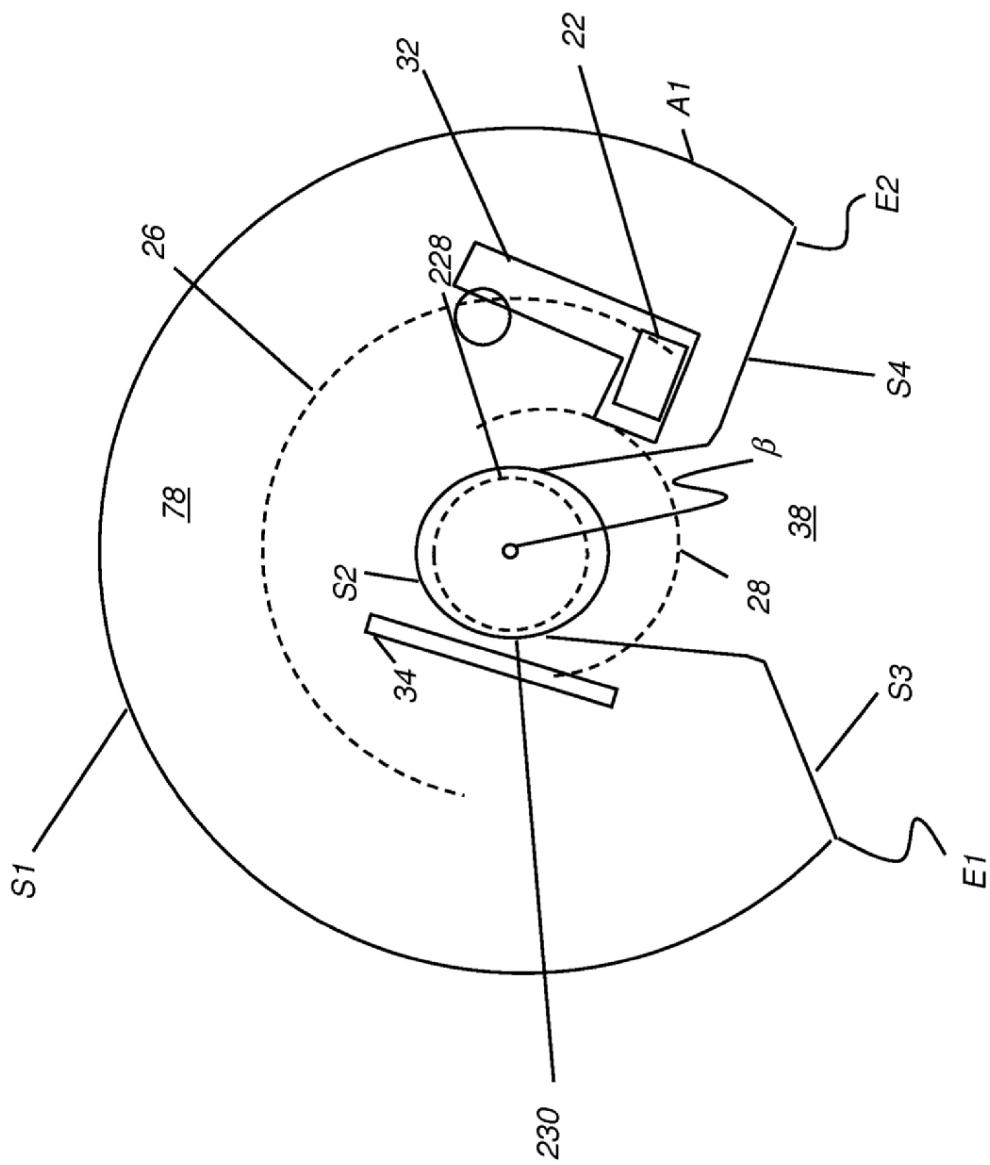


FIG. 17B

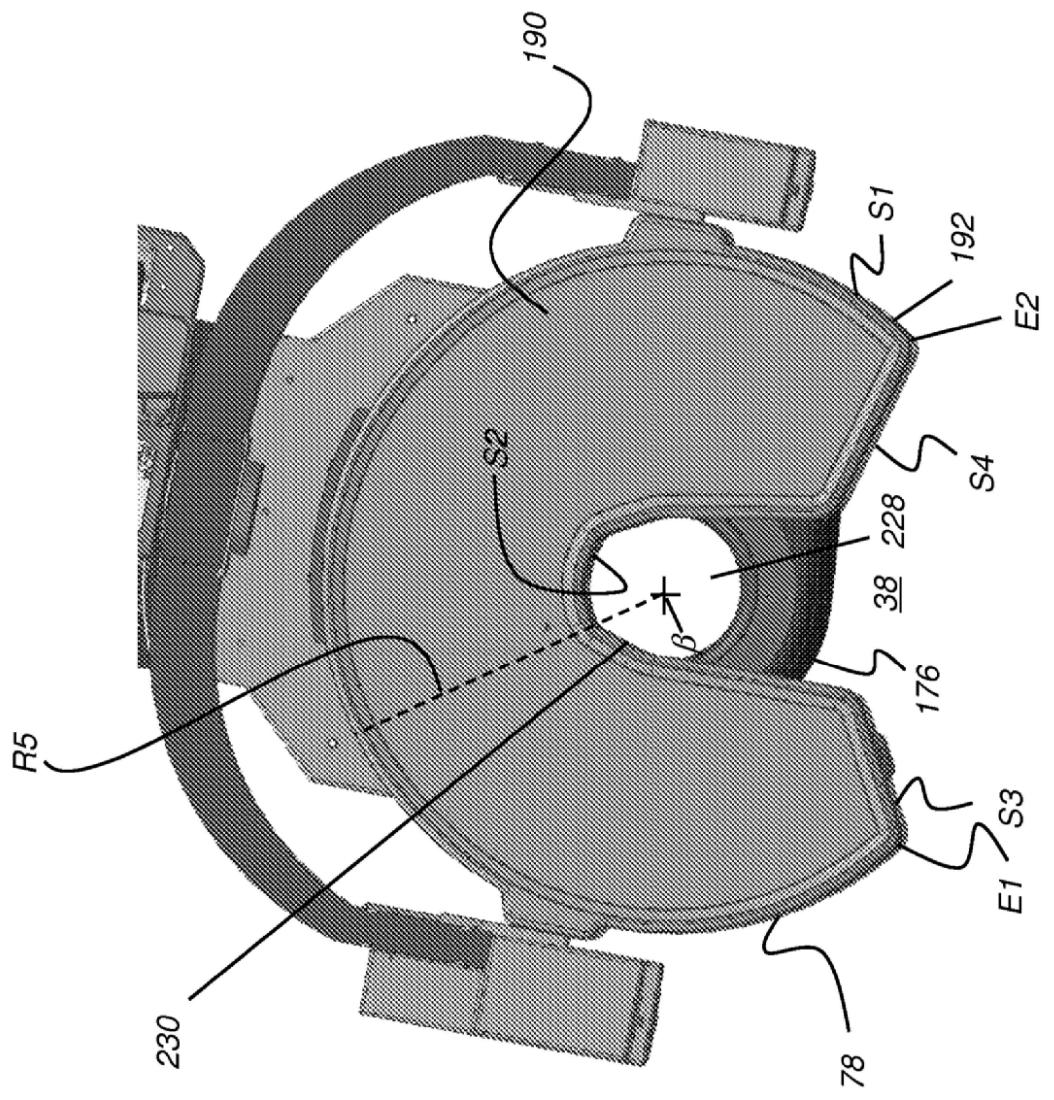


FIG. 17C

110

