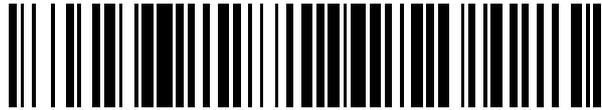


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 234**

51 Int. Cl.:

A61B 6/03

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.04.2011 PCT/US2011/000596**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2011 WO11126555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2011 E 11766268 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2555682**

54 Título: **Aparato de generación de imágenes de extremidades para tomografía computarizada de haz cónico**

30 Prioridad:

09.04.2010 US 322516 P
30.04.2010 US 771250
14.12.2010 US 422679 P
31.03.2011 US 201113076705

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2019

73 Titular/es:

CARESTREAM HEALTH, INC. (100.0%)
150 Verona Street
Rochester, New York 14608, US

72 Inventor/es:

YORKSTON, JOHN;
SNYDER, WILLIAM, F. y
SIEWERDSEN, JEFFREY, H.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 705 234 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 generación de imágenes de extremidades para tomografía computarizada de haz cónico

Campo de la invención

5 La invención se refiere a la generación de imágenes de diagnóstico en general y, en particular, a sistemas de generación de imágenes de haz cónico que se utilizan para obtener imágenes de volumen de extremidades.

Antecedentes de la invención

10 La obtención de imágenes de volumen en 3D se ha empleado como herramienta de diagnóstico, que ofrece ventajas sobre las técnicas anteriores de obtención de imágenes radiográficas bidimensionales para evaluar el estado de estructuras y órganos internos. La obtención de imágenes en 3D de un paciente u otro objeto ha sido posible gracias a una serie de avances, que incluyen el desarrollo de detectores de imágenes de alta velocidad, tales como los detectores de radiografía digital (DR) que permiten captar múltiples imágenes en rápida sucesión.

15 La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), o tecnología de TC de haz cónico, es prometedora como un tipo de herramienta de diagnóstico para proporcionar imágenes de volumen en 3D. Los sistemas de TC de haz cónico capturan conjuntos de datos volumétricos usando un detector de radiografía digital (DR) de alta velocidad de fotografías y una fuente de rayos X, generalmente fijados a un pórtico que gira alrededor del objeto que se va a fotografiar, dirigiendo hacia el objeto, desde diversos puntos a lo largo de su órbita alrededor del objeto, un haz cónico divergente de rayos x. El sistema de CBCT captura proyecciones a lo largo de la rotación, por ejemplo una imagen de proyección en 2-D por cada grado de rotación. A continuación, se reconstruyen las proyecciones en una imagen de volumen en 3D utilizando diversas técnicas. Entre los procedimientos más comunes para reconstruir la imagen de volumen en 3D están los acercamientos de retroproyección filtrada.

20 Si bien se pueden generar imágenes en 3D con calidad de diagnóstico utilizando los sistemas y la tecnología de CBCT, aún están presentes diversos 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 objeto. La obtención de imágenes de piernas, brazos y otras extremidades mediante CBCT puede verse limitada por la obstrucción física de una de las extremidades emparejadas. Este obstáculo suele darse a la hora de obtener proyecciones de imagen de una pierna o una rodilla humana mediante CBCT, por ejemplo. No es posible acceder a todas las posiciones de obtención de imágenes alrededor de la rodilla; la propia anatomía del paciente evita colocar la fuente de radiación y el detector de imágenes sobre una porción de la circunferencia de exploración.

25 Para ilustrar el problema ligado a la obtención de imágenes de la rodilla mediante CBCT, la vista superior de la Figura 1 muestra las trayectorias circulares de exploración para una fuente 22 de radiación y un detector 24 cuando se generan imágenes de la rodilla derecha R de un paciente, tal como un objeto 20. Se muestran diversas posiciones de la fuente 22 de radiación y del detector, en forma de línea discontinua. La fuente 22, situada a cierta distancia de la rodilla, puede colocarse en diferentes puntos sobre un arco de aproximadamente 200 grados; con cualquier arco de mayor tamaño, la rodilla izquierda L bloquea el paso. El detector 24, más pequeño que la fuente 22 y habitualmente ubicado cerca del objeto 20, puede colocarse entre las rodillas derecha e izquierda del paciente y, por lo tanto, puede posicionarse el mismo sobre la órbita circular completa.

30 Para obtener imágenes de CBCT convencionales, no es necesaria una órbita completa de 360 grados de la fuente y el detector; en cambio, con el ángulo del haz cónico puede obtenerse suficiente información para la reconstrucción de imágenes con un intervalo de exploración orbital que supere solo 180 grados, por ejemplo. Sin embargo, en algunos casos puede ser difícil obtener una revolución de más de 180 grados aproximadamente a la hora de obtener imágenes de la rodilla u otras articulaciones, y otras aplicaciones. Es más, pueden darse situaciones de diagnóstico en las que obtener imágenes de proyección en un cierto intervalo de ángulos presente ciertas ventajas, pero en las que la anatomía del paciente bloquee la fuente, el detector, o ambos, impidiendo la obtención de imágenes en ese intervalo.

35 Para obtener imágenes de la pierna, una forma de solucionar este problema es colocar al paciente en una postura tal que la pierna objeto quede extendida en un aparato de exploración de CBCT, y la otra pierna quede apoyada de otra manera o doblada con respecto a la pierna objeto, por ejemplo en un ángulo recto. Este es el acercamiento que se utiliza, por ejemplo, en el dispositivo de escáner de TC descrito en la patente de EE. UU. n.º 7.394.888, titulada "CT Scanner for Lower Extremities" de Sukovic y col. En los procedimientos de la divulgación '888 de Sukovic y col., deberá levantarse o extenderse la otra pierna a cierta distancia, o deberá mantenerse relajada mientras se levanta y se extiende la pierna objeto hacia el equipo de exploración. Esta disposición puede resultar particularmente poco ventajosa por diversas razones. Puede ser útil, por ejemplo, para examinar el estado de una articulación de rodilla o tobillo bajo la carga de peso normal ejercida por el paciente sobre dicha articulación. Pero, al ser necesario que el paciente asuma una posición que no suele darse durante el movimiento habitual, el aparato de la divulgación '888 de Sukovic y col. puede obtener una imagen mientras existe una tensión excesiva, insuficiente o mal dirigida sobre la articulación.

Otro problema de los acercamientos convencionales está relacionado con la obtención de imágenes de una extremidad que soporta carga, tal como una pierna humana. Debido a la incapacidad de obtener imágenes de la pierna bajo una carga normal, mientras el paciente está de pie, se han intentado diversas formas artificiales de imitar las condiciones de carga. Tales acercamientos han usado diversos tipos de anclajes, dispositivos de compresión y soportes. A modo de ejemplo destinado a remediar las deficiencias de las técnicas de obtención de imágenes convencionales, la divulgación '888 de Sukovic y col. enseña a simular la carga normal de la pierna mediante la elevación de la pierna a una posición no de pie, aplicando a continuación una fuerza externa contra la pierna. Sin embargo, puede apreciarse que, si bien este tipo de simulación permite cierta respuesta de la extremidad que soporta la carga, puede ser poco precisa. Ante una carga aplicada artificialmente, y con un ángulo diferente al adoptado mientras se está de pie, puede ser que la articulación de la rodilla o el tobillo no se comporte exactamente como cuando soporta el peso del paciente en la posición de pie.

Otra dificultad del aparato '888 de Sukovic y col., y de otros dispositivos diseñados para lidiar con la obtención de imágenes de rodilla, la parte inferior de la pierna y el pie, está relacionada con una calidad de imagen deficiente. Para una buena calidad de la imagen, la secuencia de CBCT requiere que el detector esté cerca del objeto y que la fuente de radiación de haz cónico esté a una distancia suficiente del mismo. Esto proporciona la mejor imagen posible y reduce el truncamiento de la imagen, y la consiguiente pérdida de datos. Posicionar al objeto a medio trayectoria entre el detector y la fuente, como es necesario en el aparato '888 de Sukovic y col. y en otros dispositivos, no solo compromete notablemente la calidad de la imagen, sino que también coloca al paciente demasiado cerca de la fuente de radiación, por lo que los niveles de radiación son considerablemente más altos.

Un ejemplo de esta estrategia se muestra en la publicación de patente de Alemania DE 10146915. Con la disposición de pórtico en forma de C mostrada, el centrado del objeto en el centro de rotación de la fuente y el detector aplicará cantidades de radiación considerablemente mayores con cada proyección y comprometerá gravemente la calidad de la imagen. Cualquier otra posición del objeto, por ejemplo cerca del detector, podrá reducir los niveles de radiación en algún momento de la secuencia de captura de imágenes, pero resultará en problemas de reconstrucción de imagen demasiado complejos, ya que esto variará las distancias entre la fuente de radiación y el objeto, y entre el objeto y el detector, con cada imagen de proyección obtenida. El intento de obtener imágenes de la rodilla con un sistema de este tipo requerirá soportar al paciente de alguna manera, en equilibrio sobre la pierna de la que se captan imágenes. Obviamente este requisito es poco razonable o resulta imposible en muchas situaciones en las que se están tomando imágenes de una rodilla lesionada. Así, el pórtico en forma de C mostrado no resulta adecuado para obtener imágenes de solo una rodilla del paciente. La solución descrita irradiará ambas rodillas, aumentando la cantidad de tejido expuesto a la radiación y reduciendo la calidad de la imagen.

La obtención de imágenes del pie y el tobillo presenta obstáculos adicionales para la captura de imágenes de proyección de CBCT. La forma del pie en sí hace que sea difícil proporcionar una trayectoria adecuada para que la fuente de rayos X y el detector obtengan un conjunto de imágenes de proyección que puedan usarse para una reconstrucción en 3D precisa. Los acercamientos como el presentado en la divulgación '888 de Sukovic y col., al centrar el pie entre la fuente y el detector, adolecen de los mismos problemas relacionados con una exposición mal posicionada y una calidad de imagen notablemente comprometida.

El documento JP2007159598 da a conocer un aparato para tomografía de haz cónico en el cual una fuente y un detector se mueven a lo largo de una trayectoria, dentro de una carcasa en la que está colocado un pie. El documento WO03/077763 da a conocer un dispositivo tomográfico de rayos x portátil con un cierre de intersticio.

Una serie de acercamientos de obtención de imágenes convencionales para la parte inferior de la pierna funcionan mediante la obtención de imágenes de ambas piernas al mismo tiempo. Este tipo de solución convencional adolece de una calidad de imagen reducida y aumenta el área anatómica del paciente que recibe radiación.

Puede observarse que, aunque se han propuesto diversas soluciones para abordar el problema de la obtención de imágenes de extremidades por CBCT, las soluciones convencionales no logran lo necesario con respecto a la usabilidad y rendimiento.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es evolucionar la técnica de obtención de imágenes de diagnóstico de partes de extremidades corporales, en particular articuladas o que soporten peso, extremidades emparejadas tales como rodillas, piernas, tobillos, dedos, manos, muñecas, codos, brazos y hombros.

La invención está definida en las reivindicaciones 1 y 9, las realizaciones particulares están definidas en las reivindicaciones dependientes 2-8 y 10-15.

Breve descripción de los dibujos

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

La FIG. 1 es una vista esquemática que muestra la geometría y las limitaciones de la exploración por CBCT para porciones de la pierna inferior.

La FIG. 2 muestra una vista superior y en perspectiva del patrón de exploración para un aparato de obtención de imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención.

5 La FIG. 3 es una vista en perspectiva que muestra el acceso del paciente a un aparato de obtención de imágenes, con la compuerta de acceso abierta, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 4 es una vista en perspectiva que muestra al paciente en una posición de exploración, con la compuerta de acceso cerrada.

10 La FIG. 5 es una serie de vistas esquemáticas principales que muestran la secuencia para el acceso del paciente y la preparación del sistema para obtener imágenes por CBCT.

La FIG. 6 es una serie de vistas esquemáticas superiores que muestran la secuencia para obtener proyecciones de CBCT en diversas posiciones angulares.

La FIG. 7 es una vista en perspectiva que muestra el ajuste opcional de altura.

15 Las FIGS. 8A y 8B son vistas en perspectiva que muestran la obtención de imágenes de extremidad para una pierna extendida, en una configuración alternativa.

La FIG. 9 es una vista en perspectiva que muestra una configuración del aparato de obtención de imágenes para obtener imágenes de extremidades superiores.

La FIG. 10 es una vista en perspectiva que muestra la obtención de imágenes mientras un transportador de detector rodea completamente la extremidad inferior.

20 La FIG. 11 es una vista en perspectiva que muestra la obtención de imágenes mientras el transportador de detector rodea completamente la extremidad superior.

La FIG. 12A muestra unas vistas en perspectiva de aparatos de obtención de imágenes con y sin cubiertas.

La FIG. 12B es una vista en perspectiva de un aparato de obtención de imágenes que utiliza una plataforma giratoria para el transporte de la fuente y el detector.

25 La FIG. 13 es una vista superior de la disposición de transporte mostrada en la FIG. 12B.

La FIG. 14A muestra una vista superior del aparato de obtención de imágenes con la carcasa parcialmente transparente.

La FIG. 14B muestra los componentes internos en las posiciones de inicio y parada de exploración.

30 La FIG. 15 muestra unas vistas superiores de la disposición de transporte de plataforma giratoria para la colocación inicial de la extremidad del paciente y el inicio de la exploración.

La FIG. 16 muestra una vista superior durante la secuencia de exploración.

La FIG. 17 muestra unas vistas en perspectiva de una realización para la obtención de imágenes de extremidades en una posición horizontal.

35 La FIG. 18A es una vista superior que compara las consideraciones angulares para la obtención de imágenes de pies y rodillas.

La FIG. 18B es una vista esquemática que muestra la forma del pie en relación con las trayectorias de la fuente y el detector.

La FIG. 19A es una vista esquemática que muestra la posición del paciente para obtener imágenes del pie por CBCT, en una posición sin carga.

40 La FIG. 19B es una vista esquemática que muestra la posición del paciente para obtener imágenes del pie por CBCT, en una posición de carga.

La FIG. 19C es una vista esquemática que muestra la posición del paciente para obtener imágenes del pie por CBCT, en una posición sin carga con el paciente sentado y la pierna extendida.

45 La FIG. 20 muestra unas vistas en perspectiva de un aparato de obtención de imágenes para imágenes del pie, que emplea un inserto para configurar la trayectoria del detector.

La FIG. 21 es una vista superior de un aparato de obtención de imágenes para imágenes del pie, que emplea un inserto para configurar la trayectoria del detector.

La FIG. 22 es una vista superior de un aparato de obtención de imágenes para imágenes del pie, que emplea un inserto para configurar la trayectoria del detector y tiene cubiertas translúcidas.

50 Las FIGS. 23, 24 y 25 son vistas en perspectiva que muestran diferentes posiciones del equipo físico de obtención de imágenes para imágenes del pie y el tobillo.

Las FIGS. 26 y 27 son vistas en perspectiva que muestran un aparato de obtención de imágenes por CBCT, girado a diferentes posiciones de obtención de imágenes.

55 La FIG. 28 es una vista en perspectiva de un aparato de obtención de imágenes por CBCT, en una realización alternativa que usa una o más compuertas para completar la trayectoria del detector.

La FIG. 29 es una vista en perspectiva de un aparato de obtención de imágenes por CBCT, en la realización que usa una o más compuertas para completar la trayectoria del detector, con las compuertas en posición cerrada.

La FIG. 30 es una vista superior de un aparato de obtención de imágenes por CBCT, en una realización alternativa que usa una o más compuertas para completar la trayectoria del detector.

60 La FIG. 31 es una vista superior de un aparato de obtención de imágenes por CBCT, en la realización que usa una o más compuertas para completar la trayectoria del detector, con las compuertas en posición cerrada.

Las FIGS. 32 y 33 muestran las posiciones de compuertas abiertas y compuertas cerradas, respectivamente, para un aparato de obtención de imágenes por CBCT en posición girada para obtener imágenes del pie o el tobillo con la pierna extendida.

65 La FIG. 34 es un diagrama esquemático que muestra trayectorias de radiación alternativas para la obtención de imágenes de pie y tobillo.

La FIG. 35A es un diagrama esquemático que muestra una carcasa, inclinada en un ángulo oblicuo para la obtención de imágenes del pie, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 35B es un diagrama esquemático que muestra una carcasa, invertida e inclinada en un ángulo oblicuo para obtener imágenes del pie, de acuerdo con una realización alternativa.

5 La FIG. 36A es un diagrama esquemático que muestra una carcasa sin un inserto de pie, inclinada en un ángulo para la obtención de imágenes del pie y los dedos del pie, de acuerdo con una realización alternativa de la presente invención.

La FIG. 36B es un diagrama esquemático que muestra una carcasa con un inserto de pie, inclinada en un ángulo para la obtención de imágenes del pie y los dedos del pie, de acuerdo con una realización alternativa.

10 **Descripción detallada de la invención**

La siguiente es una descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención, haciéndose referencia a los dibujos, en los que los mismos números de referencia identifican los mismos elementos estructurales en cada una de las diversas figuras.

15 Son necesarias mejoras en la obtención de imágenes de extremidades, en particular en la obtención de imágenes de las extremidades inferiores emparejadas, incluyendo las siguientes mejoras:

(i) una mejor ubicación de la fuente de radiación y el detector, para proporcionar niveles de radiación y calidad de imagen aceptables en toda la secuencia de exploración;

20 (ii) flexibilidad del sistema para obtener imágenes a diferentes alturas con respecto al eje de rotación de la fuente y el detector, incluyendo la flexibilidad para permitir la formación de imágenes mientras el paciente está de pie o cómodamente sentado, por ejemplo con un pie en una posición elevada;

(iii) una accesibilidad mejorada del paciente, de modo que el paciente no necesite retorcer, girar o tensar excesivamente las extremidades o articulaciones, que pueda haberse lesionado, a la hora de obtener imágenes de esas partes del cuerpo;

25 (iv) una ergonomía mejorada para obtener la imagen de CBCT, permitiendo al paciente estar de pie con una postura normal, por ejemplo. Esto también permitirá obtener imágenes de las extremidades que soportan carga, tales como las piernas, rodillas y tobillos, bajo la carga normal ejercida por el peso del paciente, en lugar de hacerlo en condiciones de carga simuladas como las descritas en la divulgación '888 de Sukovic y col. y en otros documentos;

30 (v) capacidad para obtener imágenes del pie o el tobillo por CBCT. La dificultad inherente debida a la forma del pie es un factor; otros problemas asociados a la formación de imágenes del pie incluyen la necesidad de poder visualizar el pie en diferentes posiciones, con y sin carga de peso.

