

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 074**

51 Int. Cl.:

**A61N 5/10** (2006.01)

**A61B 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.01.2015 PCT/US2015/010197**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.07.2015 WO15103564**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2015 E 15704112 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3089787**

54 Título: **Sistema para arcoterapia estereotáctica de intensidad modulada**

30 Prioridad:

**05.01.2014 US 201414147553**

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

**16.07.2018**

73 Titular/es:

**YU, XINSHENG CEDRIC (100.0%)  
200 Bay Front Drive  
Pasadena, Maryland 21122, US**

72 Inventor/es:

**YU, XINSHENG CEDRIC**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 676 074 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

Sistema para arcoterapia estereotáctica de intensidad modulada

## 5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a radioterapia, en particular un sistema para suministrar radiación focalizada desde el exterior del cuerpo de un paciente a una diana dentro del paciente. El sistema dirige haces de radiación externa de intensidad modulada de un amplio ángulo sólido para suministrar una dosis focal de radiación a la diana.

10

## Antecedentes

Se usa radioterapia para tratar cánceres y otras afecciones en pacientes. Aproximadamente la mitad de todos los pacientes con cáncer reciben algún tipo de radioterapia alguna vez durante el transcurso de sus tratamientos. Una forma comúnmente usada de radioterapia es la radioterapia de haz externo. En la radioterapia de haz externo, un haz de rayos X de alta energía generado por una máquina, normalmente un acelerador lineal (linac), una haz de rayos gamma emitido de un isótopo, o partículas cargadas generadas de un acelerador de partículas, se dirige/n a un tumor o células cancerosas (es decir, la "diana") dentro del cuerpo del paciente. Mientras que la radiación destruye las células cancerosas, también daña tejido normal y órganos en la vecindad del tumor/células cancerosas en el paciente. Así, el objetivo en la radioterapia es suministrar la dosis requerida de radiación al volumen diana, mientras se minimiza la dosis de radiación a tejido normal circundante que puede producir complicaciones y dañar al paciente.

Antes de tratar un paciente con radiación, debe desarrollarse un plan de tratamiento con radiación mediante un proceso llamado "planificación de tratamiento", que empieza con simulación. Durante la simulación, barridos de obtención de imágenes detallados muestran la localización del tumor de un paciente y las áreas normales alrededor de él. Estos barridos se realizan normalmente usando tomografía computerizada (TAC), pero también pueden realizarse usando imagen por resonancia magnética (IRM), rayos X o ultrasonidos.

La capacidad de la radioterapia para lograr el objetivo de la erradicación tumoral y el ahorro de tejido normal depende de los grados de libertad proporcionados por la máquina de suministro de radiación y de la física de la deposición de dosis. Estos principios de libertad y física se incorporan en el proceso de planificación de tratamiento.

La mayoría de los aceleradores lineales existentes o las máquinas de teleterapia pueden girar alrededor de un eje por la rotación del pórtico sobre el que está montada la fuente de radiación. Véase, por ejemplo, la Fig. 1, que es un dibujo de una estructura básica de un sistema de tratamiento por radiación típico en el que una cabeza emisora de radiación está montada sobre un pórtico de brazo en C giratorio. El sitio de la fuente de radiación forma un círculo. Durante la rotación del pórtico, el haz de radiación es dirigido hacia el centro rotacional, comúnmente denominado el "isocentro." Este diseño limita las direcciones del haz a ángulos principalmente coplanares y, por tanto, limita la calidad de planos de tratamiento que pueden lograrse con los haces de fotones.

Un tipo común de radioterapia de haz externo se llama radioterapia conformacional tridimensional (3D-CRT). La 3D-CRT permite que los haces de radiación sean formados desde un número limitado de campos para ajustarse a la perspectiva del haz del área diana. Un método más avanzado de tratamiento con radiación es la radioterapia de intensidad modulada (IMRT), que proporciona más libertad que 3D-CRT, permitiendo que las intensidades de los haces de radiación varíen dentro de un campo de radiación, además de formación de campos. El objetivo de IMRT es aumentar la dosis de radiación a las áreas que lo necesitan y reducir la exposición a radiación a áreas sensibles específicas de tejido normal circundante. El sistema de planificación de tratamiento optimiza la distribución de intensidad del haz para lograr máximamente este objetivo. En comparación con 3D-CRT, IMRT puede reducir el riesgo de algunos efectos secundarios, tales como daño a las glándulas salivales (que puede producir boca seca o xerostomía), cuando se tratan la cabeza y el cuello con radioterapia (Veldeman et al., "Evidence behind use of intensity-modulated radiotherapy: A systematic review of comparative clinical studies", *Lancet Oncology* 9(4): 367-375 (2008); y fe de erratas en: *Lancet Oncology* 9(6): 513 (2008)). 3D-CRT e IMRT normalmente se suministran usando un acelerador lineal montado en un pórtico de brazo en C (como se muestra en la Fig. 1) o un pórtico de tipo anillo, que es capaz de rotación en solo un único plano.