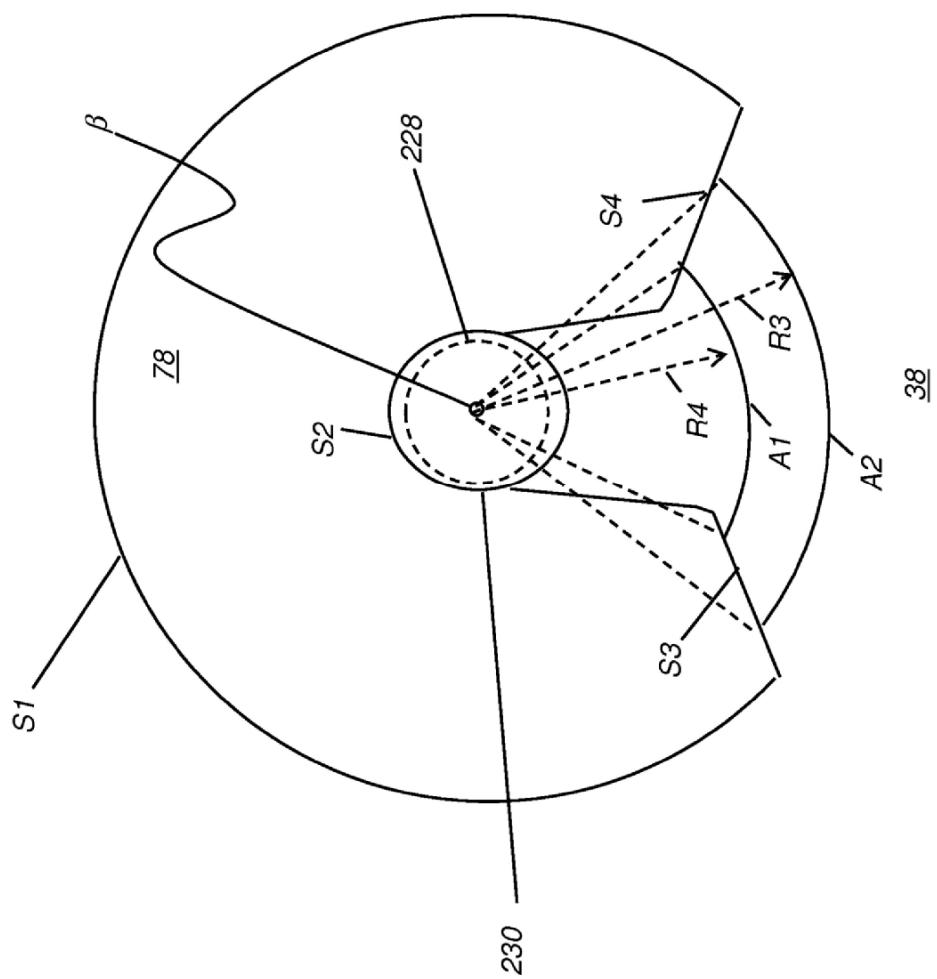


FIG. 17D

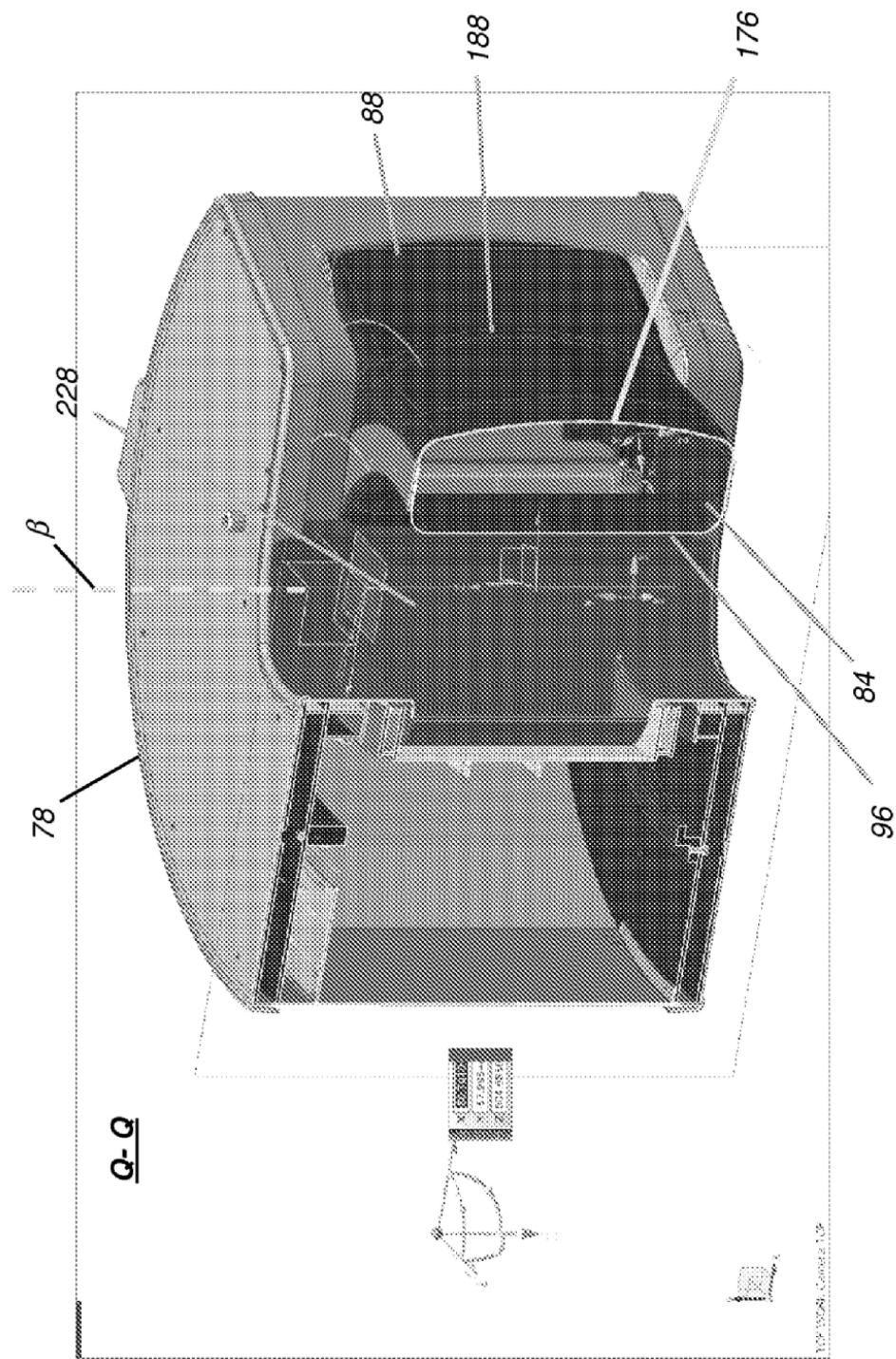


FIG. 18A