35 En el contexto de la presente divulgación, el término "extremidad" tiene su significado convencional en el lenguaje de diagnóstico por imágenes, refiriéndose a rodillas, piernas, tobillos, dedos, manos, muñecas, codos, brazos y hombros, y a cualquier otra extremidad anatómica. El término "objeto" se utiliza para describir la extremidad del paciente de la cual se obtienen imágenes, por ejemplo la "pierna objeto". La expresión "extremidad emparejada" se usa en general para referirse a cualquier extremidad anatómica cuyo número normal en el mismo paciente sea dos o más. En el contexto de la presente invención, no se visualizan las extremidades emparejadas; solo se obtienen imágenes de la extremidad objeto.

40 Para describir la presente invención en detalle, los ejemplos ofrecidos en el presente documento para realizaciones de la presente invención se centran en la obtención de imágenes de las extremidades inferiores de la anatomía humana, que soportan carga, tales como la pierna, la rodilla, el tobillo y el pie, por ejemplo. Sin embargo, estos ejemplos se consideran ilustrativos y no limitativos.

45 En el contexto de la presente divulgación, el término "arco" o, alternativamente, la expresión "arco circular", tiene su significado convencional de una porción de un círculo inferior a 360 grados o, en una consideración alternativa, inferior a 2π radianes para un radio dado.

50 Las realizaciones de la presente invención abordan las dificultades asociadas a la obtención de imágenes de extremidades inferiores, al proporcionar un aparato de obtención de imágenes que define trayectorias orbitales de la fuente y el detector, concéntricas alrededor de un punto central, en el que los componentes que proporcionan las trayectorias de la fuente y el detector están configurados para permitir el acceso del paciente antes y después de la obtención de imágenes, y están configurados para permitir que el paciente permanezca con una postura normal durante la serie de captura de imágenes de CBCT. En realizaciones de la presente invención, esta capacidad se efectúa utilizando un dispositivo de transporte de detector que tiene una abertura de acceso circunferencial, que permite el posicionamiento de la extremidad, en el que el dispositivo de transporte de detector se hace girar alrededor de la extremidad posicionada una vez que la misma está en su sitio, encerrando la extremidad a medida que se hace girar el mismo durante al menos parte de la exploración.

55 Resulta instructivo tener en cuenta los atributos dimensionales de la estructura corporal humana que pueden suponer consideraciones a la hora de diseñar equipos de CBCT para explorar las extremidades. Por ejemplo, un paciente adulto de estatura media en una posición cómoda, de pie, tendrá las rodillas izquierda y derecha

generalmente separadas a una distancia de entre aproximadamente 10 y aproximadamente 35 cm. Para un adulto de estatura media, separar las rodillas más de 35-40 cm aproximadamente será más incómodo y estará fuera del intervalo de la postura erguida normal. Resulta instructivo tener en cuenta que esta restricción hace que sea poco práctico utilizar soluciones de pórtico, como la que se muestra en el documento DE 10146915 y se describió anteriormente, para obtener imágenes de la rodilla. Para obtener imágenes por CBCT de una única rodilla, ya sea la fuente o el detector deberá poder pasar entre las piernas de un paciente que esté de pie, lo cual no es posible con las soluciones de pórtico u otras soluciones convencionales.

Las vistas en perspectiva y superior de la Figura 2 muestran cómo se proporciona el patrón de exploración, utilizando diversas realizaciones de un aparato 10 de obtención de imágenes por CBCT de acuerdo con la presente invención. Un primer dispositivo, un transportador 34 de detector, proporciona una trayectoria del detector 28 con un radio R1 adecuado, desde un eje central A. Un segundo dispositivo, un transportador 32 de fuente, proporciona una trayectoria de la fuente 26 con un segundo radio R2, más grande. La extremidad, el objeto 20, se centra sustancialmente a lo largo del eje central A, de modo que el eje central A puede considerarse como una línea que atraviesa puntos del objeto 20. La geometría limitante asociada a la captura de imágenes se debe al arco del transportador 32 de fuente, que se ve bloqueado por la anatomía del paciente, por ejemplo por un miembro emparejado, habitualmente en unos 200 grados, como se señaló anteriormente. Otra limitación se refiere al objetivo deseable de no exponer al paciente más de lo necesario. Esto define un sector circular parcial, limitado por dichos arco y radios en el inicio y final de la exploración.

Aunque el transportador 34 de detector es capaz de una órbita completamente circular, dado que puede moverse entre las piernas del paciente mientras está de pie, sigue el arco necesario complementario al del transportador 32 de fuente. El acceso del paciente antes de la exploración se facilita al proporcionar un intersticio circunferencial 38 en el transportador 34 de detector. Con el transportador 34 de detector en la posición abierta, mostrada en la Figura 3, el paciente puede acceder libremente a la posición de obtención de imágenes y salir libremente de la misma. Cuando el paciente está correctamente posicionado, se hace girar el transportador 34 de detector alrededor del eje A, sustancialmente 180 grados. Este movimiento orbital limita la extremidad más estrechamente y coloca el detector 24, que no es visible en las Figuras 2 a 4 debido a la carcasa del transportador 34 de detector, en posición cerca del objeto 20 para obtener en secuencia la primera imagen de proyección.

El intersticio circunferencial 38 no solo permite el acceso para colocar la pierna objeto, u otra extremidad, sino que también permite suficiente espacio para que el paciente permanezca de pie en una posición normal durante la obtención de imágenes, colocando la pierna objeto de la cual van a obtenerse imágenes en la posición central del eje A (Figura 2), y la pierna emparejada de la cual no van a obtenerse imágenes dentro del espacio definido por el intersticio circunferencial 38. El intersticio circunferencial 38 se extiende aproximadamente 360 grados, menos la suma de 180 grados más el ángulo del haz, que está determinado por la geometría del detector y la fuente y la distancia entre los mismos.

Las vistas superiores de la Figura 5 muestran la secuencia para el acceso del paciente al aparato 10 de obtención de imágenes. En una posición 40 de acceso abierto, el intersticio circunferencial 38 permite el acceso de la extremidad de modo que pueda centrarse en su posición a lo largo del eje central A. El contorno del pie, correspondiente a una posición 42 de acceso abierto, indica la posición del paciente y se muestra como referencia. En este ejemplo, la pierna izquierda es el objeto fotografiado; la pierna derecha emparejada quedaría dentro o justo fuera del intersticio circunferencial 38. Una vez que la pierna u otra extremidad del paciente esté en su sitio, puede hacerse girar hasta su posición el transportador 34 de detector, o una cubierta con capuchón u otro miembro que defina esta trayectoria de transporte, cerrando la porción de detector del intersticio circunferencial 38, como se muestra en una posición giratoria 44 del transportador. Una posición 46 con el transportador en su sitio muestra el transportador 34 de detector en una posición adecuada para ejecutar la secuencia de obtención de imágenes.

Las vistas superiores de la Figura 6 continúan la secuencia operativa iniciada en la Figura 5, y muestran la secuencia para obtener proyecciones de CBCT en diversas posiciones angulares cuando se usa el aparato 10 de obtención de imágenes. En la Figura 6 se muestran las posiciones relativas de la fuente 22 de radiación y el detector 24, que pueden ocultarse bajo un capuchón, como se mencionó anteriormente. El contorno del pie es una referencia para indicar la posición relativa de la pierna del paciente; la propia obtención de imágenes del pie se muestra y describe con más detalle posteriormente. La fuente y el detector están diametralmente opuestos en cada posición durante la exploración por CBCT y la obtención de imágenes de proyección. La secuencia comienza en una posición 50 de inicio de exploración, con la fuente 22 de radiación y el detector 24 en las posiciones iniciales para obtener una imagen en un primer ángulo. A continuación, tanto la fuente 22 de radiación como el detector 24 giran alrededor del eje A, como se representa en las posiciones intermedias 52, 54, 56 y 58 de exploración. La obtención de imágenes termina en una posición 60 de fin de exploración. Como muestra esta secuencia, la fuente 22 y el detector 24 están en posiciones diametralmente opuestas en relación con el objeto 20, en cada ángulo de obtención de imágenes. A lo largo del ciclo de exploración, el detector 24 está a una corta distancia D1 del objeto 20. La fuente 22 está posicionada más allá de una mayor distancia D2 del objeto 20. El posicionamiento de los componentes de la fuente y del detector puede llevarse a cabo mediante accionadores separados, uno para cada trayectoria de transporte, o mediante un solo miembro giratorio, como se describe con más detalle posteriormente. Cabe señalar que también es posible el movimiento de exploración en la dirección opuesta, es decir en el sentido horario con respecto al ejemplo mostrado en la Figura 6, con los correspondientes cambios en las posiciones inicial y terminal de

exploración.

Otras características del aparato 10 de obtención de imágenes vienen dadas por la capacidad de mover como una unidad tanto el transportador 32 de fuente como el transportador 34 de detector, a lo largo de la dirección del eje, como se muestra en la vista en perspectiva de la Figura 7. Un soporte vertical 70 proporciona transporte vertical del aparato de obtención de imágenes, de modo que puedan trasladarse hacia arriba o hacia abajo la fuente y el detector, en la dirección del eje central, para adaptarse a pacientes de diferentes alturas y para obtener imágenes de diferentes partes de la pierna. El ajuste de la altura puede hacerse antes o después de que el transportador 34 de detector encierre la pierna objeto del paciente de la cual va a obtenerse la imagen, utilizando la secuencia de configuración de la Figura 5.

En una realización, que no es parte de la invención, el soporte vertical 70 también permite la rotación del aparato 10 de obtención de imágenes por CBCT para permitir obtener imágenes de una extremidad que esté dispuesta horizontalmente, o que se extienda en determinado ángulo oblicuo que no sea vertical. Las Figuras 8A y 8B muestran unas vistas en perspectiva de la obtención de imágenes de rodilla en posición horizontal, con el paciente sentado y la pierna extendida hacia fuera. Es posible la rotación completa de 360 grados sobre un eje Q de inclinación. Cabe señalar que con esta aplicación el paciente cuenta con una accesibilidad similar, con el transportador 34 de detector girado en posición una vez que la extremidad está centrada en su sitio. También es posible un ajuste adicional de la altura, por ejemplo para la obtención de imágenes del brazo, el codo o el hombro, como se muestra en la Figura 9.

El uso del transportador giratorio 34 de detector simplifica el acceso al paciente y proporciona una trayectoria de obtención de imágenes suficiente para la obtención de imágenes por CBCT, ya que la limitación angular de la trayectoria de orbital de obtención de imágenes se debe a la obstrucción de la fuente, en lugar de a la trayectoria del detector. Así, por ejemplo, el transportador 34 de detector podría rodear completamente la extremidad, como se muestra en los ejemplos de las Figuras 10 y 11. En estas realizaciones, solo existe un intersticio circunferencial 38 en la órbita de la fuente.

Con referencia de nuevo a los diagramas esquemáticos de la Figura 6, cada uno de la fuente 22 de radiación y el detector 24 orbitan con respecto al objeto a lo largo de un arco con radios R2 y R1, respectivamente. Dentro del transportador 32 de fuente podría usarse un accionador de fuente, que coopere con un accionador de detector complementario y separado que forme parte del transportador 34 de detector. Así, mediante un controlador lógico externo pueden controlarse y coordinarse por separado dos dispositivos de accionador independientes, uno en cada uno conjunto de transporte, para mover la fuente 22 y el detector 24 a lo largo de sus respectivos arcos, al unísono, alrededor del objeto 20.

En una realización alternativa, que no es parte de la invención, los componentes de transporte de la fuente y el detector están unidos mecánicamente a un solo conjunto rotativo o giratorio. Una disposición de este tipo, que se muestra a la derecha en la Figura 12A y ampliada en la Figura 12B, proporciona el transportador 32 de fuente y el transportador 34 de detector utilizando un solo conjunto mecánico, un miembro giratorio 68, sobre una plataforma giratoria 64 que gira alrededor del eje central A de rotación y proporciona los radios necesarios para la fuente 22 y el detector 24. Como se muestra mejor en la vista superior de la Figura 13, el detector 24 se desplaza a lo largo de la superficie de la plataforma giratoria 64 en forma de C, orbitando con respecto al objeto en el radio R1. La fuente 22 está conectada a la plataforma giratoria 64 a lo largo de un brazo 66, que proporciona el radio más largo R2. El intersticio circunferencial 38 se extiende tanto a través de la trayectoria de la fuente como a través de la trayectoria del detector.

Cabe observar que las realizaciones mostradas utilizando el miembro giratorio 68 sobre la plataforma giratoria 64 pueden estar encerradas en una o más carcasas, proporcionando de este modo un aspecto similar al aparato 10 de obtención de imágenes mostrado en las Figuras 7-11, por ejemplo. Este tipo de disposición presenta ventajas de cara a aislar al paciente de los componentes en movimiento y de cara a aliviar al menos parte de la ansiedad del mismo, que podría estar causada por el movimiento automático de los componentes durante la obtención de imágenes.

La Figura 14A muestra componentes del transportador 32 de fuente y el transportador 34 de detector y de la fuente 22 y el detector 24, cuando están situados dentro de las cubiertas 80 que protegen las partes mecánicas en movimiento y ayudan a evitar el contacto del paciente con los componentes en movimiento. La Figura 14B muestra el sistema cubierto con componentes internos en las posiciones 50 y 60 de inicio y de fin de exploración, respectivamente, cuando se usa la secuencia de exploración anteriormente descrita con referencia a la Figura 6.

Las vistas superiores de las Figuras 13, 15 y 16 muestran cómo se proporciona acceso al paciente utilizando esta disposición mecánica. Una vez que el paciente está situado, el miembro giratorio 68 se mueve alrededor de la extremidad posicionada hasta una posición 72 de inicio, como se muestra en la parte inferior de la Figura 15. La obtención de imágenes comienza en esta posición y continúa mientras el miembro giratorio 68 gira sobre los componentes de fuente y de detector, alrededor del eje A. Para el ejemplo de las Figuras 15 y 16, el miembro giratorio 68 se mueve en el sentido horario. También sería posible una rotación en sentido antihorario.

El miembro giratorio 68 también puede usarse con una configuración de obtención de imágenes de extremidades superiores, como se muestra en la Figura 17. Debido a que ninguna parte de la anatomía del paciente bloquea la trayectoria de transporte, con esta configuración es posible una órbita circular completa de exploración. De nuevo, es posible una rotación completa de 360 grados de los componentes en el plano del miembro giratorio 68, alrededor del eje Q de inclinación.

En el contexto de la presente divulgación, se considera que la expresión “parte inferior de la pierna” incluye cualquier porción de la pierna humana justo desde encima de la rodilla hacia fuera, incluyendo la rodilla, así como las estructuras de tibia/peroné, tobillo y pie. También es posible la obtención de imágenes de porciones terminales de la parte inferior de la pierna, incluyendo el tobillo y el pie, con el aparato 10 de obtención de imágenes por CBCT. Sin embargo, debido a que el pie sobresale hacia la trayectoria deseado del transportador de detector, el intervalo angular permitido para la obtención de imágenes del pie es más limitado que el intervalo para la obtención de imágenes de piernas y rodillas en general. La vista superior de la Figura 18A muestra, por ejemplo, que el intervalo angular para la exploración del pie por CBCT, para un paciente que esté de pie utilizando el aparato 10 de obtención de imágenes por CBCT descrito anteriormente, es aproximadamente 50 grados menor que el de la obtención de imágenes de rodilla, por ejemplo.

Como se muestra esquemáticamente en la Figura 18B, la forma general del pie dificulta la obtención de imágenes en un aparato de CBCT con la disposición recién descrita para el aparato 10 de obtención de imágenes por CBCT. En esta figura, el círculo interior de línea discontinua representa la posible trayectoria arqueada del detector 28; el círculo exterior de línea discontinua representa la posible trayectoria arqueada 26 de la fuente. Las trayectorias 26 y 28 se encuentran en un plano T de transporte que puede inclinarse, como se describe más adelante. Como se mostró anteriormente, las trayectorias 26 y 28 son concéntricas y los dispositivos de fuente y de detector están dispuestos de manera opuesta entre sí, a lo largo de estas trayectorias respectivas. Cuando el pie está extendido, la trayectoria 26 de la fuente no se ve obstruida por la anatomía del paciente. Debido a las limitaciones de la trayectoria 28 del detector, que debe tener la forma de un arco circular que se extiende sustancialmente desde un lado del pie al otro, son necesarios diferentes acercamientos para obtener imágenes de proyección del pie y del tobillo.

Los diagramas esquemáticos de las Figuras 19A, 19B y 19C muestran el posicionamiento del paciente para obtener imágenes del pie en diversas condiciones y ángulos de inclinación, cuando se usa un aparato de obtención de imágenes por CBCT que está configurado de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. La Figura 19A muestra el posicionamiento del paciente para la obtención de imágenes del pie por CBCT en una posición sin carga. El paciente coloca un pie en un aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT, por ejemplo sobre una muesca 102 de tipo pedestal formada en una carcasa 80 de un aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT, u otro soporte adecuado que mantenga el pie a la altura adecuada para la obtención de imágenes. A continuación, la fuente 22 y el detector 24 orbitan con respecto al pie en un intervalo de ángulos para obtener las proyecciones de imagen necesarias. En este caso, el plano T de transporte es sustancialmente horizontal. Cabe señalar que el eje Q de inclinación, que se muestra en las Figuras 8A, 8B y en otros lugares, es sustancialmente paralelo al plano T de transporte, pero puede estar situado por encima o por debajo del plano T.

La Figura 19B muestra el posicionamiento del paciente para la obtención de imágenes del pie por CBCT en una posición con carga. Con esta disposición, el paciente puede ponerse de pie en una posición natural y aplicar algo de peso sobre el pie durante la obtención de imágenes. En este caso, el plano T de transporte también es sustancialmente horizontal.

La Figura 19C es una vista esquemática que muestra el posicionamiento del paciente para obtener imágenes del pie por CBCT en una aplicación sin carga, con el paciente sentado y la pierna extendida. Esta posición aprovecha la carcasa giratoria del aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT. En este caso, el plano T de transporte es sustancialmente vertical, o presenta otro ángulo vertical adecuado.