La tomoterapia (Detorie, "Helical Tomotherapy: A new tool for radiation therapy", *J. Amer. Coll. Radiol.* 5(1): 63-66 (2008)) y la arcoterapia de intensidad modulada (IMAT) (Yu, "Intensity modulated arc therapy using dynamic multi-leaf collimation: An alternative to Tomotherapy", *Phys. Med. Biol.* 40(9): 1435-1449 (1995)) son suministros de IMRT en formas rotacionales. En la tomoterapia, el paciente es trasladado linealmente a medida que la fuente de radiación está haciendo movimientos circulares, así el movimiento relativo del haz de radiación y el paciente es una hélice. Debido a que el pórtico sobre el que el acelerador lineal está montado puede solo girar en un único plano transversal, tales métodos de IMRT rotacional "coplanares" limitan el intervalo de direcciones del haz disponibles para crear un plano óptimo. Por consiguiente, no se ha mostrado que estas técnicas creen distribuciones de dosis significativamente mejores que IMRT con haces fijos.

65

La radiocirugía estereotáctica (SRS) y la radioterapia estereotáctica del cuerpo (SBRT) suministran una o más dosis de radiación alta a un tumor pequeño (R. Timmerman y B. Kavanagh, "Stereotactic body radiation therapy", *Curr. Probl. Cancer* 29: 120-157 (2005)). SRS se usa comúnmente para tratar lesiones intracraneales y requiere el uso de un armazón craneal u otro dispositivo para inmovilizar al paciente durante el tratamiento para garantizar que la dosis de radiación alta se suministra con exactitud. Gamma Knife (Bhatnagar et al., "First year experience with newly developed Leksell Gamma Knife Perfexion", *J. Med. Phys.* 34(3): 141-148 (2009)) es un sistema de SRS especializado para tratar lesiones intracraneales. Los sistemas de acelerador lineal basados en pórtico también se usan para SRS. Ambos permiten que los haces de radiación sean incidentes sobre la diana desde direcciones fuera del plano transversal. Se usa SBRT para tratar tumores que se encuentran fuera del cerebro. SBRT se da normalmente en más de una sesión de tratamiento. También se proponen métodos de extensión del concepto de Gamma Knife al resto del cuerpo, tales como con el sistema GammaPod para el tratamiento de cáncer de mama (Yu Yu, et al., "GammaPod-A new device dedicated for stereotactic radiotherapy of breast cancer", *Med. Phys.* 40(5): 1703 (2013)) y el uso de múltiples fuentes montadas en un elemento de arco que gira (Pastyr et al., patente de EE.UU. N.º 6.259.762 B) para tratar sitios de tumor distintos de en el cerebro. El principio de SRS y SBRT es el enfoque geométrico de los haces para crear una alta dosis dentro del volumen diana con una rápida caída de dosis fuera de este volumen. El enfoque se logra apuntado los haces de radiación en la diana desde cientos o miles de direcciones. Sin embargo, la capacidad para modular la forma e intensidad de estos haces está limitada. Como tal, SRS y SBRT tienen capacidad limitada para ahorrar tejidos circundantes, mientras se mantiene una dosis alta y uniforme dentro del volumen diana.

Se han propuesto técnicas para suministrar radiación de intensidad modulada desde un gran número de ángulos de haz. El sistema CyberKnife (J. Adler, "CyberKnife radiosurgery for brain and spinal tumors", *International Congress Series* 1247: 545-552 (2002)) emplea un acelerador lineal montado en un brazo robótico. Puede suministrar radiación desde un gran número de ángulos no coplanares, pero el número práctico de ángulos de haz está limitado por los largos tiempos de tratamiento asociados a un gran número de haces independientes. Además, el intervalo de direcciones del haz del hemisferio posterior del paciente está restringido debido a las limitaciones de geometría. Además, el grado de modulación del haz está limitado por su diseño de colimador.

Maurer y colaboradores en Accuray, Inc., han propuesto varias soluciones alternativas usando un pórtico de anillo fijo, en vez de un brazo robótico (publicación de solicitud de patente de EE.UU. N.º US 2011/0210261 A1; publicación de solicitud de patente de EE.UU. N.º US 2011/0301449 A1; y publicación de solicitud de patente de EE.UU. N.º US 2012/0189102 A1). Mientras que los pórticos en forma de anillo son deseables para la obtención de imágenes de diagnóstico, donde se usa un único plano transversal o ángulos no coplanares limitados para los haces de obtención de imágenes, no son ideales para el tratamiento donde se desee un intervalo mayor de ángulos no coplanares. Para el tratamiento de radiación de la mayoría de los sitios anatómicos, los haces de radiación se dirigen preferentemente a la diana desde un lado del eje transversal del paciente, frecuentemente desde un ángulo grande con respecto a este eje. Por ejemplo, en el tratamiento de lesiones intracraneales, la mayoría de los haces deben ser dirigidos desde el hemisferio superior (por encima de la parte superior de la cabeza del paciente) en vez de desde el hemisferio inferior. En el tratamiento de cáncer de próstata, es generalmente preferible dirigir haces desde el tren inferior, en vez de desde el tren superior, debido a que es mejor que los haces atraviesen menos tejido y estructuras críticas en la región del abdominal. Los sistemas de pórtico de anillo propuestos por Maurer y colaboradores tienen capacidad limitada para aprovechar tales preferencias anatómicas o lograr direcciones de haz altamente no coplanares.