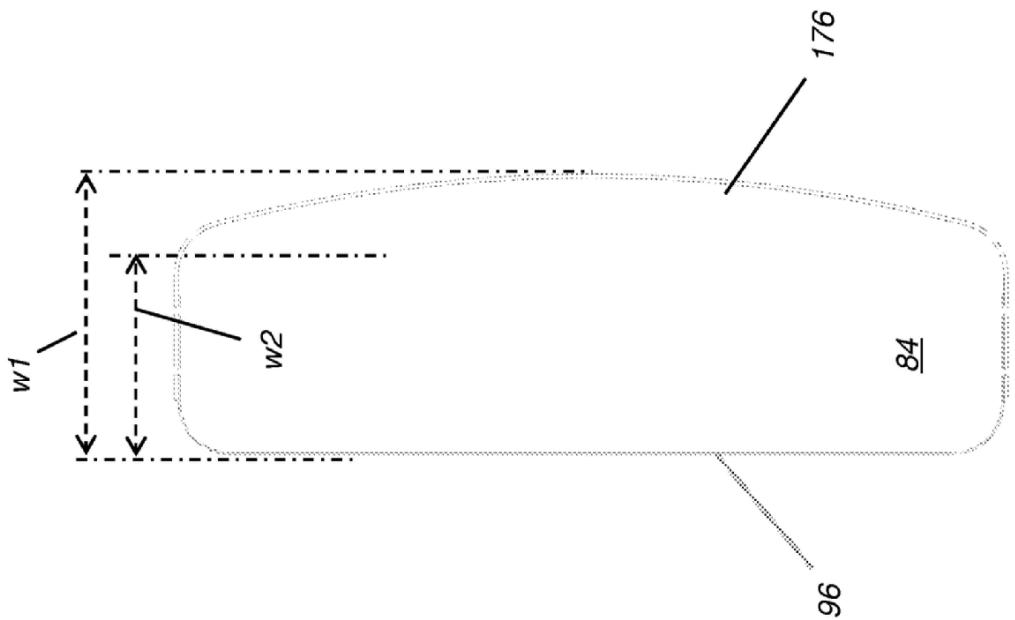


FIG. 18B

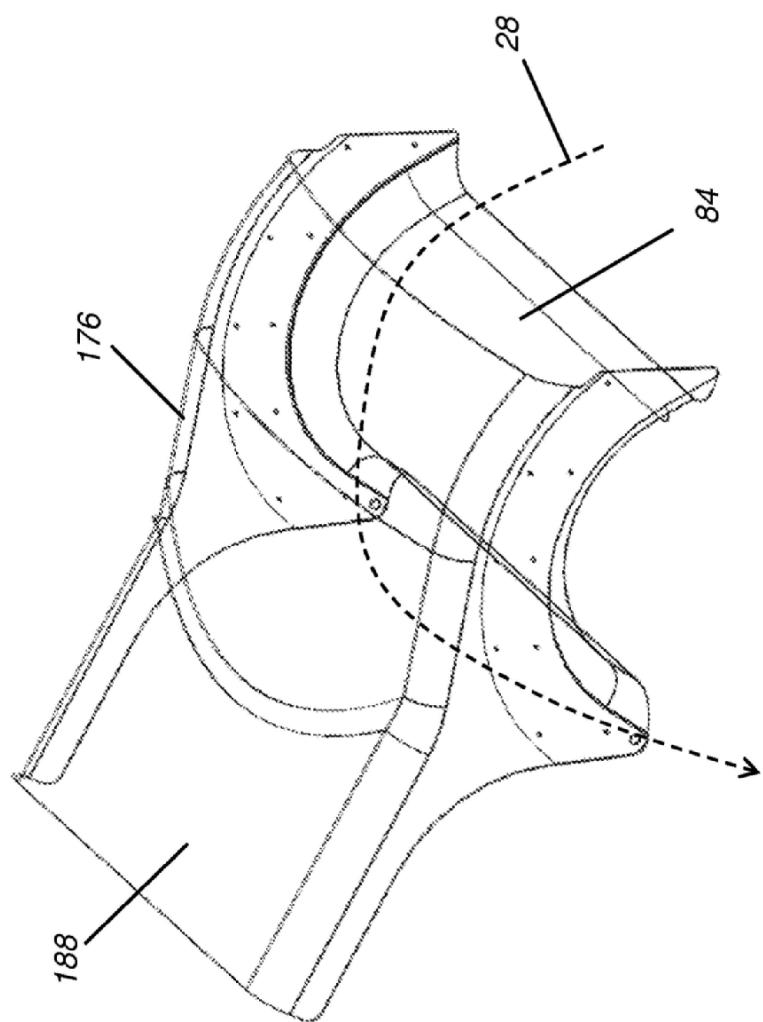


FIG. 18C

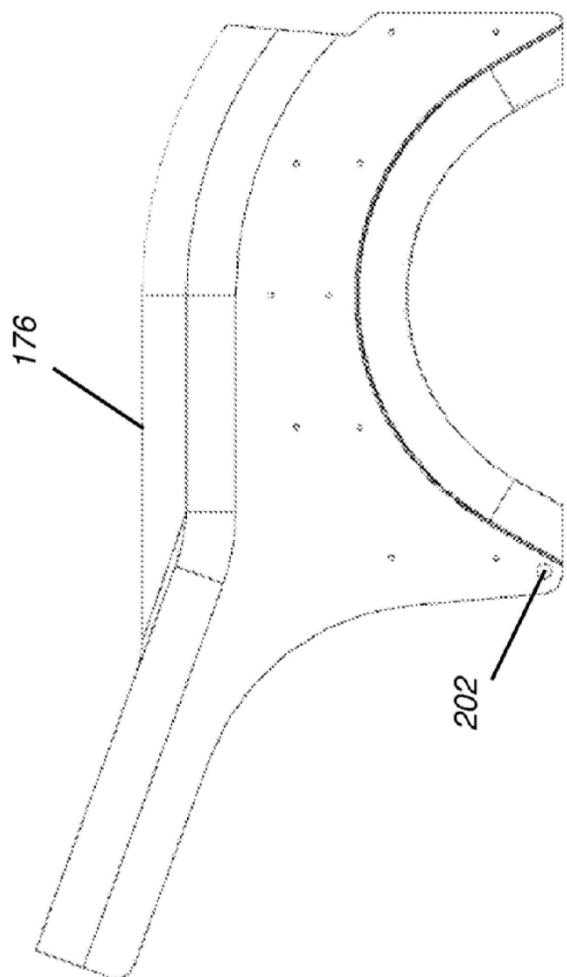