La vista en perspectiva de la Figura 20 muestra una realización del aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT que utiliza, a modo de aparato de tipo cierre de intersticio o de cierre de trayectoria del detector que proporciona un cierre de intersticio a través del intersticio circunferencial 38 y encierra la trayectoria del detector, un inserto desprendible 110 que se añade al aparato de obtención de imágenes por CBCT cuando se requiere la obtención de imágenes del pie o el tobillo. El inserto 110 actúa a modo de cubierta sobre la trayectoria de desplazamiento del detector, y define los límites de la órbita del detector para la obtención de imágenes del pie. En este caso, puede deslizarse el inserto 110 en su sitio dentro de la carcasa exterior 80 según sea necesario. El inserto 110 está enchavetado mecánicamente para encajar en la carcasa 80 solo en la orientación correcta, y está diseñado con interbloqueos que detectan cuando el inserto 110 está en su sitio y proporcionan una señal a la lógica de control, para modificar en consecuencia las trayectorias del detector y la fuente. Estando el inserto 110 en su sitio, se proporciona el cierre del espacio 38, completando la porción de la trayectoria del detector situada a través del espacio 38.

La vista superior de la Figura 21 muestra desde una vista exterior, siendo opacas la cubierta y la carcasa, el inserto 110 en su sitio dentro del aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT, y muestra la posición de referencia de un pie F cuando está situado dentro del inserto 110. La vista superior de la Figura 22 muestra las cubiertas del inserto 110 y la carcasa 80 del aparato 100 de obtención de imágenes como si fueran transparentes, de modo que

puedan observarse las posiciones de la fuente 22 y el detector 24. Para la obtención de imágenes del pie, la trayectoria de desplazamiento cambia de modo que el recorrido del detector 24 sea alrededor de los lados y la parte trasera del pie, y no alrededor de la parte delantera del pie. Este patrón se muestra en la secuencia de vistas en perspectiva de las Figuras 23, 24 y 25. Las Figuras 23 y 25 muestran los extremos de la trayectoria de recorrido del detector 24. Cuando se usa una órbita en sentido horario, la Figura 23 muestra la posición de inicio de la órbita del detector 24 y la Figura 25 la posición de finalización. Cuando se usa un movimiento antihorario, la Figura 25 muestra la posición de inicio del detector 24 y la Figura 23 la posición de finalización.

El ajuste de la altura y del ángulo resultan útiles para la obtención de imágenes del pie y el tobillo. Las Figuras 26 y 27 muestran diferentes posiciones de rotación y de altura, que también pueden proporcionarse para permitir un posicionamiento más flexible del paciente. Por ejemplo, la disposición mostrada en la Figura 27 resulta adecuada para obtener imágenes del pie mientras el paciente está en una posición con la pierna extendida, como se describió anteriormente con referencia a la Figura 19C.

Además de la rotación alrededor de un eje Q de inclinación, como se muestra en la Figura 27, en una realización la carcasa 80 también puede girar al menos parcialmente alrededor de un eje vertical A perpendicular, mostrado en la Figura 27 y en otras partes.

Si bien el inserto 110 resulta útil como un aparato de cierre de la trayectoria del detector o un aparato de cierre del intersticio circunferencial para proporcionar un movimiento continuado del recorrido de transporte del detector alrededor de la parte trasera del pie, será necesario retirar el inserto para permitir obtener imágenes de la rodilla u otras extremidades. La realización alternativa que se muestra en las Figuras 28, 29, 30, 31, 32 y 33 usa un acercamiento alternativo, para permitir obtener imágenes del pie u obtener imágenes de la rodilla usando el mismo dispositivo. Las vistas en perspectiva de las Figuras 28 y 29 muestran un aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT que tiene un conjunto de compuertas 114 que actúa a modo de aparato de cierre de intersticio para cerrar la trayectoria del detector, y que encierra esa porción de la trayectoria arqueada del detector. Las compuertas 114 se abren para permitir la entrada del pie del paciente y se pueden cerrar una vez que el pie está situado en la muesca 102 de tipo pedestal. El cierre de las compuertas 114 completa la trayectoria 28 del detector, extendiendo esta trayectoria por detrás del paciente de modo que el detector 24 pueda pasar por detrás del pie durante la secuencia de obtención de imágenes por CBCT, como se mostró anteriormente con referencia a las Figuras 23, 24 y 25. Las Figuras 30 y 31 muestran las posiciones de compuertas abiertas y compuertas cerradas con una vista superior, para esta realización alternativa.

Las figuras 32 y 33 muestran las posiciones de las compuertas abiertas y cerradas, respectivamente, con el aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT en posición girada para obtener imágenes del pie o el tobillo con la pierna extendida. Cabe observar que podría usarse una sola compuerta como alternativa a la disposición de doble compuerta de las Figuras 28-33. Un sensor 82 (Figura 28) detecta cuando un pie está situado en el pedestal, y ajusta los patrones de obtención de imágenes y de transporte en consecuencia.

Las trayectorias de desplazamiento del detector y la fuente proporcionadas para las posiciones convencionales del paciente, que se muestran en las Figuras 19A, 19B y 19C, pueden usarse para la reconstrucción precisa en 3D del tobillo y las áreas superiores del pie, pero pueden ser menos precisas para la reconstrucción de una Imagen en 3D del propio pie. Con referencia al diagrama esquemático de la Figura 34, puede observarse que la trayectoria P1 de radiación frontal directa desde la fuente 22 hasta el detector 24 pasa a través de diversas estructuras óseas. Esta es una complicación asociada a un patrón de exploración en el que las órbitas de la fuente y del detector están en el plano P1 de la trayectoria de radiación. La reconstrucción en 3D a partir de una imagen de este tipo se complica debido a la presencia de estos huesos en diferentes disposiciones para diferentes proyecciones de imagen, o que están ausentes en las mismas. Una solución es inclinar el pie; sin embargo, puede que esto no sea posible para el paciente. Adicionalmente, el hecho de que el paciente mantenga el pie en una posición incómoda puede no ser lo más útil para un análisis de diagnóstico. El pedestal (que en la Figura 34 no se muestra en pos de la claridad) asienta el pie a lo largo de un plano W, que puede o no ser horizontal.

Una solución alternativa que está disponible con las realizaciones del aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT es inclinar el propio aparato de obtención de imágenes sobre el eje Q de inclinación (Figura 28 y en otros lugares), en un ángulo θ de modo que la carcasa 80 quede en un ángulo oblicuo de 1 o más grados con respecto a la horizontal o la vertical, por ejemplo a 10, 20 o 40 grados.

Con respecto al diagrama esquemático de la Figura 34, esta disposición permite desplazar las órbitas de la fuente y el detector en el plano T de transporte con cualquiera de un intervalo de posiciones angulares, que se muestran como planos T1 y T2 correspondientes a las trayectorias P1 y P2, por ejemplo, permitiendo una mejor obtención de imágenes de partes del pie y el tobillo. Como se muestra en la Figura 34, esta disposición inclina de manera efectiva el plano T de transporte a cualquiera de un intervalo de ángulos con respecto al plano W del pie, de modo que los planos W y T estén en ángulos diferentes. Por lo tanto, el ángulo de inclinación del eje de inclinación se puede disponer para dirigir la radiación al pie en un ángulo que esté desplazado con respecto a la base del pie, en un intervalo variable que va desde unos pocos grados hasta más de 10 o 20 grados, y permitiendo incluso que el eje de inclinación varíe en un intervalo completo de 90 grados o más, con este fin.

5 El diagrama esquemático de la Figura 35A muestra la carcasa 80 inclinada en un ángulo oblicuo para la obtención de imágenes del pie, de acuerdo con una realización. Esto orienta las órbitas de la fuente 22 y el detector 24 en un ángulo oblicuo con respecto a la horizontal, y también expande el posible intervalo angular de las trayectorias de recorrido de la fuente y del detector. El diagrama esquemático de la Figura 35B muestra una disposición alternativa, con la carcasa 80 invertida y en un ángulo oblicuo, para mejorar la cobertura de la imagen de partes del pie.

10 Debido a que se permite un intervalo angular tan extendido, las realizaciones de la presente invención también pueden abordar el problema de la obtención de imágenes para la parte delantera del pie y de la obtención de imágenes de los dedos. La Figura 36A muestra una realización en la que no se utiliza el inserto 110 para pie. En esta realización, puede colocarse el pie extendido para obtener imágenes, pero la espinilla de la pierna evita que se extienda completamente el pie hacia el área de obtención de imágenes. Con el inserto 110 para pie, como se muestra en la Figura 36B, el pie puede extenderse unos centímetros más hacia el área de obtención de imágenes, ya que el paciente cuenta con más espacio para mover la espinilla para hacia delante.

15 Puede apreciarse que la realización alternativa mostrada en las Figuras 28-33, que no usa el inserto 110 sino que utiliza algún tipo de disposición de compuertas deslizantes, presenta ventajas sobre las realizaciones que requieren el uso del inserto 110. Una ventaja se refiere al uso más general del aparato 100 de obtención de imágenes por CBCT para obtener imágenes de diferentes extremidades. Por ejemplo, puede usarse el mismo aparato para obtener imágenes de un pie o un tobillo, así como para obtener imágenes de una rodilla u otra parte de la pierna u otra extremidad.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) para tomografía computarizada de haz cónico de una porción inferior de la pierna de un paciente, que comprende:
 - 5 un transportador (32) de fuente, accionable para mover una fuente (22) de radiación a lo largo de al menos una porción de una trayectoria arqueada (28) de la fuente dentro de una carcasa, en el que la trayectoria de la fuente se extiende desde un lado de un intersticio circunferencial (38) en la carcasa hasta el otro lado del intersticio circunferencial, y tiene un radio R2 alrededor de un centro;
 - una muesca (102) de tipo pedestal en la carcasa para colocar el pie del paciente;
 - 10 un detector (22) de radiación digital;
 - un transportador (34) de detector, accionable para mover el detector a lo largo de al menos una porción de una trayectoria arqueada (28) del detector dentro de la carcasa, teniendo la trayectoria del detector un radio R1 alrededor del centro y siendo concéntrica con la trayectoria de la fuente, en el que R1 es menor que R2, y en el que la trayectoria del detector se extiende desde un lado de la muesca de tipo pedestal hasta el otro; y
 - 15 un aparato de cierre de intersticio que puede moverse a una posición que continúa la trayectoria del detector a través del intersticio circunferencial, y que encierra la trayectoria del detector a través del intersticio.
2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aparato de cierre de intersticio comprende un inserto (110) encajado en la carcasa.
3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aparato de cierre de intersticio comprende una o más compuertas deslizantes en la carcasa.
- 20 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la carcasa es giratoria alrededor de un eje (A) que se extiende a través del centro de la trayectoria arqueada de la fuente.
5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sensor que detecta cuando un pie está situado en la muesca de tipo pedestal.
- 25 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la carcasa es giratoria adicionalmente alrededor de un eje (Q) que se extiende a través de la carcasa, desde un lado de la carcasa hasta el otro.
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un soporte vertical (70) para la carcasa y en el que la altura de la carcasa es ajustable dentro del soporte vertical.
8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende adicionalmente un interbloqueo que proporciona una señal cuando el inserto está en posición en la carcasa.
- 30 9. Un procedimiento para proporcionar la tomografía computarizada de haz cónico de un pie de un paciente, que comprende:
 - 35 montar una fuente de radiación sobre un transportador de fuente, que puede accionarse para mover la fuente de radiación a lo largo de al menos una porción de una trayectoria arqueada de fuente dentro de una carcasa, en el que la trayectoria de la fuente se extiende desde un lado de un intersticio circunferencial en la carcasa hasta el otro lado del intersticio circunferencial y tiene un radio R2 alrededor de un centro, y en el que la trayectoria de la fuente define un plano (T) de transporte;
 - proporcionar un pedestal para colocar el pie del paciente, para que reciba radiación de la fuente de radiación;
 - 40 montar un detector de radiación digital sobre un transportador de detector, que puede accionarse para mover el detector de radiación digital a lo largo de al menos una porción de una trayectoria arqueada del detector dentro de la carcasa, teniendo la trayectoria del detector un radio R1 alrededor del centro y siendo concéntrica con la trayectoria de la fuente, en el que R1 es menor que R2, y en el que la trayectoria del detector se extiende desde un lado del pedestal hasta el otro y se encuentra dentro del plano de transporte; y
 - proporcionar un aparato de cierre de intersticio que puede moverse a una posición que extiende la trayectoria del detector a través del intersticio circunferencial.
- 45 10. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente montar la carcasa en un soporte que proporciona un eje (Q) de inclinación para inclinar el plano de transporte con cualquiera de una pluralidad de ángulos de inclinación, en un intervalo de ángulos de inclinación, en el que el eje de inclinación es sustancialmente paralelo al plano de transporte.
- 50 11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el pedestal asienta el pie en un primer ángulo y el ángulo de inclinación puede ajustarse con un intervalo de diferentes ángulos con respecto al primer ángulo.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el ángulo de inclinación del eje de inclinación está dispuesto para dirigir la radiación al pie en un ángulo que está desplazado con respecto al primer ángulo en más de 2 grados.
13. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que el aparato de cierre de intersticio comprende un inserto extraíble con respecto a la carcasa.

14. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que posicionar el aparato de cierre de intersticio comprende girar hacia su posición una o más compuertas desde dentro de la carcasa que cubre la fuente de radiación y el detector.

15. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que el pedestal está formado en la carcasa.