Otros pórticos que permiten movimientos de fuentes de radiación compleja se describen en las publicaciones US 2890349, WO 2011/028789, WO 2004/004829, US 2013/0256551, US 4741015 o EP 1419799.

La presente divulgación busca vencer las limitaciones de los sistemas relacionados y métodos actualmente disponibles en la materia proporcionando, entre otras cosas, un método para permitir que haces de radiación de intensidad y forma de campo variables sean enfocados desde un ángulo sólido amplio por rotaciones longitudinales y latitudinales combinadas de la fuente de radiación. En vista de lo anterior, la presente divulgación describe un método y un sistema de administración de radiación para aumentar además la utilidad y eficacia clínica de los sistemas de tratamiento basados en fotones mediante el aumento de los grados de libertad en el suministro de haces más allá de lo que puede lograrse con los sistemas de IMRT y SRS/SBRT existentes. Específicamente, esto se logra permitiendo que los haces de fotones de intensidad modulada se suministren desde un número muy grande de direcciones de haces, que incluyen aquellas que son altamente no coplanares. El intervalo de ángulos sólidos incluye todos los ángulos longitudinales (aproximadamente el eje longitudinal del paciente) y un amplio intervalo de ángulos latitudinales. Los métodos y sistema combinan, en un diseño práctico, el enfoque geométrico de SRS/SBRT y la modulación de intensidad de IMRT, proporcionándose así capacidades no obtenibles por ningún IMRT o SRS/SBRT solo. Este y otros objetos y ventajas, además de las características inventivas, serán evidentes a partir de las descripciones detalladas proporcionadas en el presente documento.

## Sumario

La invención se define por las reivindicaciones.

Se proporciona un pórtico en forma de globo para girar longitudinalmente y latitudinalmente una fuente de radiación externa, tal como al menos una fuente de radiación externa, concéntricamente alrededor de un isocentro dispuesto en una diana que va a irradiarse. El pórtico en forma de globo tiene un eje central que cruza el isocentro y comprende como componentes (i) un anillo de abertura delantero con su origen sobre el eje central del pórtico en forma de globo, (ii) al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco, que tiene un extremo delantero y un extremo trasero y es parte de un círculo, (iii) una fuente de radiación externa, tal como al menos una fuente de radiación externa, que está montada sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco y puede moverse a lo largo del brazo de soporte del pórtico en forma de arco para girar latitudinalmente alrededor del isocentro, y opcionalmente, un atenuador de haces, que está montado sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco, y en el que el atenuador de haces está en el lado opuesto del pórtico en forma de globo de la fuente de radiación externa, (iv) un eje de rotación trasero con un eje a lo largo del eje central del pórtico en forma de globo, (v) una base de soporte, y (vi) una carcasa trasera que comprende una fuente de alimentación, mecanismos para mover componentes del pórtico en forma de globo, y controladores para controlar el movimiento de los componentes del pórtico en forma de globo y la irradiación de la diana en el paciente. El anillo de abertura delantero está unido al extremo delantero del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco. El eje de rotación trasero está unido al extremo trasero del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco. El anillo de abertura delantero y el eje de rotación trasero están soportados por la base de soporte y la carcasa trasera.

El anillo de abertura delantero y el eje de rotación trasero pueden girar alrededor del eje central haciendo que la fuente de radiación externa gire longitudinalmente. La fuente de radiación externa es un acelerador lineal o un dispositivo de teleterapia de radioisótopos. La fuente de radiación externa puede moverse a lo largo de la longitud del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco sobre el que está montado a una velocidad variable. Alternativamente, la fuente de radiación externa se fija sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco, y el brazo de soporte del pórtico en forma de arco y el eje de rotación trasero son trasladados para hacer que la fuente de radiación externa gire latitudinalmente a velocidad variable. El pórtico en forma de globo puede tener un radio de aproximadamente 40 cm a aproximadamente 100 cm. La orientación del eje central del pórtico en forma de globo puede cambiarse de horizontal a sustancialmente vertical o vertical, en cuyo caso la carcasa trasera pueden girar longitudinalmente y pivotar entre posiciones horizontales y verticales junto con el pórtico en forma de globo.

Todavía más se proporciona un sistema para irradiar una diana en un paciente. El sistema comprende (i) un pórtico en forma de globo, (ii) una plataforma de paciente, (iii) un soporte de la plataforma de paciente, y, opcionalmente, (iv) una pantalla de protección. La plataforma de paciente puede moverse independientemente en cualquier dirección a lo largo de la longitud de la plataforma de paciente o dimensión z, en cualquier dirección a lo largo de la anchura de la plataforma de paciente o dimensión x, y/o en cualquier dirección por encima o por debajo de la plataforma de paciente o dirección y. El (Los) movimiento(s) de la plataforma de paciente está/n en sincronía con las rotaciones longitudinales y latitudinales de la fuente de rotación y están controlados centralmente por la unidad de control que coordina todos los movimientos durante la irradiación del paciente. El soporte de la plataforma de paciente soporta la plataforma de paciente. La pantalla de protección separa al paciente del resto del sistema.