FIG. 18D

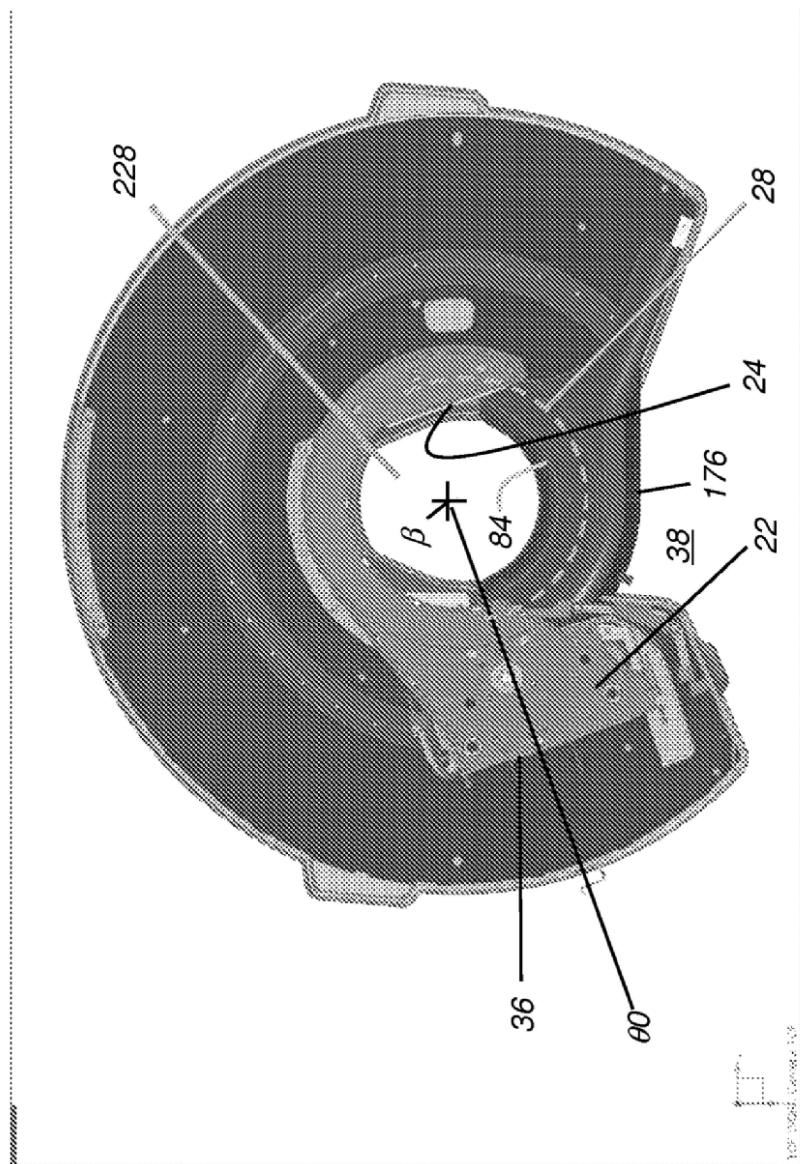


FIG. 19A

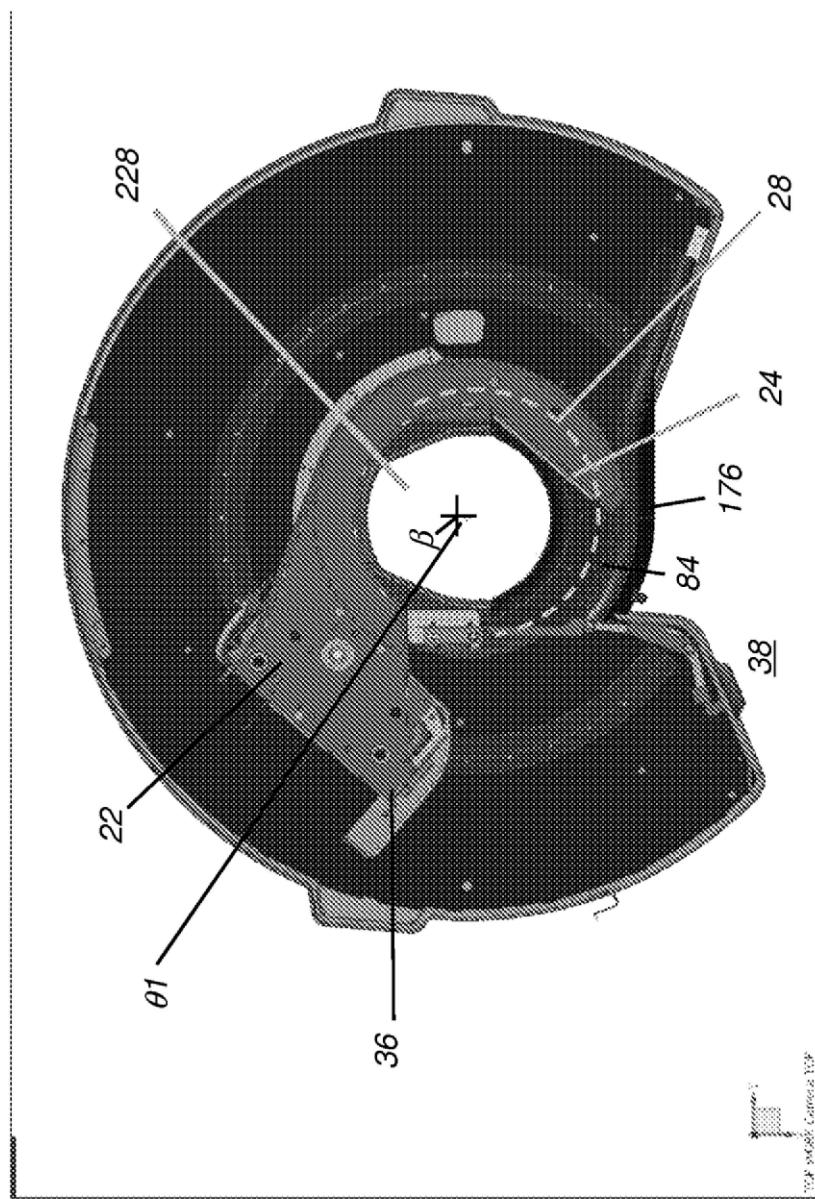