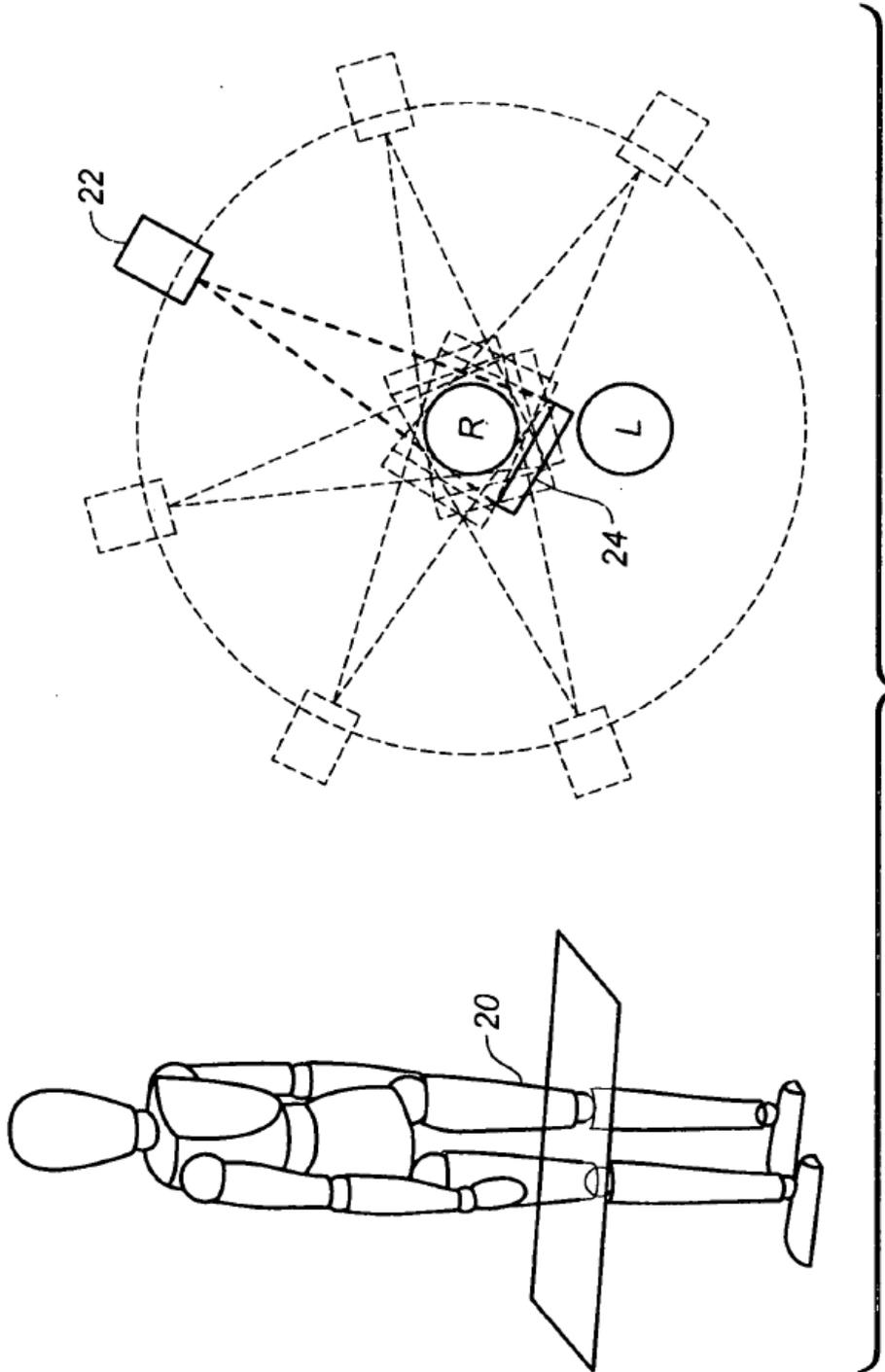


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

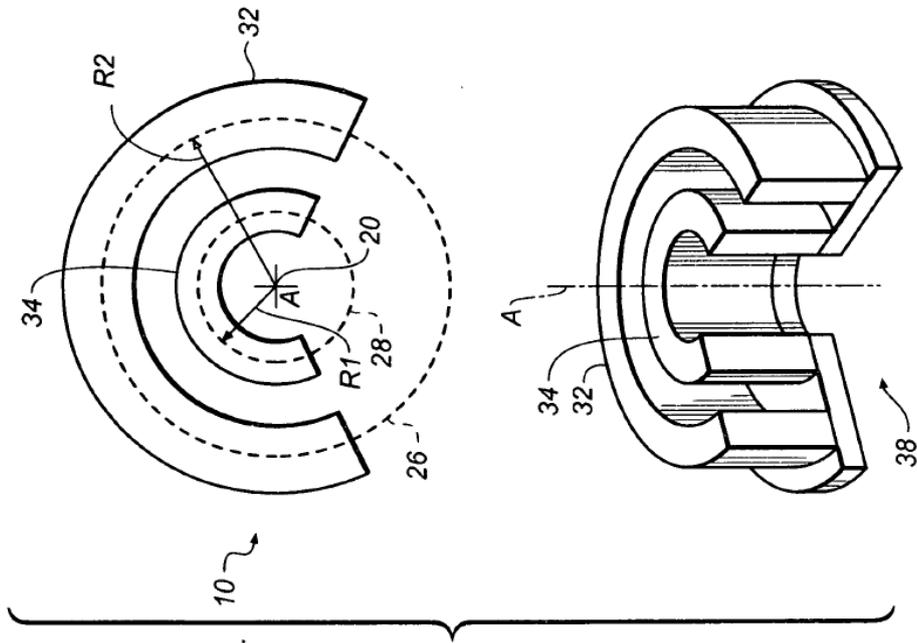


FIG. 2

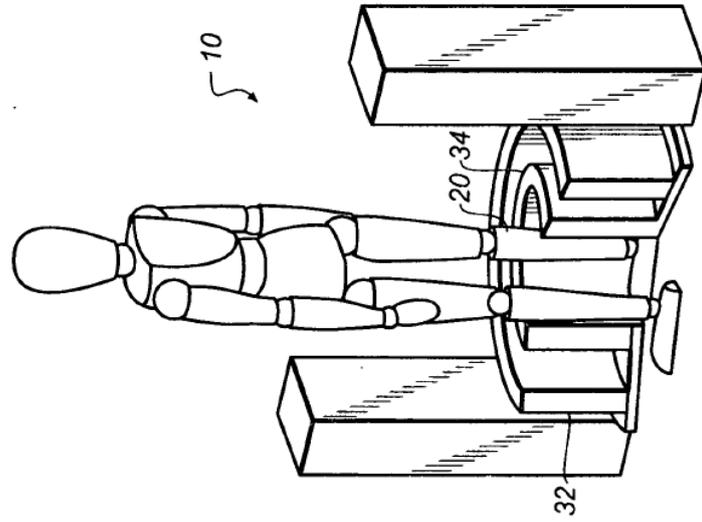


FIG. 3

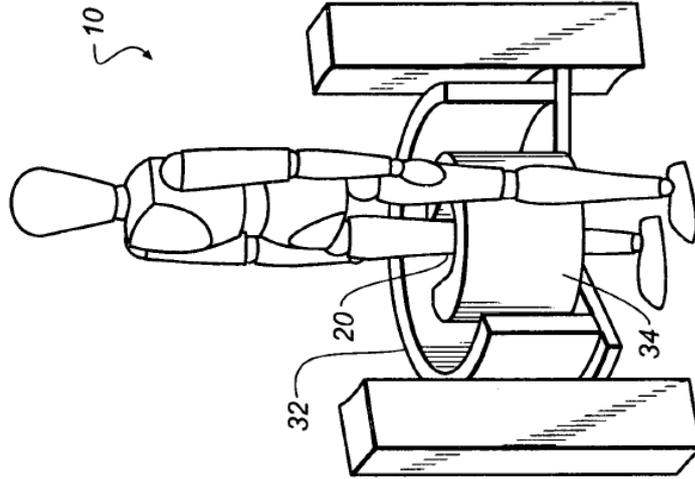


FIG. 4

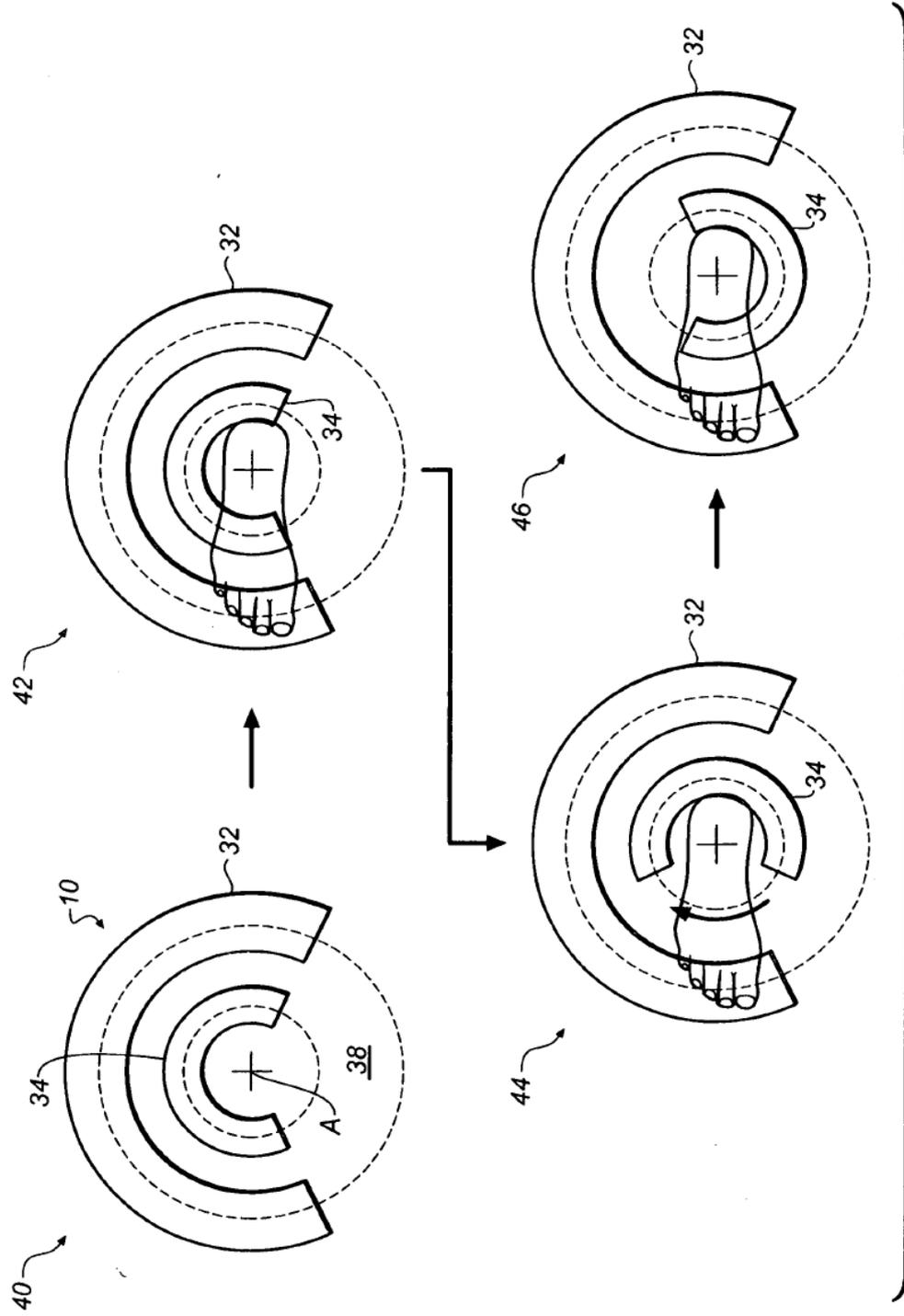


FIG. 5

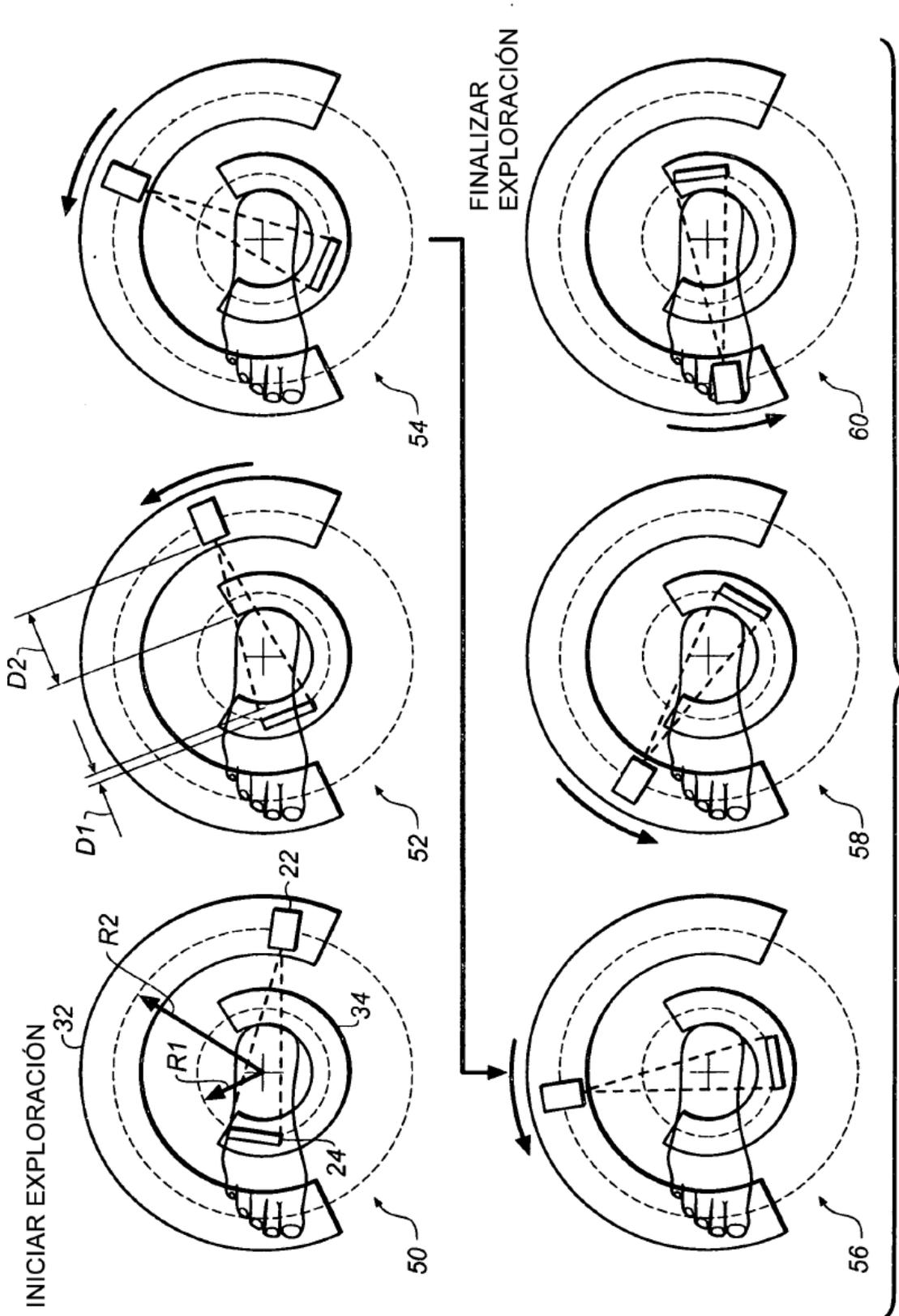


FIG. 6

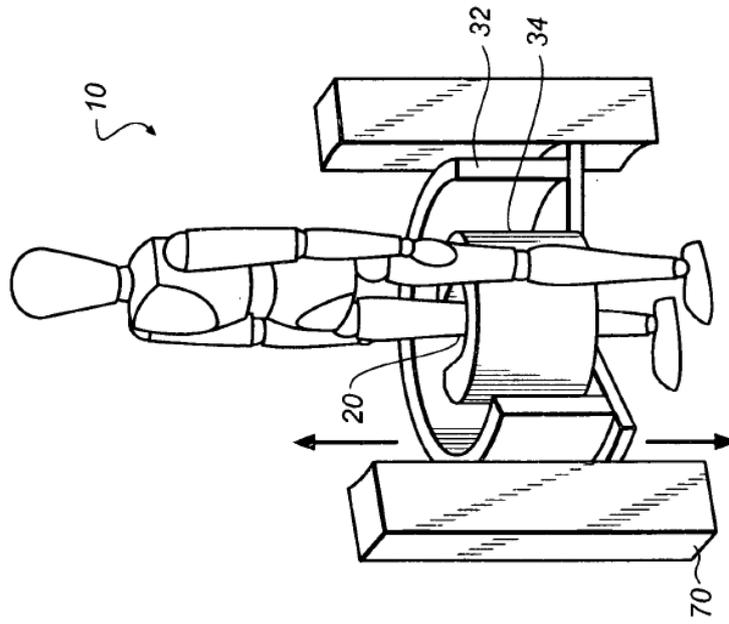


FIG. 7

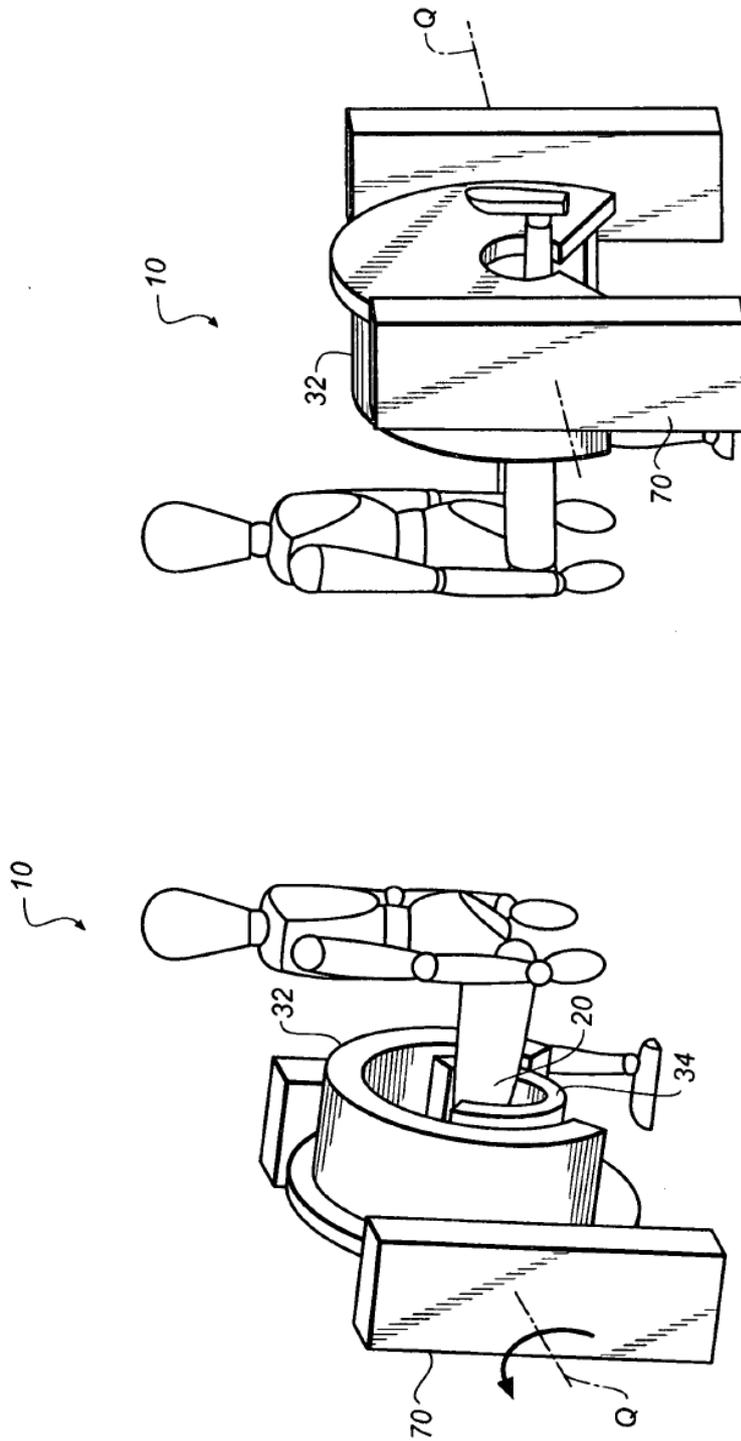


FIG. 8B

FIG. 8A

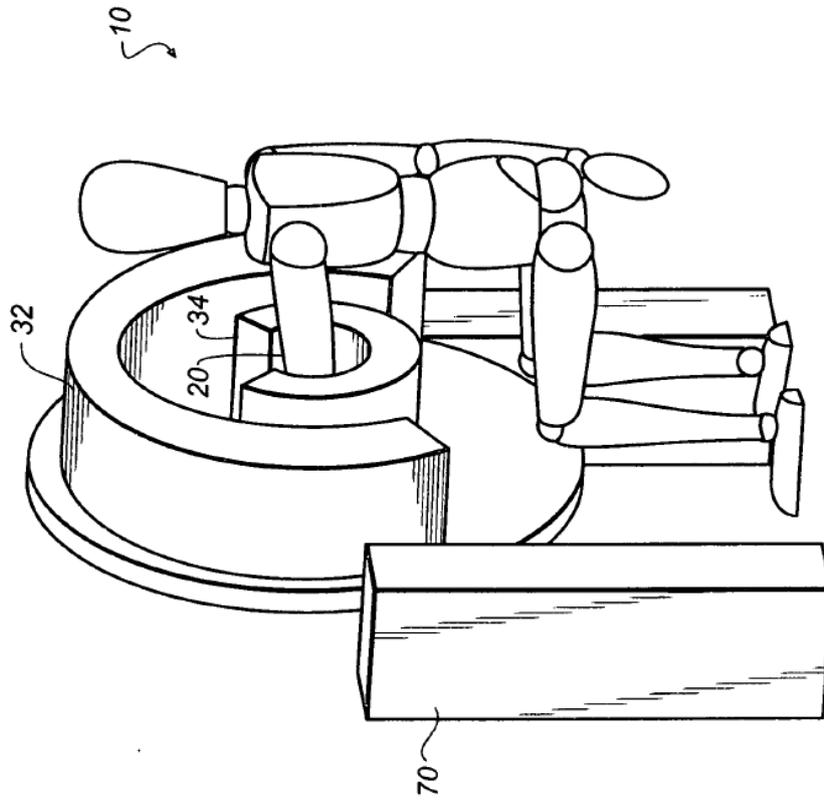