El sistema puede comprender además (v) al menos dos barras de soporte rectas, (vi) un tubo de rayos X, y (vii) una matriz de detectores de rayos X. El tubo de rayos X está montado sobre al menos una barra de soporte recta sobre un lado del pórtico en forma de globo. La matriz de detectores de rayos X está montada sobre al menos una barra de soporte recta sobre el lado opuesto del pórtico en forma de globo desde el tubo de rayos X y puede moverse a lo largo de las longitudes de las al menos dos barras de soporte rectas en las que está montada. Las al menos dos barras de soporte rectas son paralelas sobre el eje central del pórtico en forma de globo. El tubo de rayos X y la matriz de detectores de rayos X están montados sobre un eje de rotación separado, y pueden moverse a lo largo de las longitudes de las al menos dos barras de soporte rectas en las que están montados. La matriz de detectores de rayos X puede ser unidimensional o multi-dimensional, tal como bidimensional. Las dos barras de soporte rectas están soportadas en el extremo delantero por un rodamiento montado sobre el anillo delantero del pórtico en forma de globo y en el extremo trasero por un rodamiento coaxial con, pero separado de, el eje de rotación trasero del pórtico en forma de globo. Las dos barras de soporte rectas pueden girar independientemente, es decir, longitudinalmente independientemente, de la rotación, es decir, rotación longitudinal, del pórtico en forma de globo. Trasladando el tubo de rayos X y el detector complejo a lo largo de los brazos de soporte rectos y girando alrededor del paciente independientemente de la rotación de globo del pórtico, pueden adquirirse imágenes por TAC antes, durante y después del tratamiento de radiación.

Alternativamente, el sistema puede comprender además (viii) un sistema de obtención de imágenes por tomografía computerizada (TAC), un sistema de obtención de imágenes por resonancia magnética (IRM), o un sistema de obtención de imágenes por tomografía de emisión de positrones (TEP)/tomografía computerizada (TAC) ubicado adyacente al anillo de abertura delantero del pórtico en forma de globo, en el que el sistema de obtención de imágenes por TAC, el sistema de IRM, o el sistema de obtención de imágenes por TEP/TAC pueden proporcionar una guía de formación de imágenes incorporada.

Todavía se describe además un método de irradiación de una diana en un paciente bajo una guía de formación de imágenes usando el sistema. El método comprende a) obtención de imágenes del paciente en la posición de tratamiento, usando el tubo de rayos X y complejo de detector de rayos X o usando el sistema de obtención de

imágenes volumétricas unido o adyacente (TAC, IRM, o TEP/TAC); b) desarrollar un plan de tratamiento para suministrar una dosis de radiación focal dirigiendo los haces de radiación de intensidad modulada de la fuente de radiación externa a la diana en el paciente en una posición de tratamiento desde las numerosas direcciones en un ángulo sólido amplio girando longitudinalmente la fuente de radiación externa alrededor de un eje central y simultáneamente o secuencialmente, en cualquier orden, girando latitudinalmente la fuente de radiación externa, mientras que se mueve continuamente o discontinuamente el paciente; c) suministrar el tratamiento según el plan de tratamiento siguiendo el paciente sobre la plataforma de paciente de la misma configuración que con obtención de imágenes en a); y d) durante el tratamiento de radiación, obtención de imágenes del paciente usando el tubo de rayos X y la matriz de detectores de rayos X montados sobre las barras de soporte rectas en lados opuestos del paciente, en el que, si se detecta/n un cambio o cambios en la anatomía del paciente, se ajusta/n uno o más de los parámetros de suministro de tratamiento (por ejemplo, la posición del plataforma de soporte del paciente, la forma del colimador multihoja, la longitudinal y/o ángulos latitudinales del haz, y la intensidad del haz) de forma que se irradie una diana en el paciente según el plan de tratamiento.

#### Breve descripción de las figuras

La Fig. 1 es un dibujo de una estructura básica de un sistema de tratamiento de radiación típico en el que una cabeza emisora de radiación está montada sobre un pórtico de brazo en C giratorio.

La Fig. 2 es un dibujo de un sistema 20 que comprende un pórtico en forma de globo 21, que comprende un anillo de abertura delantero 22, un brazo de soporte del pórtico 23, una fuente de radiación externa 24 (por ejemplo, al menos una fuente de radiación), un eje de rotación trasero 25, una carcasa trasera 26 y una base de soporte 27. También se muestran una plataforma de paciente 28 y un soporte de la plataforma de paciente 29.

La Fig. 3(a) ilustra el sistema de coordenadas y la nomenclatura asociados a la vista frontal de un pórtico en forma de globo. El radio (R) está fijo. La localización (P) de la fuente de radiación 24 está únicamente identificada por su ángulo latitudinal ( $\phi$ ) y su ángulo longitudinal ( $\theta$ ), es decir,  $P(\phi, \theta)$ .

La Fig. 3(b) ilustra el sistema de coordenadas y la nomenclatura asociados a una vista lateral de un pórtico en forma de globo, que incluye un eje de rotación trasero 25. El radio (R) está fijo. La localización (P) de la fuente de radiación 24 es únicamente identificada por su ángulo latitudinal ( $\phi$ ) y su ángulo longitudinal ( $\theta$ ), es decir,  $P(\phi, \theta)$ .