FIG. 19B

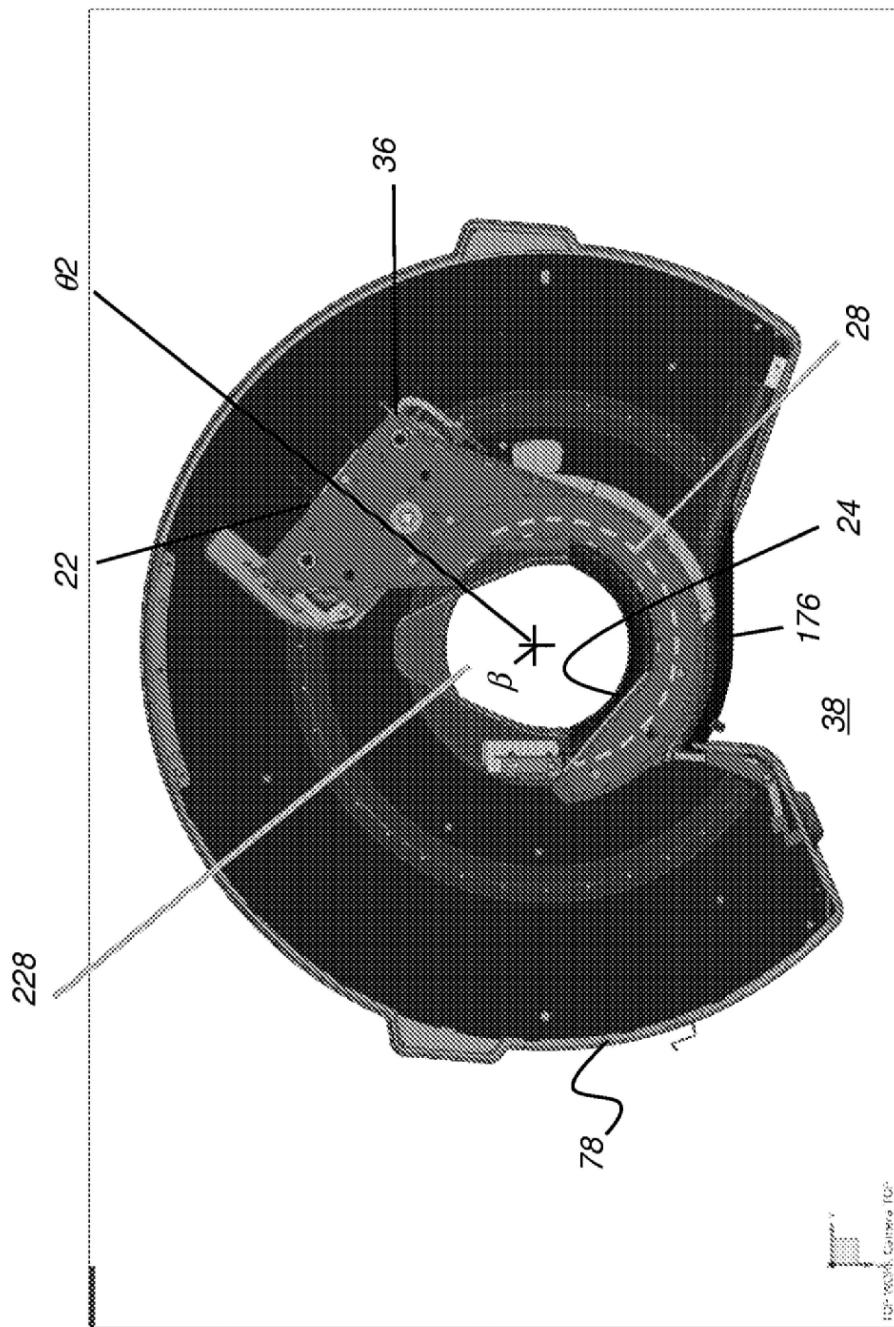


FIG. 19C

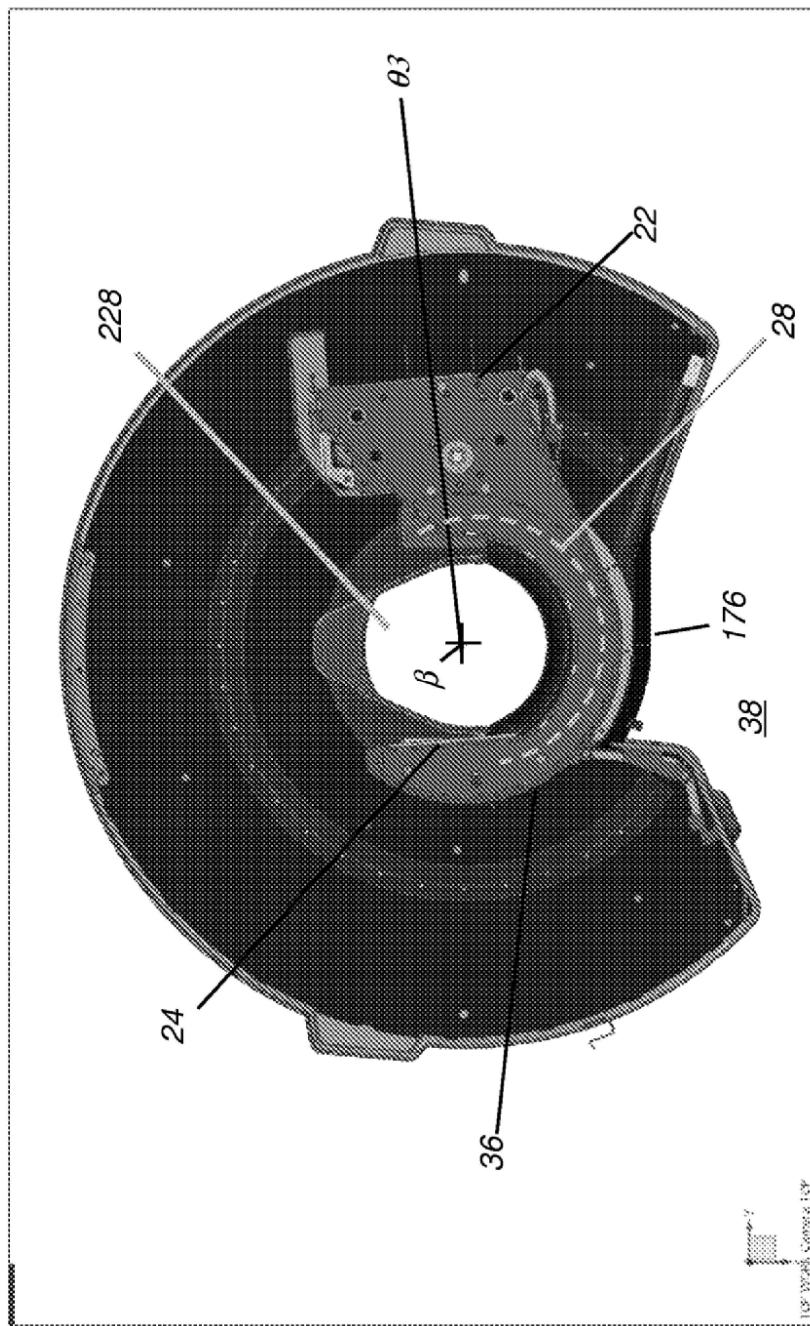