FIG. 9

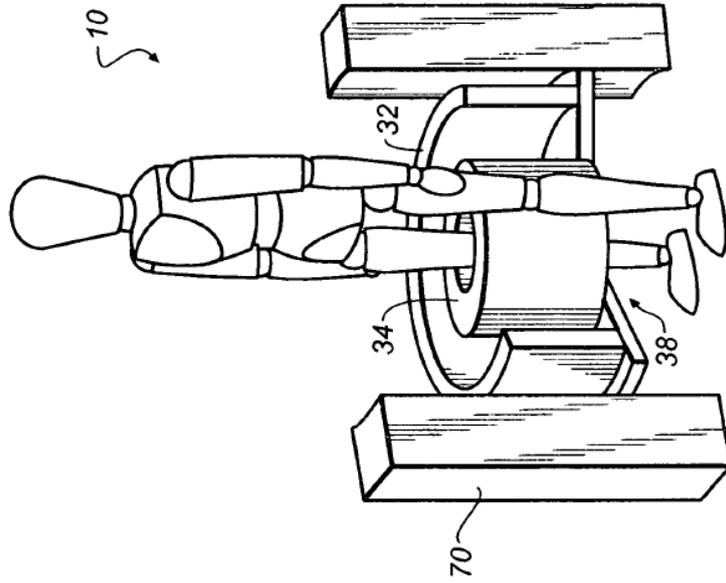


FIG. 10

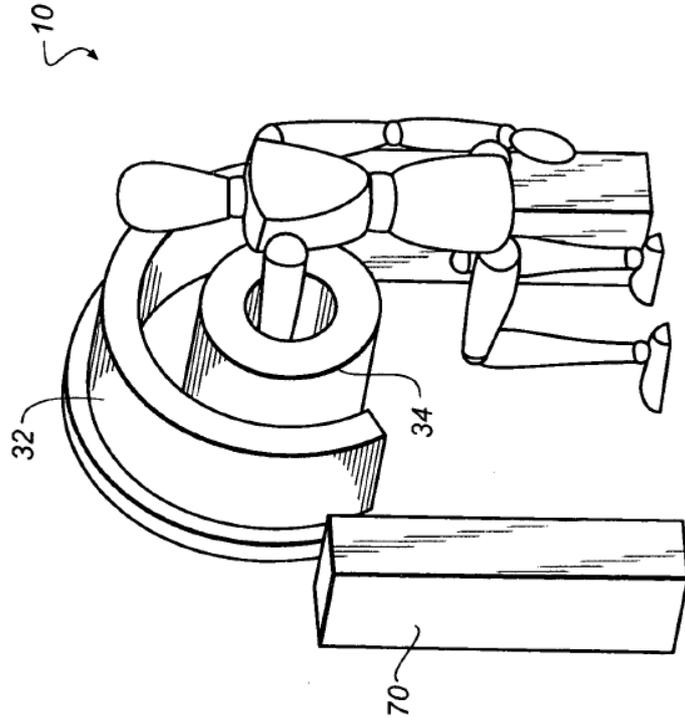


FIG. 11

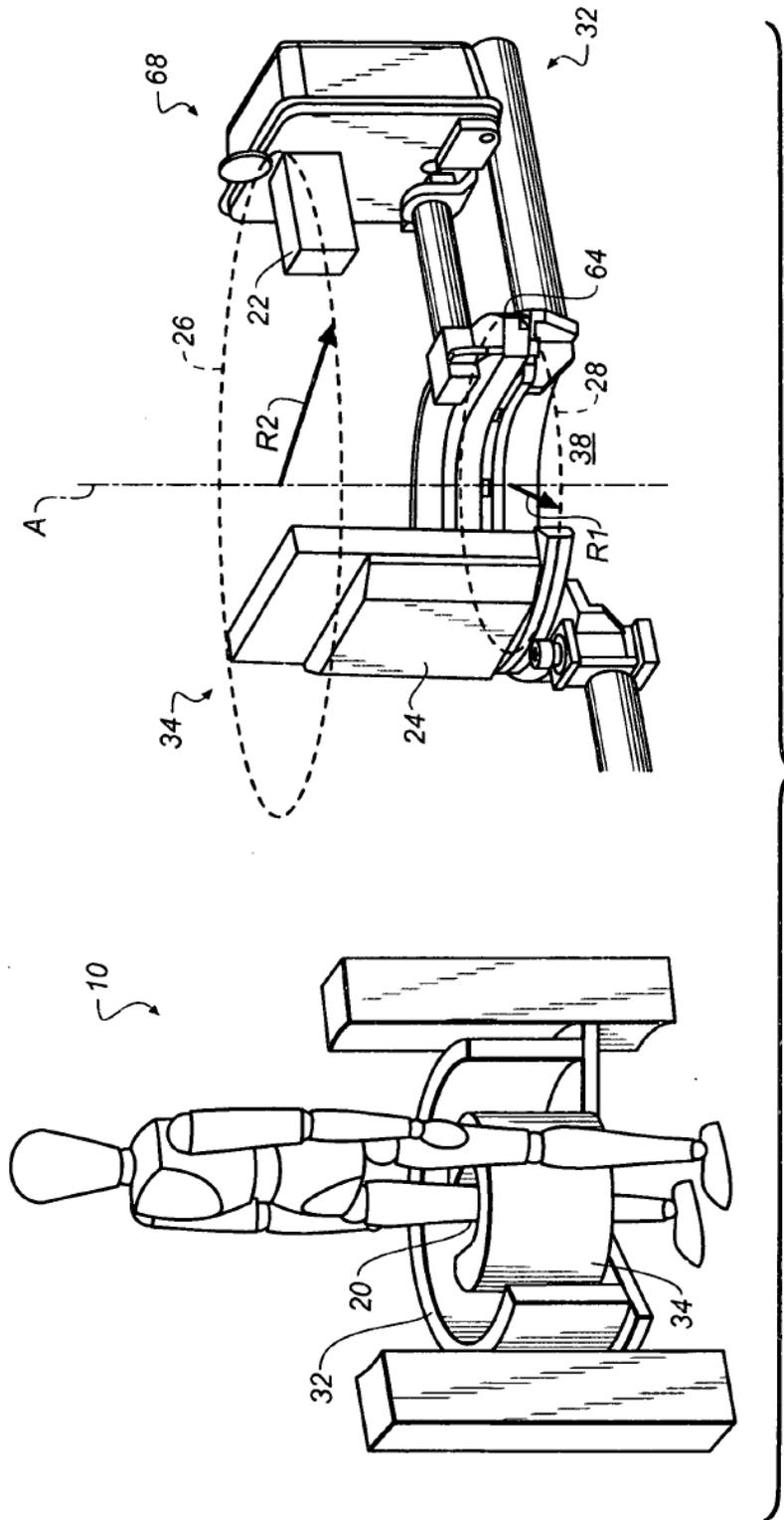


FIG. 12A

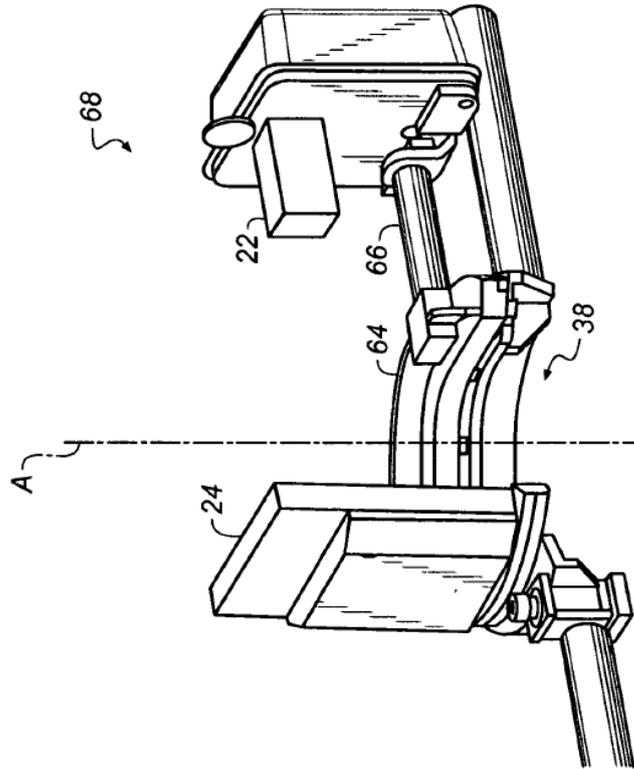


FIG. 12B

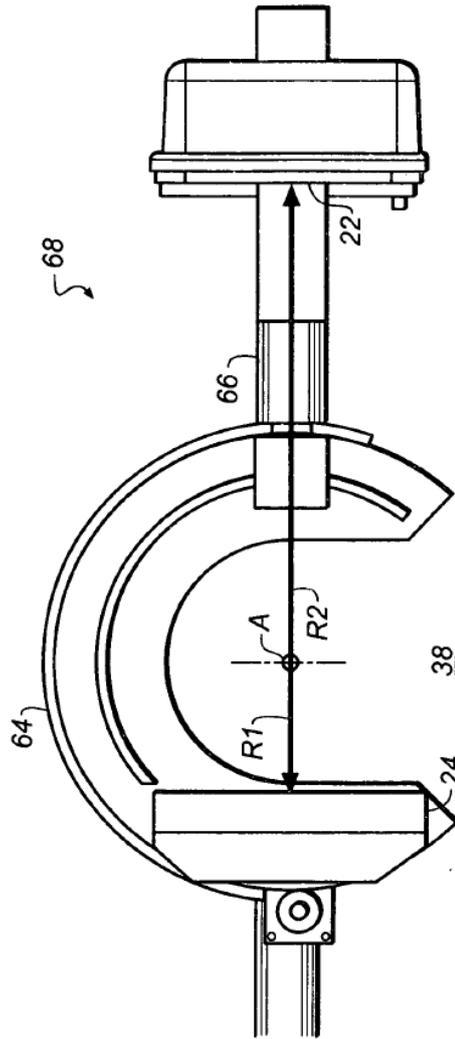


FIG. 13

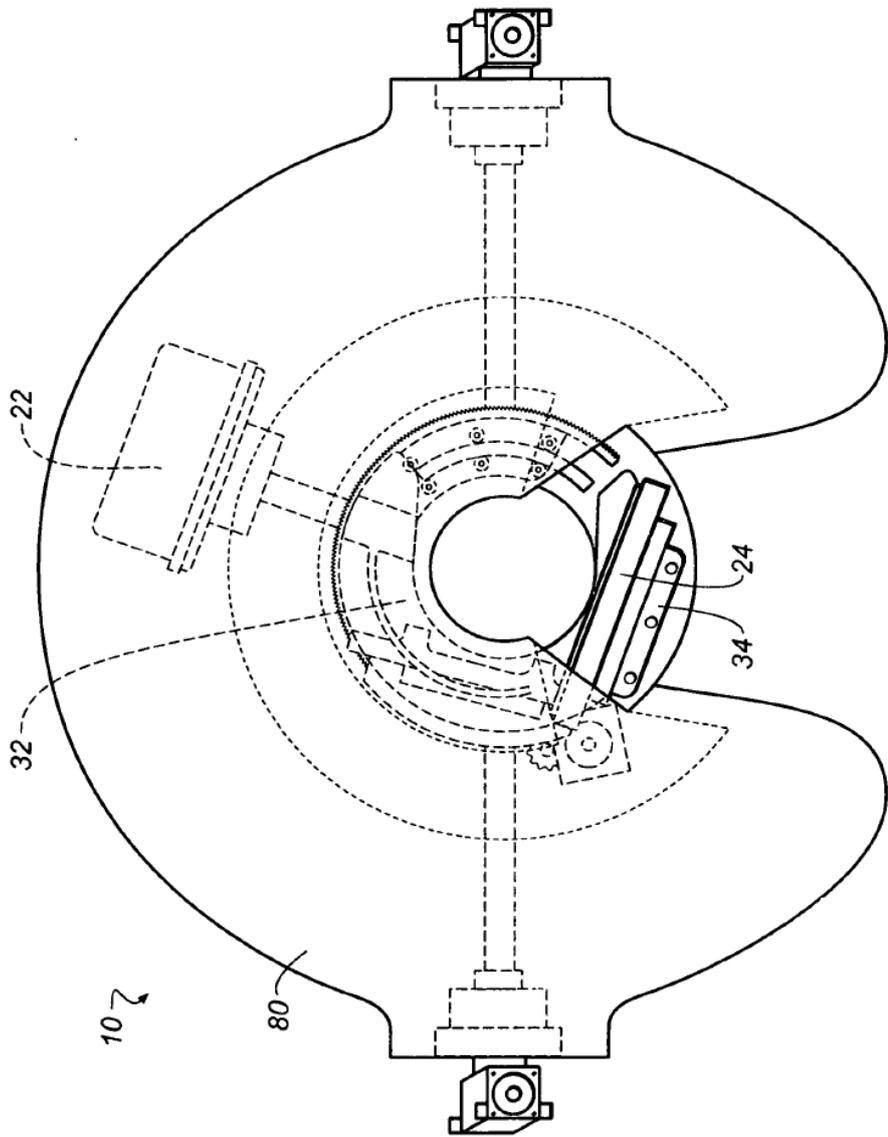


FIG. 14A

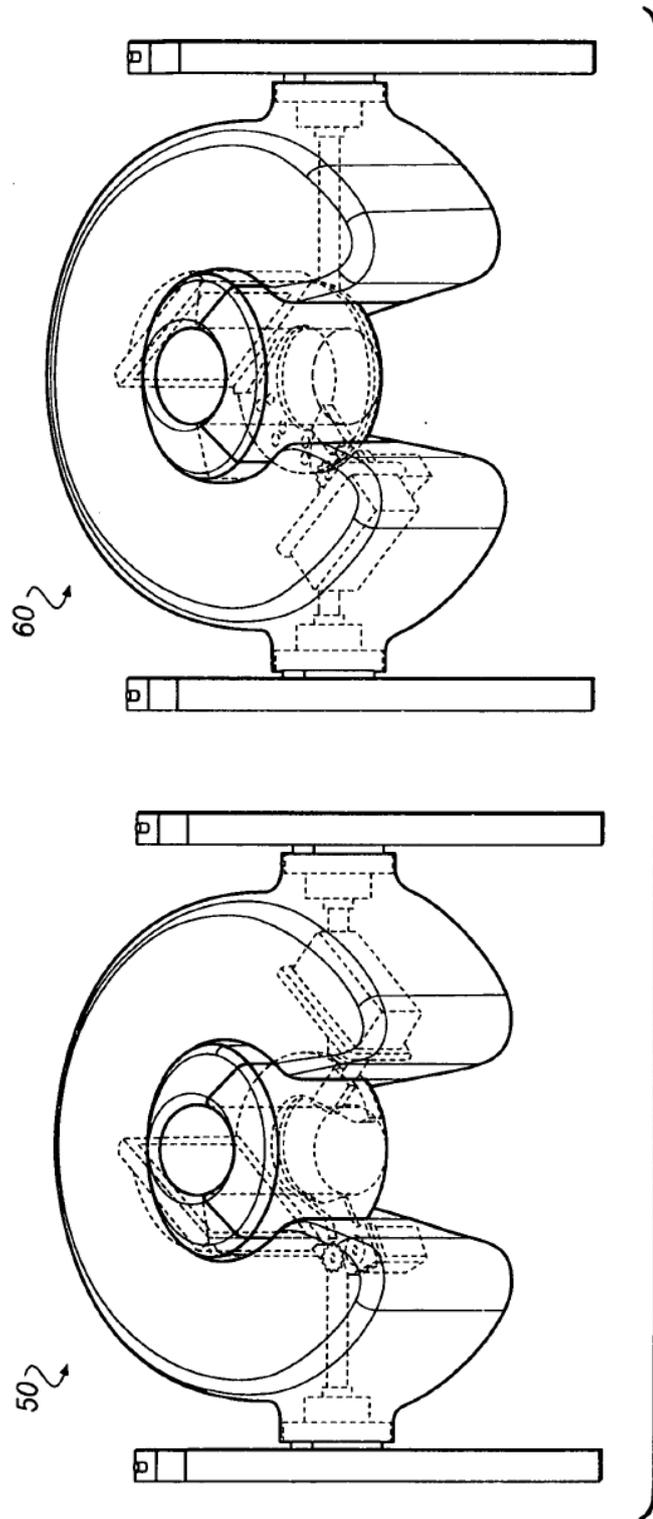


FIG. 14B

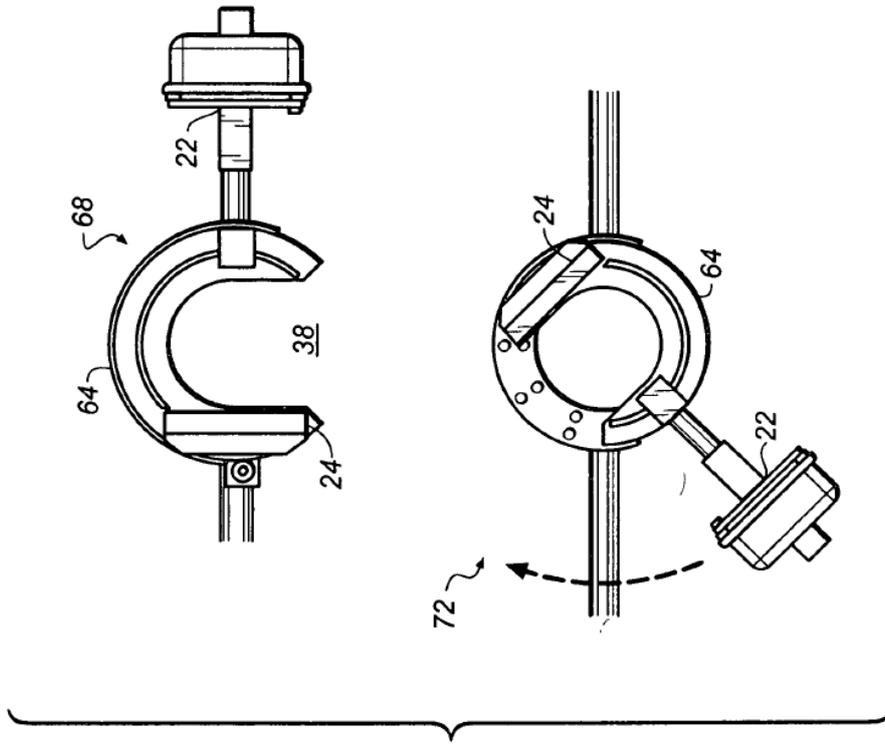


FIG. 15

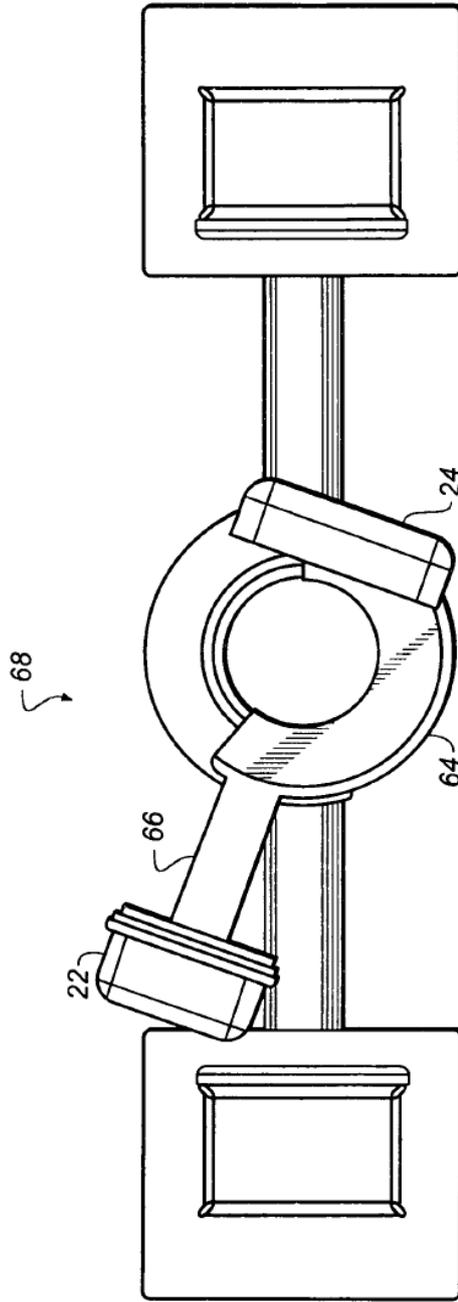
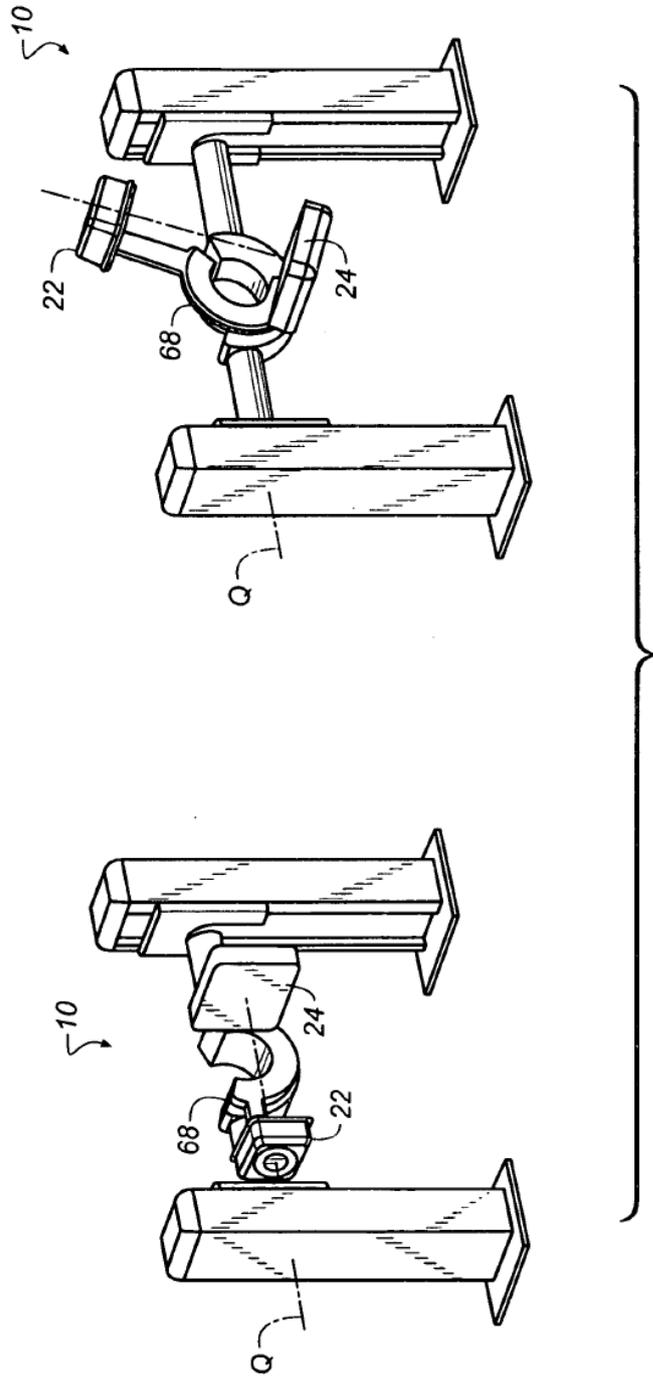