La Fig. 4(a) muestra una vista lateral parcial de un sistema de tratamiento de radiación 20 cuando la fuente de radiación externa 24 montada sobre un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23 es latitudinalmente girada a cerca del extremo trasero (cerrado) del pórtico en forma de globo 21, donde el eje de rotación trasero 25 se localiza. También se muestran una plataforma de paciente 28 y un soporte de la plataforma de paciente 29.

La Fig. 4(b) muestra una vista lateral parcial de un sistema de tratamiento de radiación cuando la fuente de radiación externa 24 montada sobre un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23 es latitudinalmente girada a cerca del extremo delantero (abierto) del pórtico en forma de globo 21. También se muestran una plataforma de paciente 28 y un soporte de la plataforma de paciente 29.

La Fig. 5 muestra parcialmente un sistema de tratamiento de radiación 20 cuando se ve desde el anillo de abertura delantero 22. Se muestran la fuente de radiación 24 montada sobre brazos de soporte del pórtico en forma de arco adyacentes 23, una plataforma de paciente 28 y una base de soporte 27 con rodillos 30.

La Fig. 6(a) ilustra el sitio del haz desde la fuente de radiación externa con rotación constante de rotación longitudinal y latitudinal, por lo que el sitio del haz desde la fuente de radiación externa forma una hélice esférica. Se muestra el eje de rotación trasero 25.

La Fig. 6(b) ilustra el sitio del haz desde la fuente de radiación externa con rotación longitudinal lenta y rotación latitudinal de un lado para otro, por lo que el sitio del haz desde la fuente de radiación externa forma un patrón en zigzag sobre la superficie de una esfera. Se muestra el eje de rotación trasero 25.

La Fig. 7 ilustra parcialmente un sistema 20 configurado como un dispositivo especializado para tratar tumores cerebrales y de cabeza y cuello donde los intervalos de los ángulos latitudinales en los extremos delantero y trasero del pórtico en forma de globo 21 son altamente asimétricos alrededor del plano transversal a través del origen del globo. Se muestran el anillo de abertura delantero 22, un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, una fuente de radiación externa 24, una carcasa trasera 26, un eje de rotación trasero 25 conectado a un dispositivo que permite la rotación 34, tal como un par motor, y una plataforma de paciente 28. El pórtico en forma de globo entero 21 está soportado por una columna de soporte 36.

La Fig. 8 ilustra parcialmente un sistema 20 configurado como un dispositivo especializado para tratar cánceres en una mama humana que cuelga a través de una abertura en una plataforma de paciente 28 posicionada por encima de la abertura del pórtico en forma de globo, cuyo eje longitudinal de rotación es vertical. Se muestran un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, una fuente de radiación externa 24 y un eje de rotación trasero 25.

La Fig. 9 ilustra una realización del pórtico en forma de globo 21 en el que el eje de rotación longitudinal puede ser pivotado entre posiciones horizontales y verticales. Una carcasa trasera 26 comprende una fuente de alimentación, mecanismos para mover componentes del pórtico en forma de globo y controladores para controlar el movimiento de los componentes del pórtico en forma de globo e irradiación de la diana en el paciente. En esta realización, el pórtico en forma de globo 21 y la carcasa trasera 26 giran juntos longitudinalmente por el par motor 34 y pivotan entre posiciones horizontales y verticales mediante la rotación

del eje pivotante 30 soportado por dos columnas de soporte 36. Se muestran un anillo de abertura delantero 22, un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, una fuente de radiación externa 24, un eje de rotación trasero 25, una carcasa trasera 26, un par motor 34 y dos columnas de soporte 36.

La Fig. 10 ilustra una realización del sistema 20 en la que una cavidad en el extremo trasero del pórtico en forma de globo 21 proporciona espacio para el pie de un paciente cuando se trata en una orientación de "pies dentro", tal como para el tratamiento de cáncer de próstata. El punto de conexión para el eje trasero 25 está en el extremo trasero de la cavidad. Se muestran un anillo de abertura delantero 22, brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23, una fuente de radiación externa 24, una base de soporte 27, una plataforma de paciente 28 y un soporte de la plataforma de paciente 29.

La Fig. 11(a) muestra una vista lateral de un sistema 20 en el que barras de soporte rectas 31 están unidas al pórtico en forma de globo 21 mediante un rodamiento de eje separado 36 para facilitar la obtención de imágenes a bordo, tales como rayos X 2-D u obtención de imágenes por TAC 3-D. Se muestran un anillo de abertura delantero 22, brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23, una fuente de radiación externa 24, un eje de rotación trasero de pórtico en forma de globo 25, una carcasa trasera 26, una base de soporte 27, una plataforma de paciente 28, un soporte de la plataforma de paciente 29 y obtención de imágenes a bordo con un tubo de rayos X 32 y una matriz de detectores de rayos X 33.

La Fig. 11(b) muestra la vista desde el anillo delantero del pórtico en forma de globo 21 de un sistema 20 en el que barras de soporte rectas 31 están unidas al pórtico en forma de globo 21 para facilitar la obtención de imágenes a bordo, tales como rayos X 2-D u obtención de imágenes por TAC 3-D. Se muestran un anillo de abertura delantero 22, una fuente de radiación externa 24 y obtención de imágenes a bordo con un tubo de rayos X 32 y una matriz de detectores de rayos X 33.