FIG. 19D

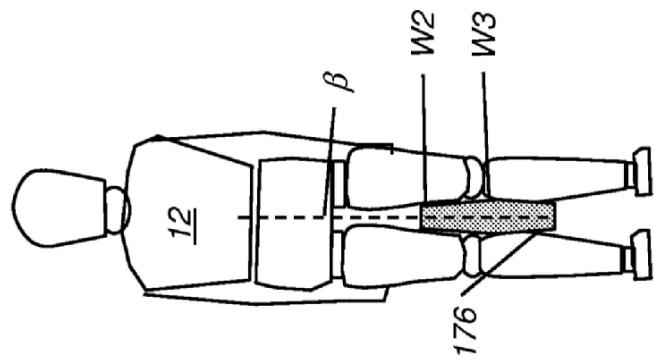


FIG. 20B

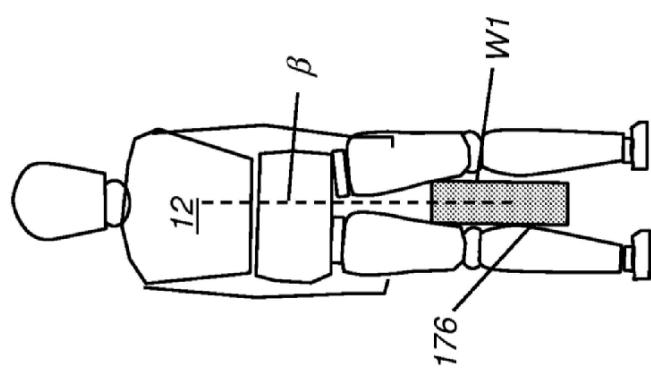