FIG. 16



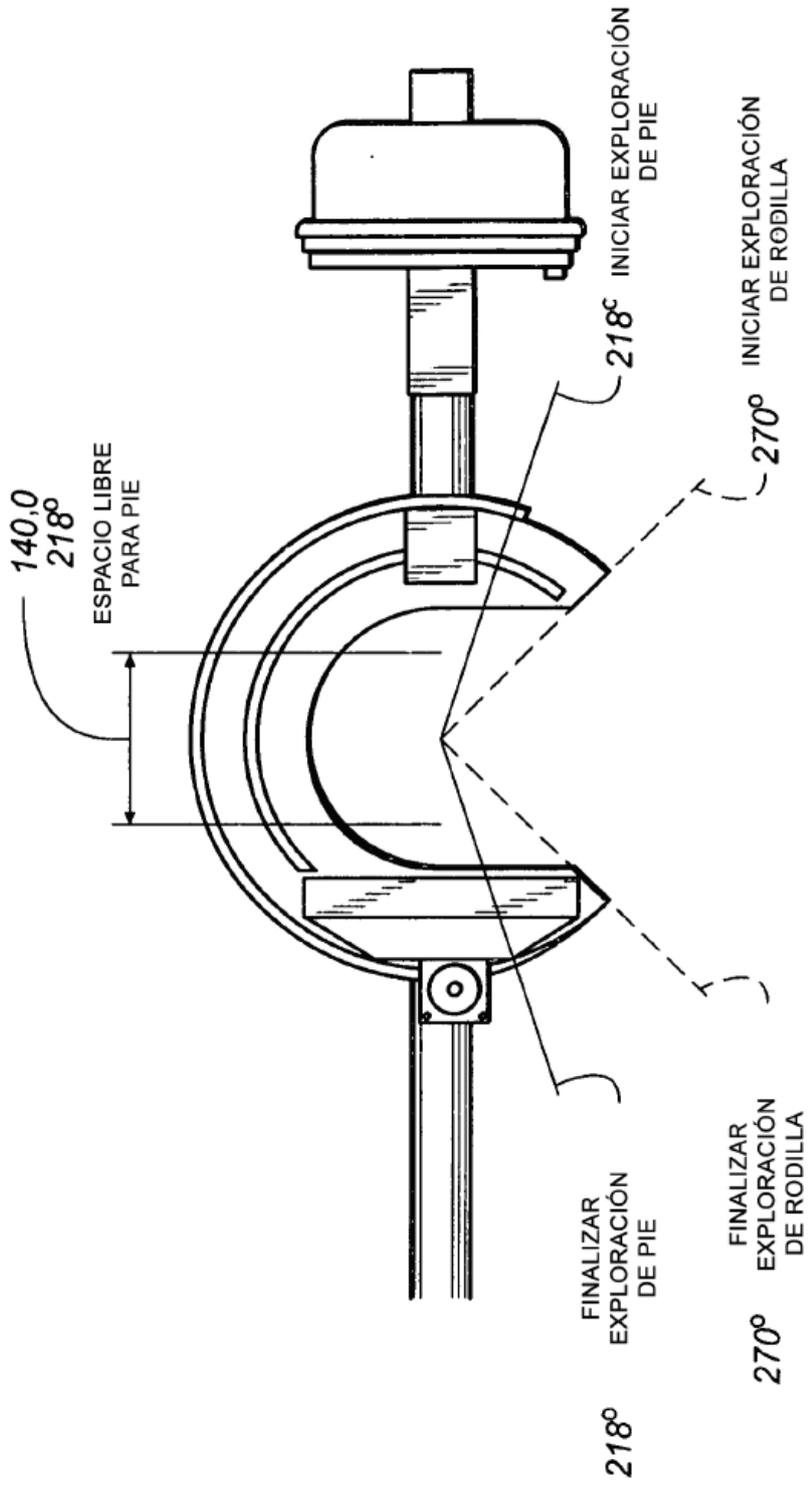


FIG. 18A

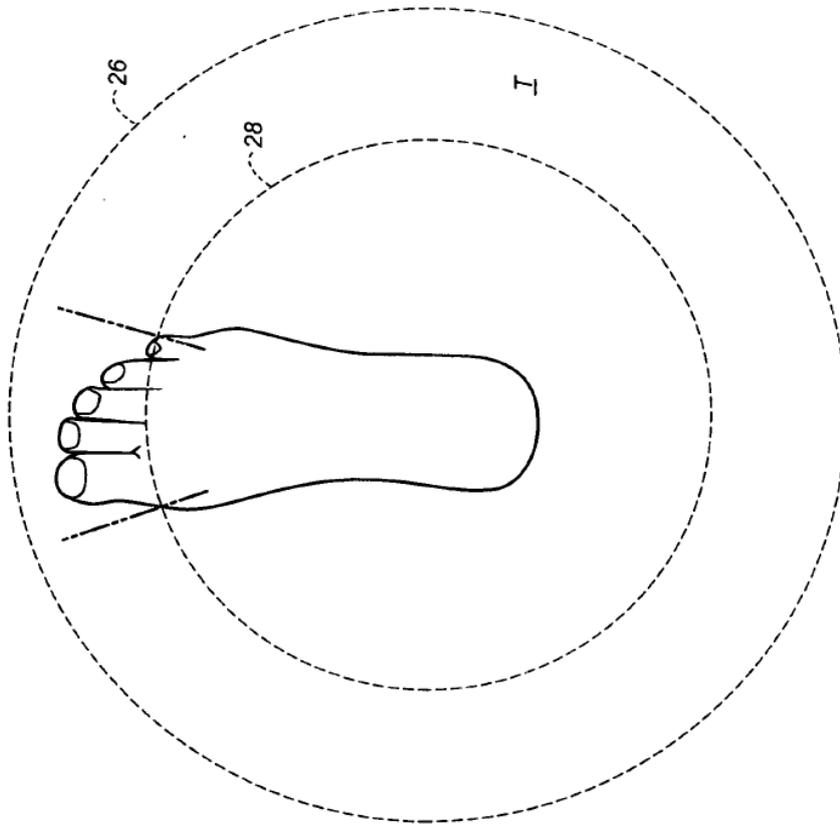


FIG. 18B

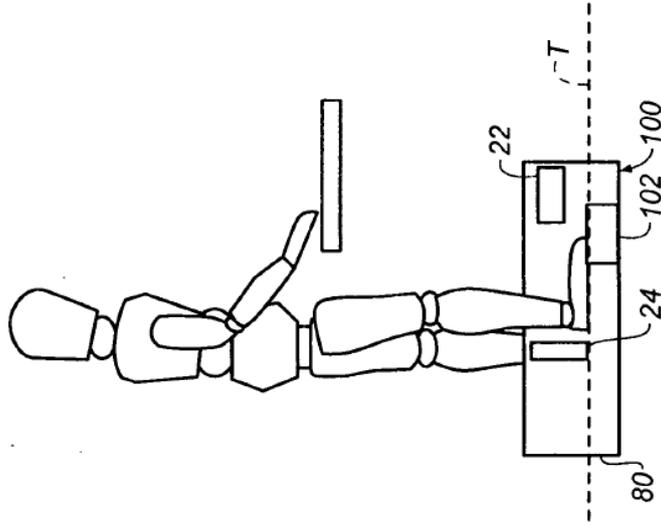


FIG. 19B

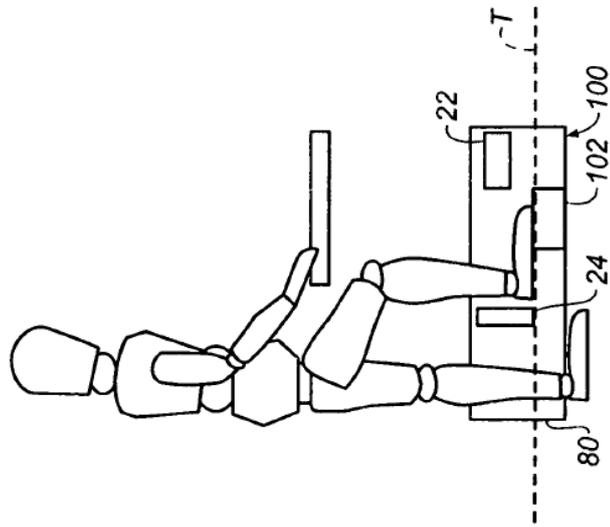


FIG. 19A

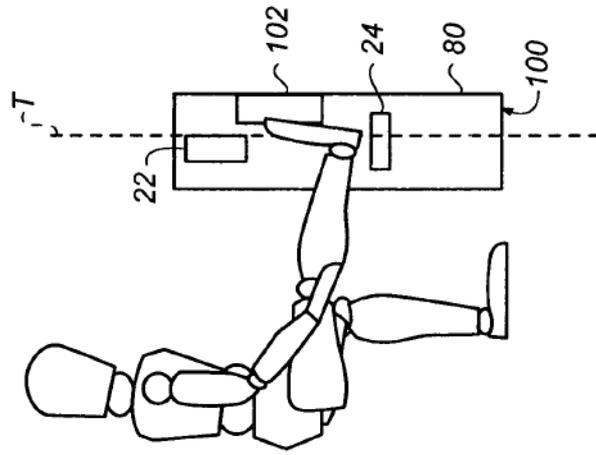


FIG. 19C

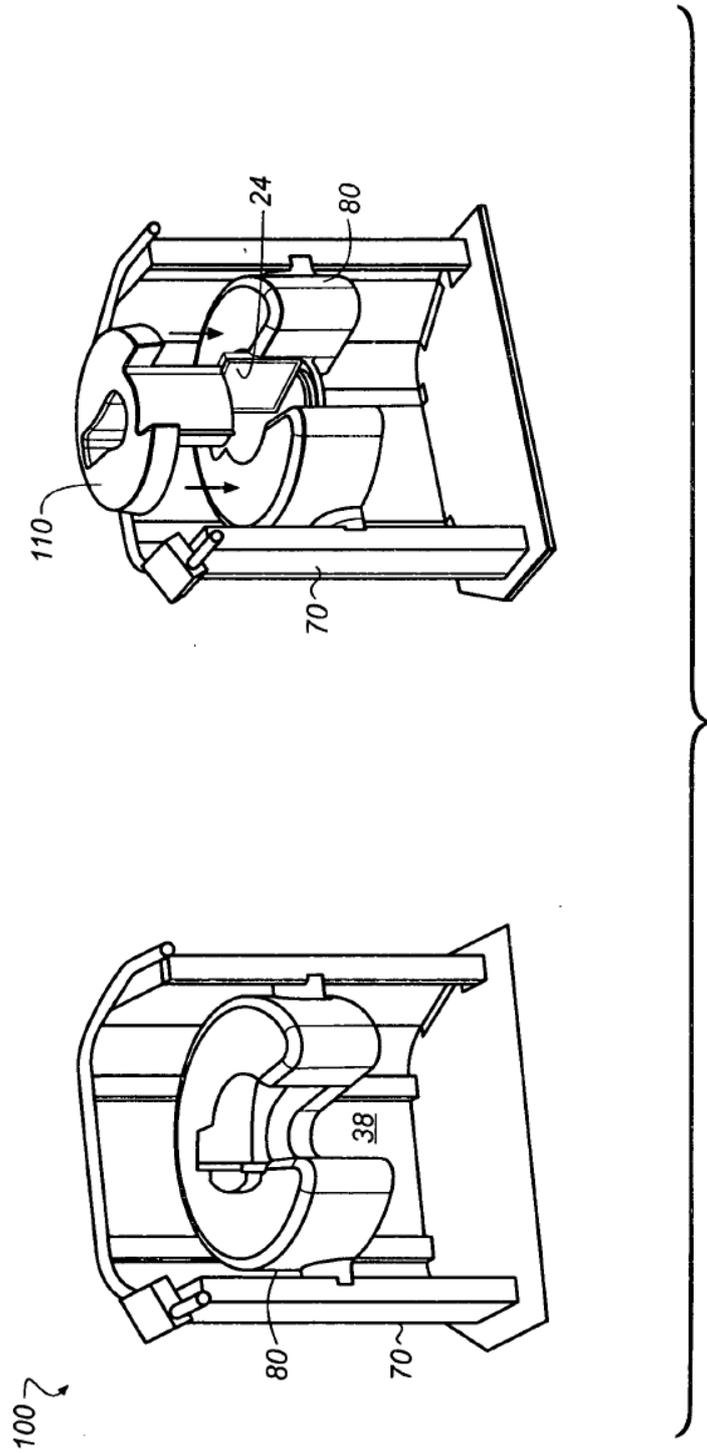


FIG. 20

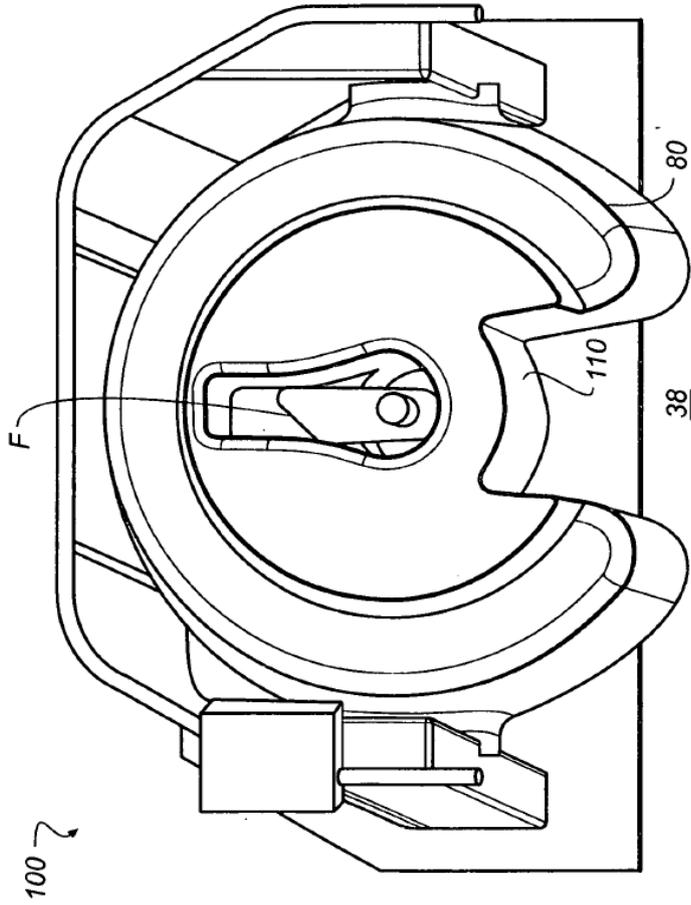