La Fig. 12 ilustra cómo un dispositivo de obtención de imágenes 3-D 32 con un anillo pórtico puede apoyarse en el anillo delantero del pórtico en forma de globo 21 de un sistema 20 para permitir que se obtengan imágenes de un paciente y sea tratado mientras mantiene la misma posición sobre una plataforma de paciente.

Se muestran un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, una fuente de radiación externa 24, un eje de rotación trasero 25, una plataforma de paciente 28, un soporte de la plataforma de paciente 29 y dispositivo de obtención de imágenes 3-D a bordo 35.

#### Descripción detallada

Se describe un método de irradiación de una diana en un paciente. El método comprende dirigir un haz de radiación de una fuente de radiación externa, tal como al menos una fuente de radiación externa, a la diana en el paciente desde numerosas direcciones (la direcciones pueden ser tan numerosos como para ser consideradas grandes) en un ángulo sólido amplio. La fuente de radiación externa es longitudinalmente girada alrededor del paciente alrededor de un eje. Simultáneamente con la rotación longitudinal o secuencialmente a la rotación longitudinal, en cualquier orden (es decir, cualquiera antes o después), la fuente de radiación externa puede girar latitudinalmente mediante traslación a lo largo de una trayectoria circular. Juntas, las rotaciones longitudinales y latitudinales de la fuente de radiación externa mueven en efecto la fuente de radiación en una trayectoria que se encuentra sobre la superficie de una esfera. El intervalo de rotación latitudinal es suficiente para permitir ángulos del haz coplanares grandes en uno o ambos extremos del intervalo de rotación. Preferentemente, e incluso deseablemente, el eje central del haz de radiación se enfoca sobre un punto fijo en el espacio a través de todas las rotaciones de la fuente de radiación externa. Este punto es el "isocentro" o la intersección de los ejes de rotación longitudinal y latitudinal. Así, la fuente de radiación externa es preferentemente, e incluso deseablemente, girada longitudinalmente y girada latitudinalmente concéntricamente alrededor de un isocentro común. La intensidad del haz de radiación, la forma de la abertura del haz de radiación, o tanto la intensidad como la forma de la abertura del haz de radiación, pueden variarse, tal como durante el movimiento de la fuente de radiación externa, es decir, durante la irradiación a través de diferentes puntos de rotación longitudinal y/o latitudinal, o durante el mantenimiento de la fuente de radiación externa en una localización única / estática. La velocidad de rotación longitudinal de la fuente de radiación externa, la velocidad de rotación latitudinal de la fuente de radiación externa, o tanto la velocidad de rotación longitudinal como la velocidad de rotación latitudinal de la fuente de radiación externa, pueden variarse. La anchura del ángulo sólido desde dentro del cual se dirige el haz de radiación puede variar dependiendo de la localización de la diana en el paciente que se irradia. La anchura del ángulo sólido abarcada por estas rotaciones puede variar dependiendo de la localización de la diana en el paciente que se irradia, permitiendo la personalización de la administración para diferentes localizaciones. Cuando la fuente de radiación externa es longitudinalmente girada y latitudinalmente girada a una velocidad constante, la trayectoria de la fuente de radiación externa es una hélice esférica como se muestra en la Fig. 6(a), que ilustra el sitio de la fuente de radiación externa con velocidad constante de rotación longitudinal y latitudinal, por lo que el sitio de la fuente de haces forma una hélice esférica. La rotación longitudinal y la rotación latitudinal pueden realizarse en ambas direcciones. Cuando la fuente de radiación externa es longitudinalmente girada lentamente y latitudinalmente girada constantemente de un lado para otro, la trayectoria de la fuente de radiación externa es un zigzag como se muestra en la Fig. 6(b), que ilustra el sitio de la fuente de radiación externa con rotación longitudinal lenta y rotación latitudinal de un lado para otro, por lo que el sitio de la fuente de haces forma un patrón en zigzag sobre la superficie de una esfera. Cuando la fuente de radiación externa es longitudinalmente girada de un lado para otro y latitudinalmente girada lentamente, la trayectoria de la fuente de radiación externa es segmentos conectados de hélices de direcciones opuestas. El método puede comprender además mover continuamente o discontinuamente el paciente durante la irradiación, permitiendo así que se mueva dinámicamente el punto de radiación focal dentro de la diana o sea estadísticamente colocado en una o más

posiciones en y alrededor de la diana. Este método se denomina arcoterapia estereotáctica de intensidad modulada (SIMAT).