FIG. 20A

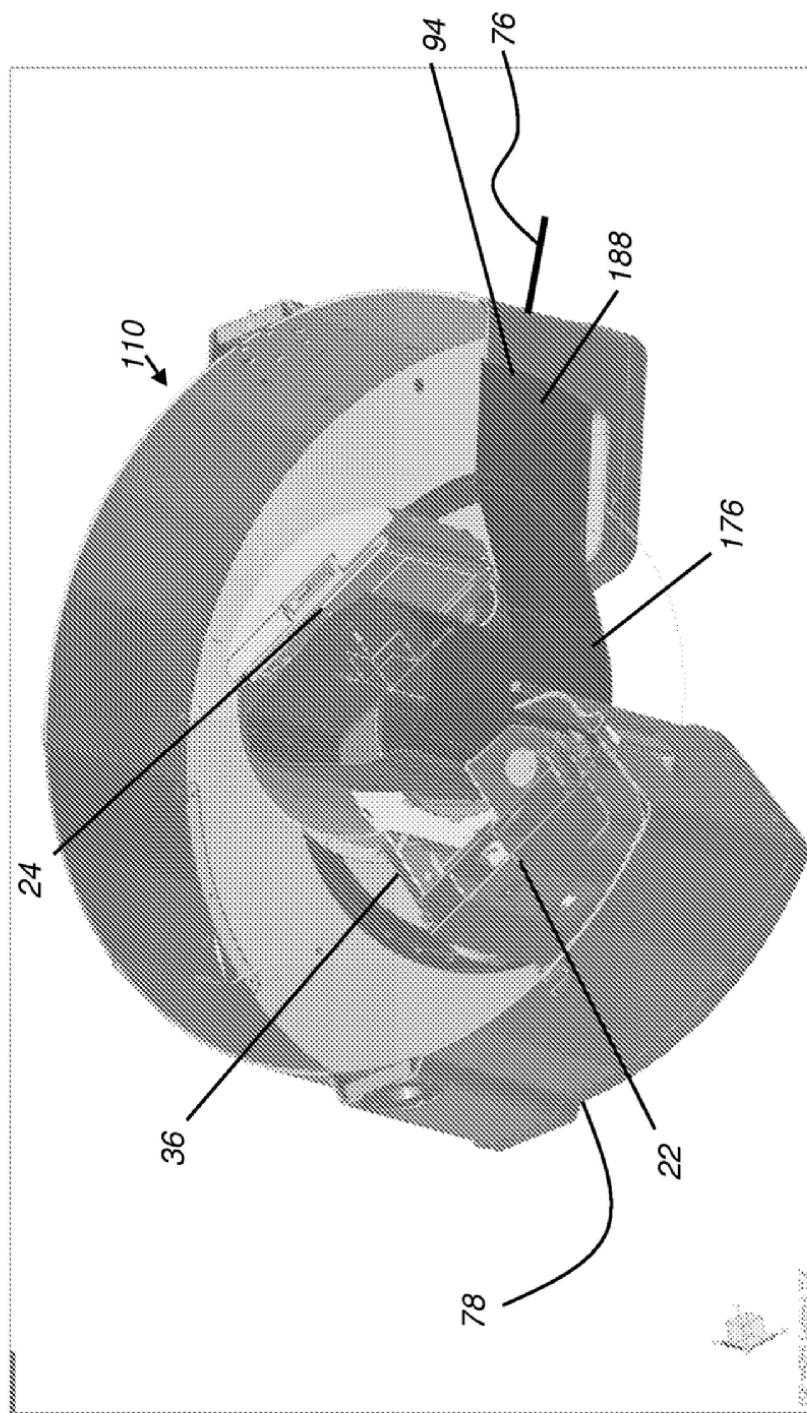


FIG. 21

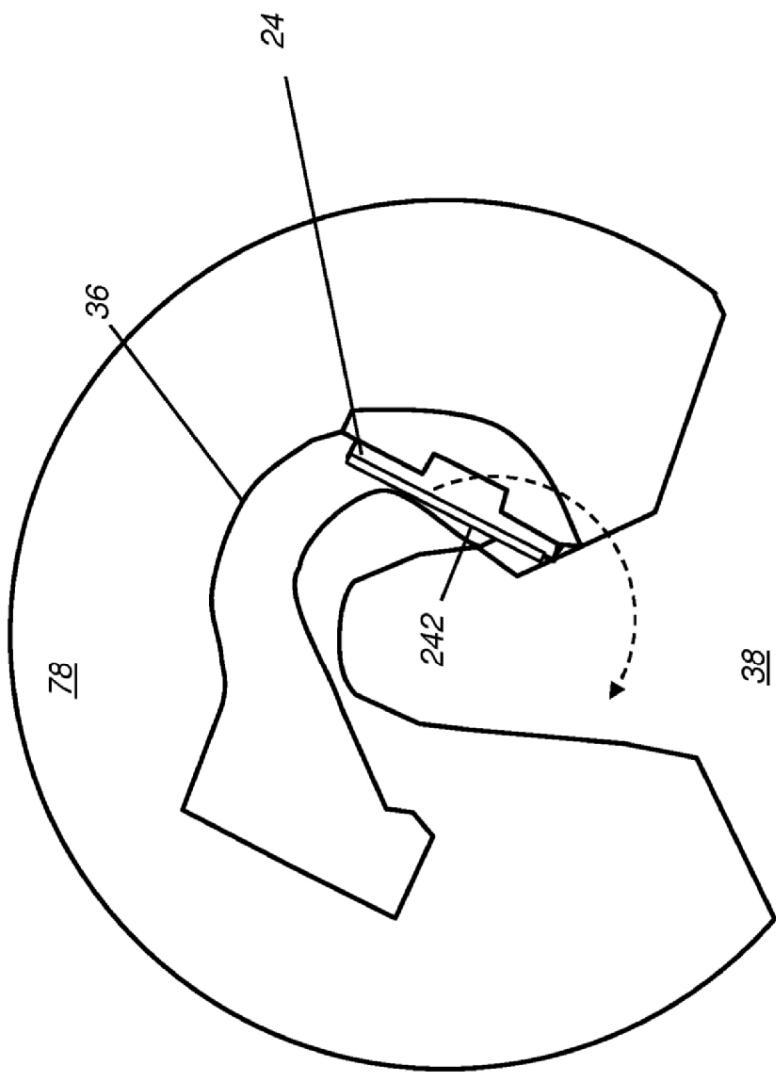


FIG. 22A

110