FIG. 21

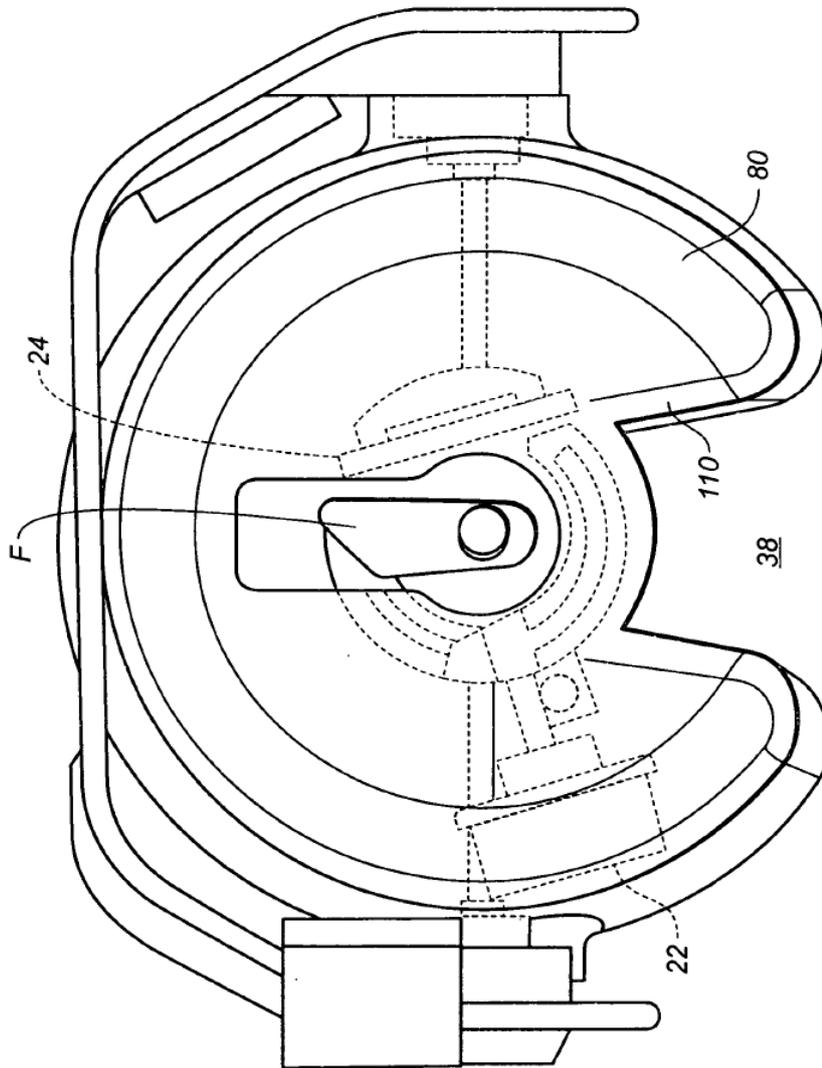


FIG. 22

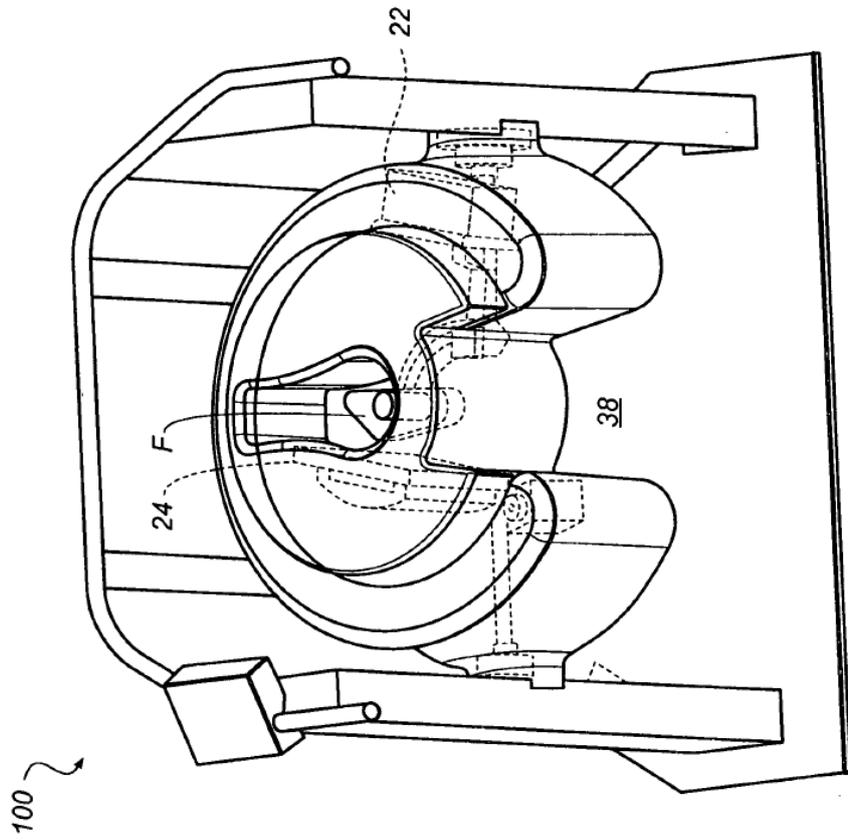


FIG. 23

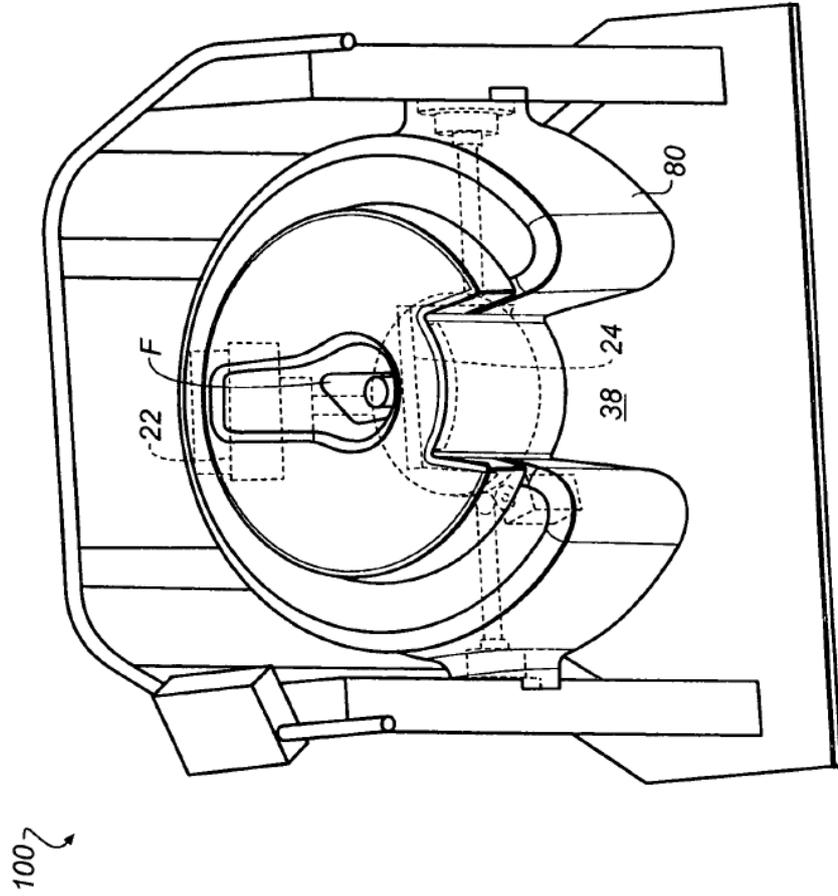


FIG. 24

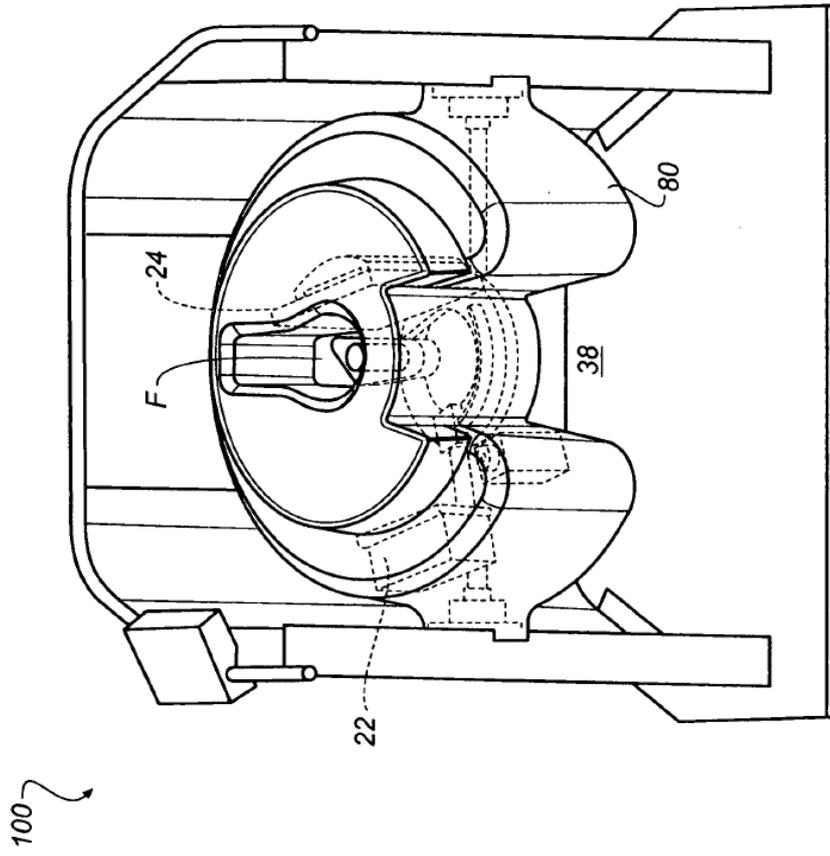


FIG. 25

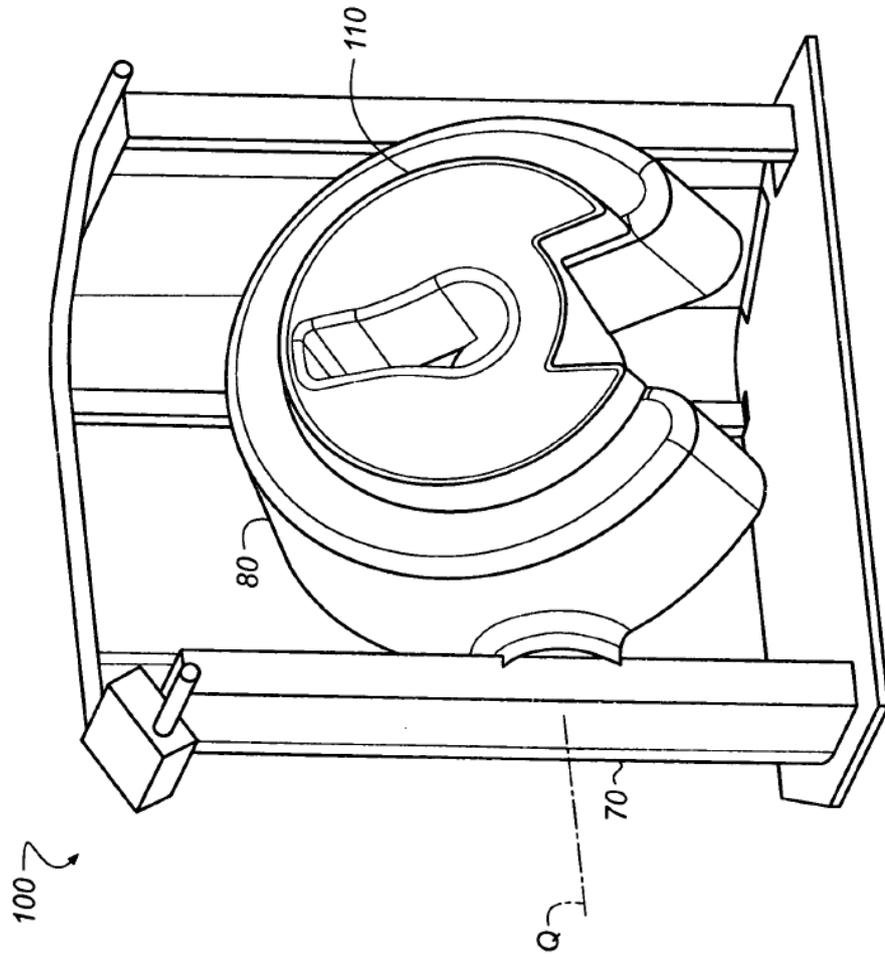


FIG. 26

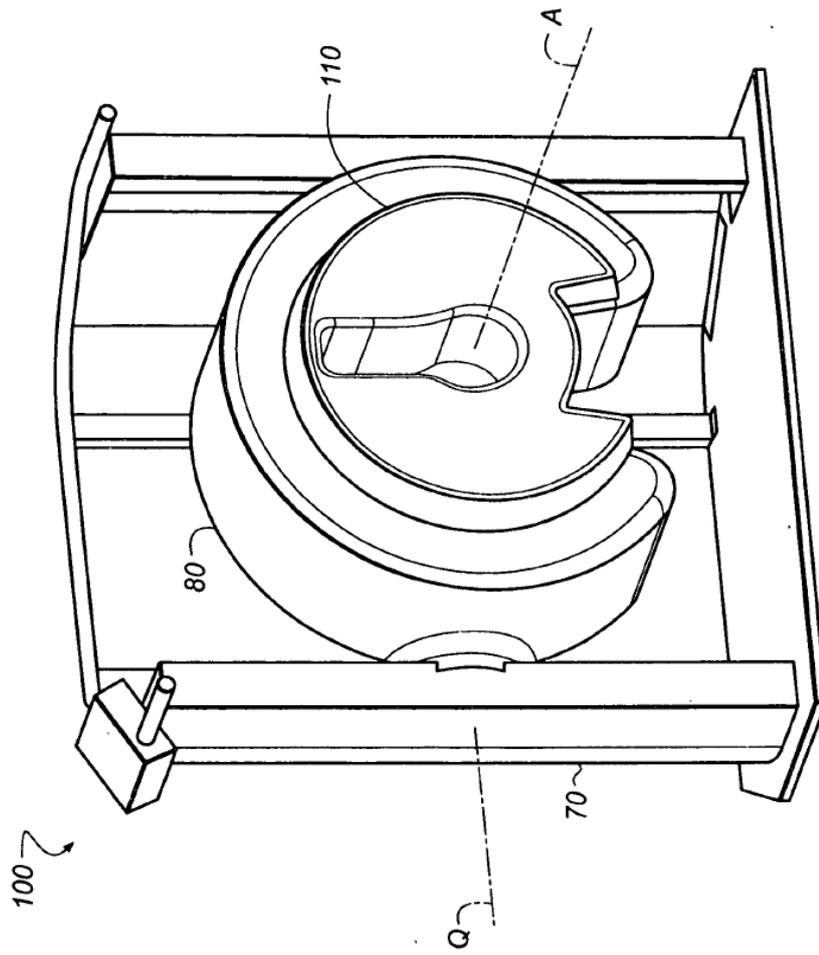
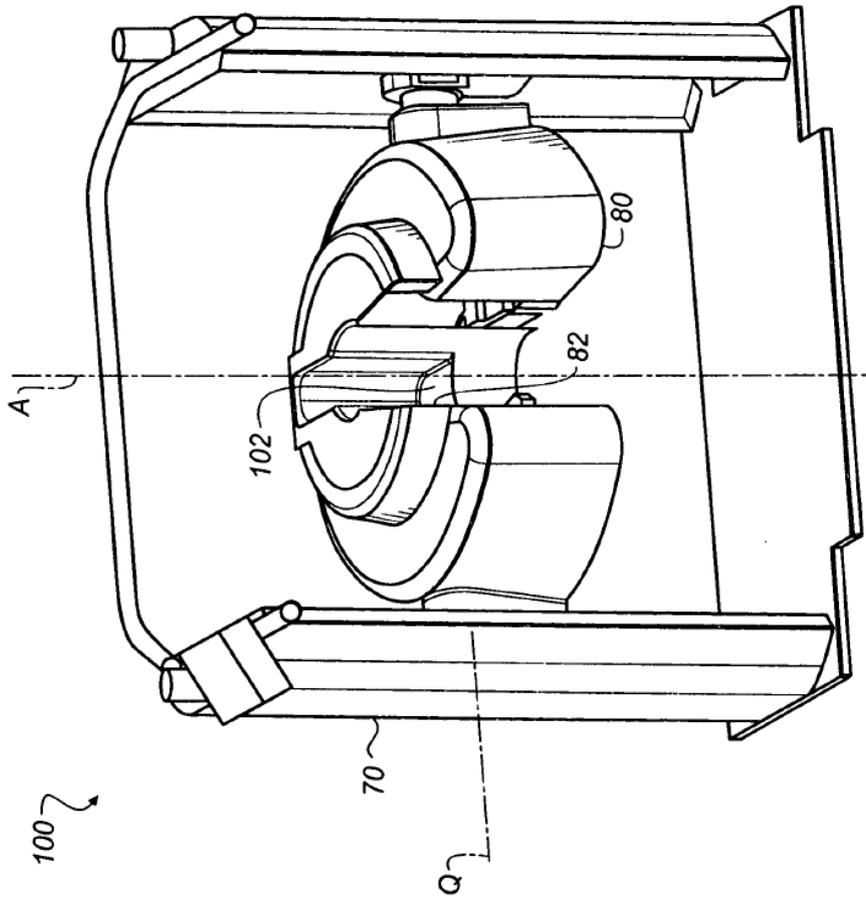