También se proporciona un pórtico en forma de globo 21 para girar longitudinalmente y latitudinalmente una fuente de radiación externa concéntricamente alrededor de un isocentro dispuesto en una diana que va a irradiarse. El pórtico en forma de globo 21 tiene un eje central que cruza el isocentro y puede girar la fuente de radiación externa 24 un intervalo de 360° alrededor del eje central. Este movimiento se denomina en el presente documento "rotación longitudinal," y la fuente de radiación externa se dice que "gira longitudinalmente" o "gira longitudinalmente" o está "longitudinalmente girada" cuando gira alrededor del eje central. Preferentemente, e incluso deseablemente, el pórtico en forma de globo 21 puede girar en cualquier dirección, es decir, en sentido de las agujas del reloj y en contra de las agujas del reloj. También preferentemente, e incluso deseablemente, el pórtico en forma de globo 21 puede girar a una velocidad variable. El pórtico en forma de globo 21 comprende los siguientes componentes: (i) un anillo de abertura delantero 22 con su origen sobre el eje central del pórtico en forma de globo 21, (ii) al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, que tiene un extremo delantero y un extremo trasero y es parte de un círculo con su origen sobre el eje central del pórtico en forma de globo, (iii) una fuente de radiación externa (24; también denominado un "dispositivo generador de radiación", un "dispositivo emisor de radiación" y una "cabeza de radiación"), que está montada sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, y, opcionalmente, un atenuador de haces, que está montado sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, y en el que el atenuador de haces está en el lado opuesto del pórtico en forma de globo 21 desde la fuente de radiación externa 24, (iv) un eje de rotación trasero 25 con un eje a lo largo del eje central del pórtico en forma de globo 21, (v) una base de soporte 27 y (vi) una carcasa trasera 26 que comprende una fuente de alimentación, mecanismos para mover componentes del pórtico en forma de globo 21 y controladores para controlar el movimiento de los componentes del pórtico en forma de globo 21 y la irradiación de la diana en el paciente. El anillo de abertura delantero 22 está unido al extremo delantero del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23. Preferentemente, el anillo de abertura delantero 22 está unido a los extremos delanteros de al menos dos brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23, que están separados a ángulos longitudinales de 180°, o al menos dos pares de brazos de soporte del pórtico en forma de arco adyacentes 23, pares que están separados a ángulos longitudinales de 180°. La curvatura del (de los) brazo(s) de soporte del pórtico en forma de arco 23 permite el movimiento de la fuente de radiación externa 24 a lo largo de una trayectoria circular con un origen fijo, es decir, el isocentro, que se encuentra sobre el eje de rotación del pórtico en forma de globo 21 y, cuando está presente, el atenuador de haces. El anillo de abertura delantero 22 proporciona deseablemente soporte y rigidez. El anillo de abertura delantero 22 está soportado por rodillos 30, rodamientos, o conjunto similar sobre la base de soporte 27, de forma que el anillo de abertura delantero 22 puede girar libremente sobre la base de soporte 27. El eje de rotación trasero 25 está unido al extremo trasero del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23 y facilita la rotación longitudinal del pórtico en forma de globo 21. La rotación longitudinal también puede lograrse accionando el anillo de abertura delantero 22. Cuando hay al menos dos brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23, preferentemente el eje de rotación está unido a los extremos traseros de los al menos dos brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23, y los dos brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23 forman parte de un círculo. Con una configuración tal, los brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23 están fijados a, y se extienden hacia afuera y hacia delante de, el eje de rotación trasero 25. El anillo de abertura delantero 22 y el eje de rotación trasero 25 están soportados por la base de soporte 27 y la carcasa trasera 26. El anillo de abertura delantero 22 y el eje de rotación trasero 25 pueden girar alrededor del eje central. Una configuración tal, cuando gira alrededor del eje central, ocupa un espacio que se parece a parte o toda una esfera o un globo. A este respecto, el pórtico en forma de globo puede ser ligeramente más o menos hemisférico.

Los mecanismos de accionamiento pueden unirse en cualquier sitio adecuado sobre el pórtico en forma de globo. Por ejemplo, los mecanismos de accionamiento pueden unirse al eje de rotación trasero 25 y/o el anillo de abertura delantera 22.

Preferentemente, un se usa anillo de deslizamiento para suministrar la electricidad de la carcasa trasera 26 a las fuentes de potencia de la fuente de radiación externa 24 montada sobre el pórtico en forma de globo, y para establecer enlaces de comunicación entre componentes, tales como sensores, controladores, etc., montados sobre el pórtico en forma de globo y la carcasa trasera estacionaria. El anillo de deslizamiento también puede usarse para transferir agua de refrigeración a y desde el pórtico en forma de globo giratorio 21. No es necesaria tecnología de anillo de deslizamiento cuando el pórtico en forma de globo 21 gira de un lado para otro con un intervalo máximo de rotación en una única dirección que no supera significativamente 10 giros (es decir, 3600°).

El mecanismo de accionamiento del pórtico en forma de globo 21 se diseña para prevenir la rotación accidental en el supuesto caso de que haya una pérdida de potencia y el peso sobre el pórtico en forma de globo 21 no se equilibre alrededor el globo. En una realización, que puede preferirse, se usa un mecanismo de engranajes accionable no reversible. Un mecanismo tal sirve para proteger el paciente y el pórtico en forma de globo 21, además de un sistema 20 que comprende el pórtico en forma de globo.