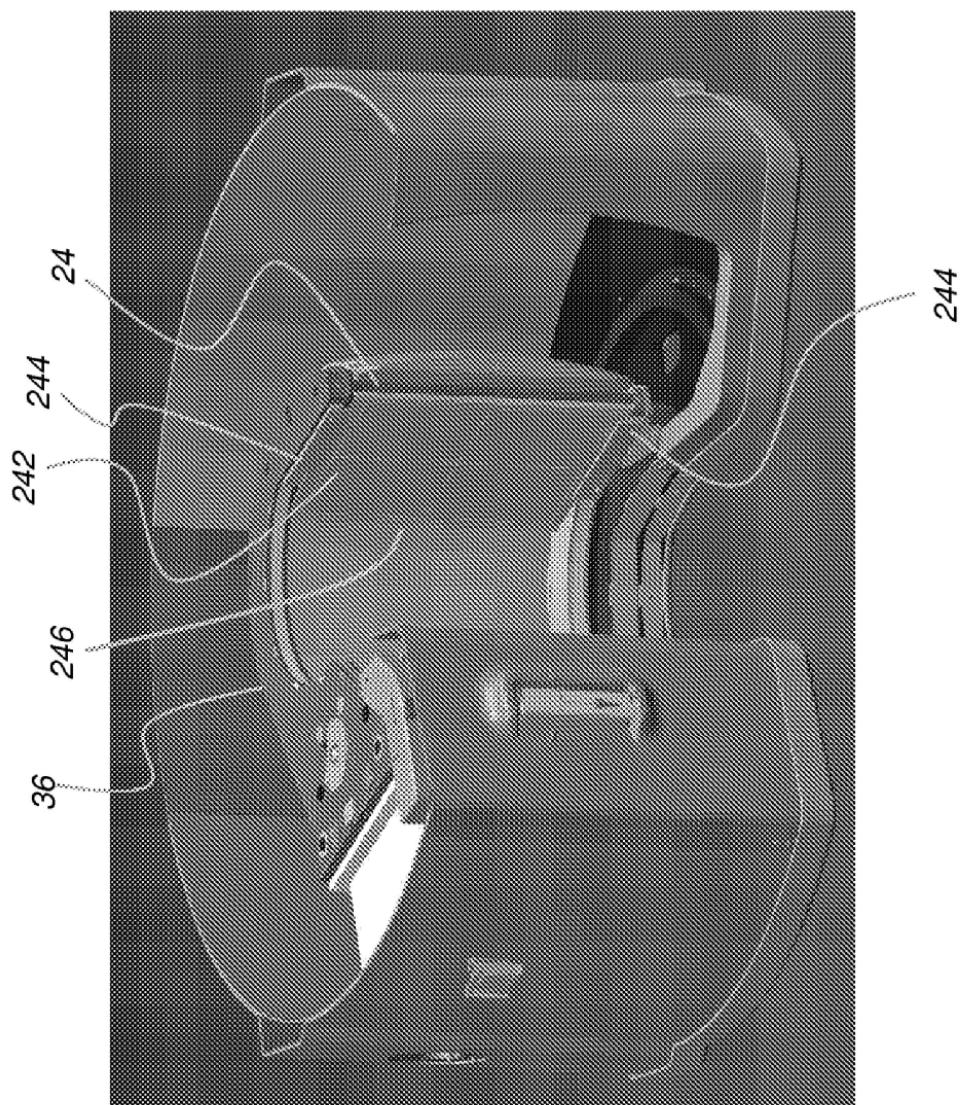


FIG. 22B

110

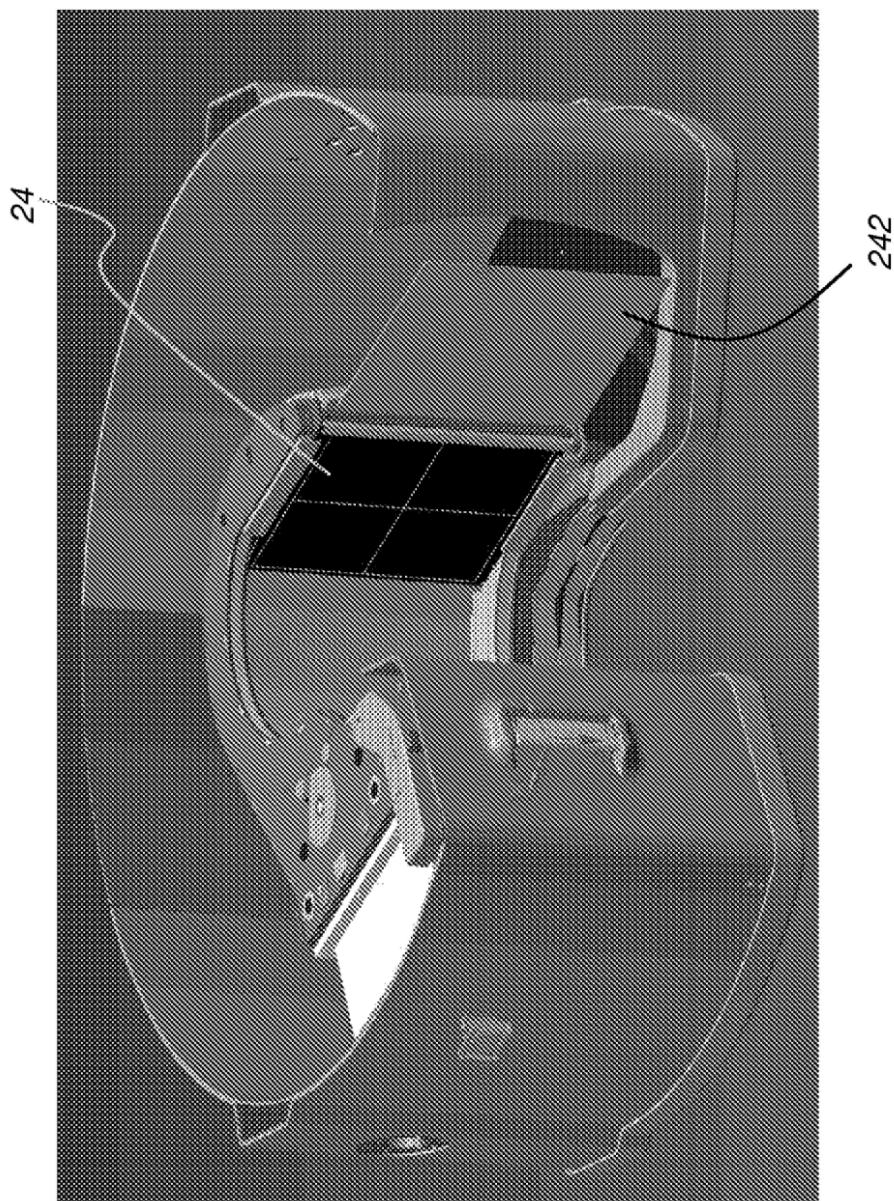


FIG. 22C

110