FIG. 27



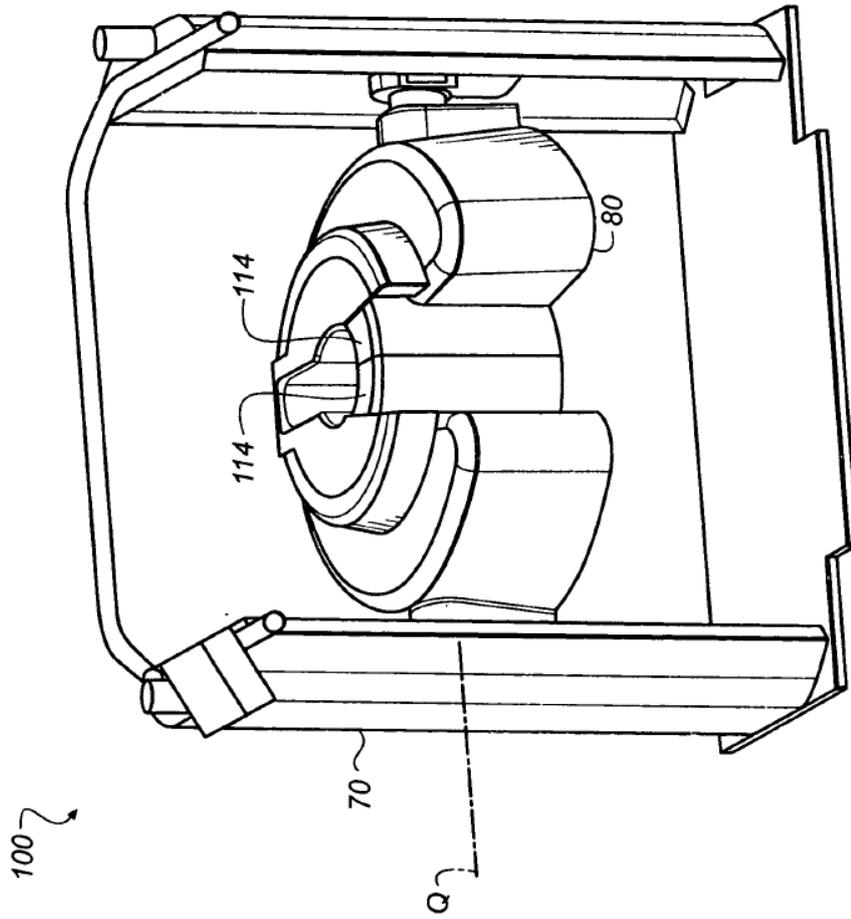


FIG. 29

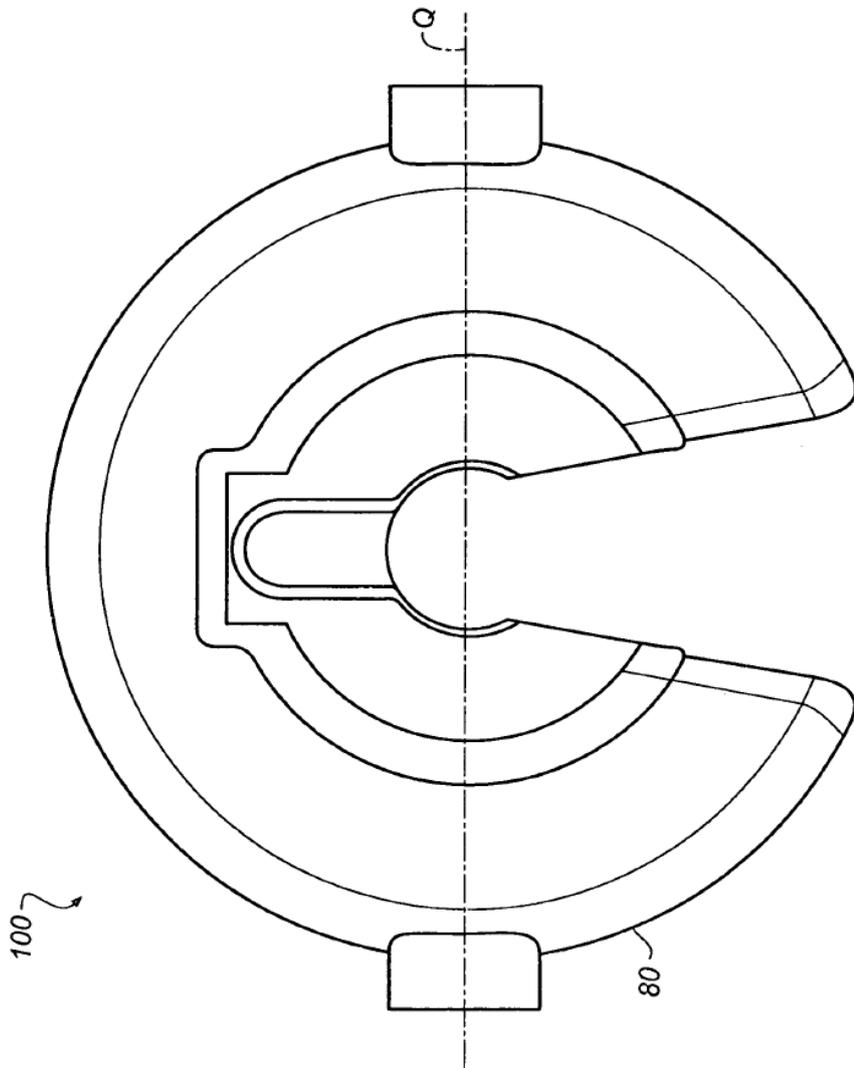


FIG. 30

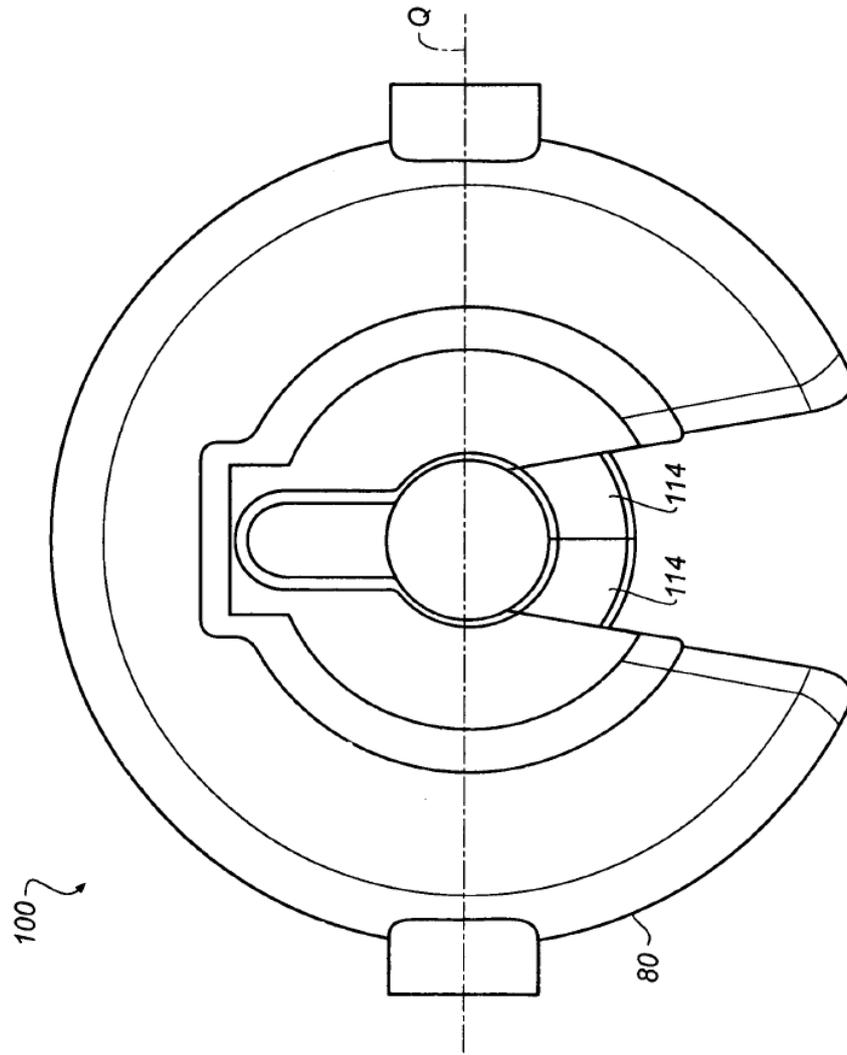


FIG. 31

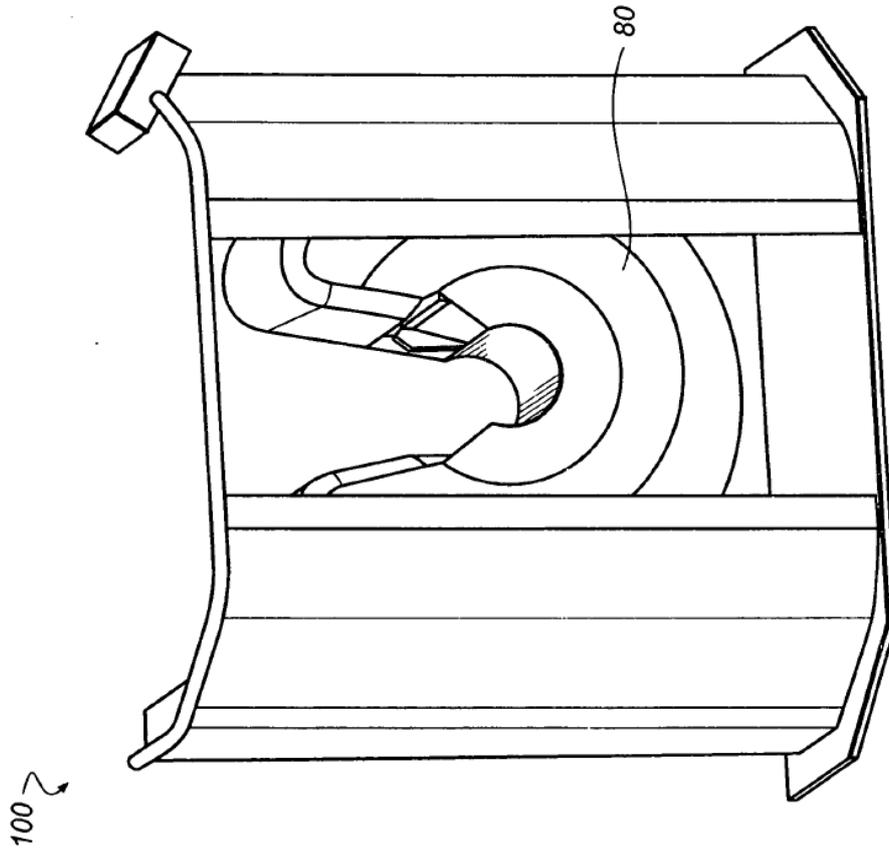


FIG. 32

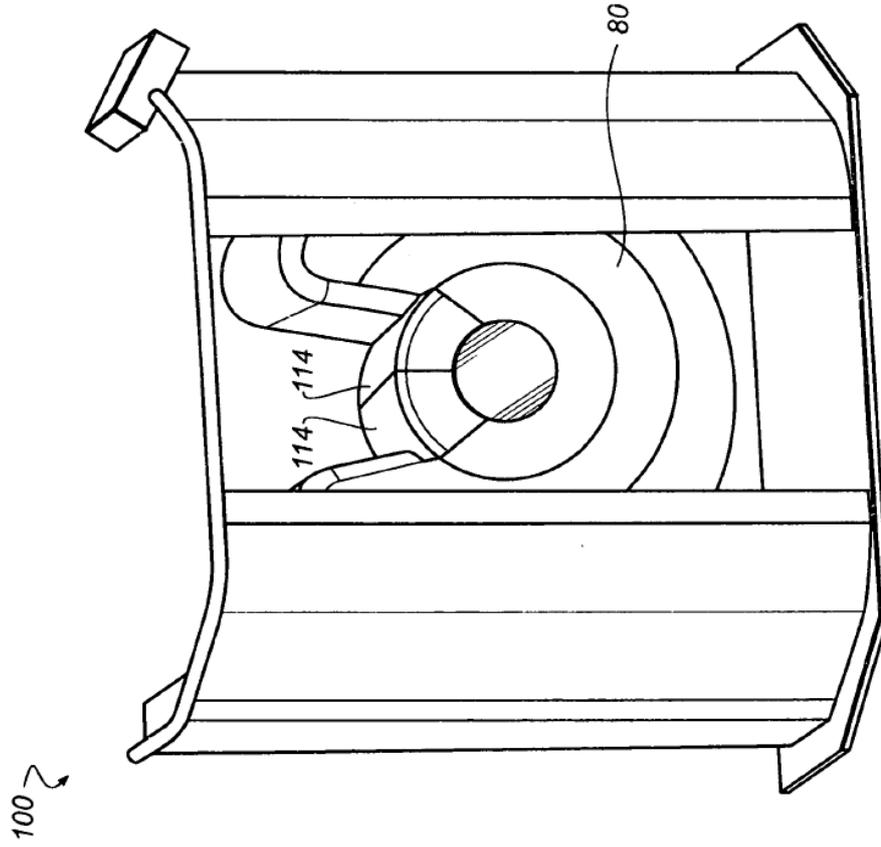
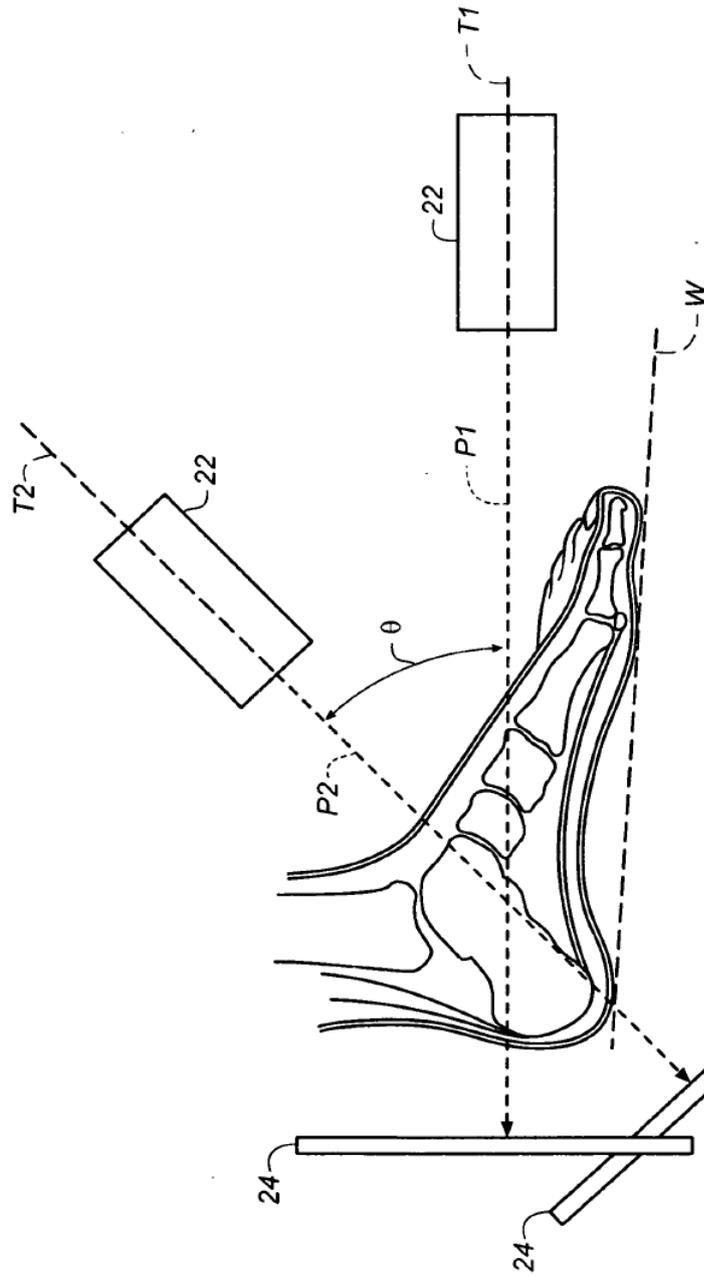


FIG. 33



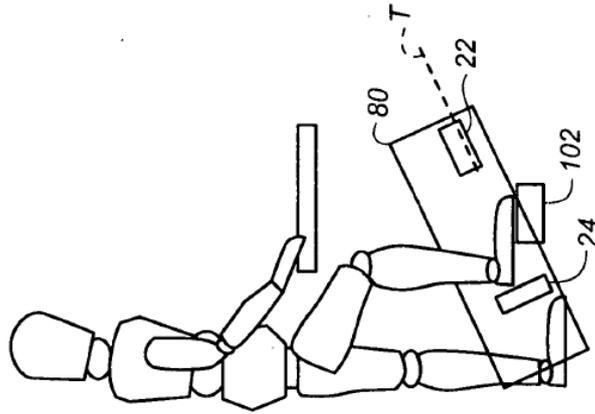


FIG. 35B

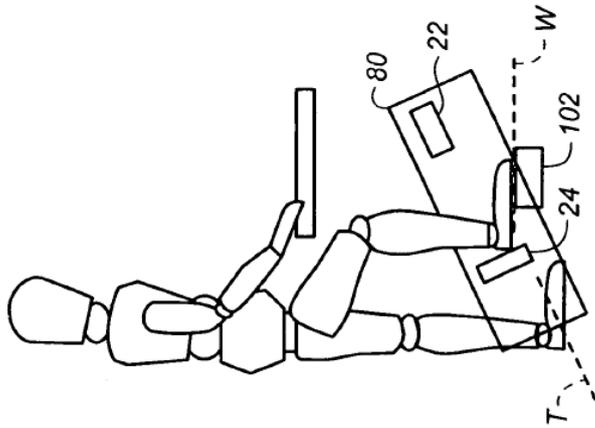


FIG. 35A

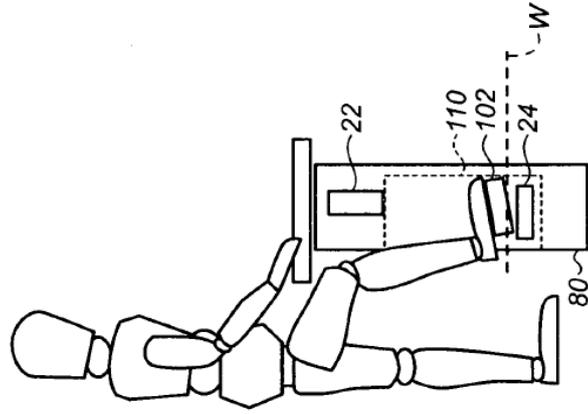


FIG. 36B

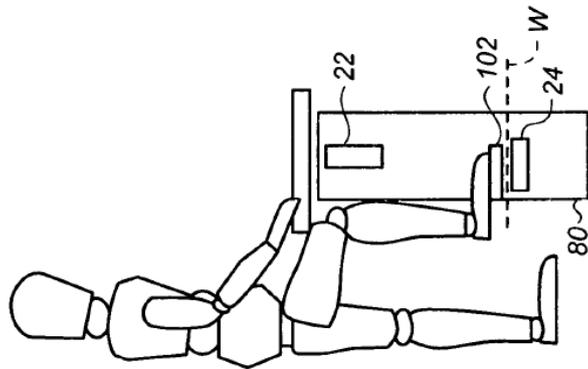


FIG. 36A