El pórtico en forma de globo puede tener cualquier radio adecuado. Deseablemente, el pórtico en forma de globo 21 tiene un radio que es lo suficientemente grande para la aplicación prevista. Para el tratamiento de tumores en el torso de un paciente, el diámetro del anillo de abertura delantero debe ser de 60 cm a 100 cm, suficiente para

permitir que un paciente, en particular un paciente humano, se coloque en el espacio interior del pórtico en forma de globo 21 y, opcionalmente se mueva en tres dimensiones dentro del espacio interior del pórtico en forma de globo 21. Para aplicaciones de mama, cerebro y cabeza/cuello, la abertura puede ser más pequeña.

5 Puede cambiarse la orientación del eje central del pórtico en forma de globo 21. Por ejemplo, la orientación del eje central puede cambiarse de horizontal a sustancialmente vertical o vertical, en cuyo caso la carcasa trasera puede girar longitudinalmente y pivotar entre posiciones horizontales y verticales junto con el pórtico en forma de globo. Una orientación sustancialmente horizontal u horizontal puede permitir, por ejemplo, que una cabeza del paciente y un cuerpo del paciente soportado por una plataforma de paciente 28 se coloque dentro del pórtico en forma de globo. Cuando el eje central está orientado sustancialmente verticalmente o verticalmente con el anillo delantero 22 orientado hacia arriba, el paciente puede colocarse en posición decúbito prono sobre una plataforma de paciente 28 en el pórtico en forma de globo. En una realización, la plataforma de paciente 28 comprende una abertura para una mama de una paciente que va a colocarse dentro del pórtico en forma de globo 21, en cuyo caso la mama está colgando en la abertura en la plataforma de paciente 28.

15 En una realización, la fuente de radiación externa 24 está montada sobre un par de brazos de soporte del pórtico en forma de arco adyacentes 23 para mayor estabilidad y mejor control de la fuente de radiación externa 24 cuando se mueve a lo largo de la(s) longitud(es) del (de los) brazo(s) de soporte del pórtico en forma de arco 23.

20 Preferentemente, e incluso deseablemente, la fuente de radiación externa 24 puede moverse o trasladarse a lo largo de la(s) longitud(es) del (de los) brazo(s) de soporte del pórtico en forma de arco 23 a los que está unida a una velocidad constante o una velocidad variable. Debido a que los brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23 son parte de un círculo sobre la superficie de un globo, este movimiento se denomina en el presente documento "rotación latitudinal", y la fuente de radiación externa se dice que "gira latitudinalmente" o "gira latitudinalmente" o está "latitudinalmente girada" cuando se mueve/traslada a lo largo de la(s) longitud(es) del (de los) brazo(s) de soporte del pórtico en forma de arco 23. La posición de la fuente de radiación externa 24 puede ser únicamente identificada por su longitudinal y ángulos latitudinales. El sistema de coordenadas y nomenclatura asociados a un pórtico en forma de globo 21 usado en un sistema 20 para planear el tratamiento de SIMAT se ilustra en las Figs. 3(a) y 3(b). La Fig. 3(a) ilustra el sistema de coordenadas y la nomenclatura asociados a la vista frontal de un pórtico en forma de globo 21. El radio (R) está fijo. La localización (P) de la fuente de radiación 24 es únicamente identificada por su ángulo latitudinal ( $\phi$ ) y su ángulo longitudinal ( $\theta$ ), es decir,  $P(\phi, \theta)$ . La Fig. 3(b) ilustra el sistema de coordenadas y la nomenclatura asociados a una vista lateral de un pórtico en forma de globo 21. La fuente de radiación 24 puede estar a diferentes ángulos latitudinales y longitudinales, indicando en todo momento al isocentro. La rotación del pórtico en forma de globo 21 cambia el ángulo longitudinal del haz de radiación. La rotación latitudinal de la fuente de radiación externa 24 varía el ángulo latitudinal del haz de radiación.

La velocidad de rotación longitudinal y la velocidad de rotación latitudinal de la fuente de radiación externa 24 pueden ser, pero no necesitan ser, y preferentemente no son, constantes. La trayectoria de la fuente de radiación 24 bajo tales condiciones no es una hélice esférica perfecta. Además, la rotación longitudinal y latitudinal de la fuente de radiación externa 24 generalmente no es mono-direccional, es decir, puede girar de un lado para otro en ambas direcciones según se necesite, y cada movimiento en una dirección puede ser completo o incompleto, es decir, rotaciones longitudinal que no son necesariamente de 360 grados y rotaciones latitudinales que no implican necesariamente la traslación de la fuente a lo largo de la(s) longitud(es) completa(s) del (de los) brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23. A este respecto, las posiciones de arranque y parada a lo largo del (de los) brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23 pueden variar con el ángulo longitudinal de la localización de la fuente de radiación externa 24. El eje del haz de radiación siempre indica al origen de la esfera.

El intervalo de los ángulos latitudinales no es simétrico alrededor del plano a través del isocentro y perpendicular al eje longitudinal del pórtico en forma de globo 21. Para la situación donde el eje longitudinal se oriente a lo largo de la longitud del paciente y la plataforma de paciente 28, esta asimetría de rotación latitudinal es alrededor del plano vertical a través del isocentro y transversal a la plataforma de paciente 28. En el campo de la oncología de la radiación, haces de radiación con sus ejes coplanares con un plano transversal de una plataforma de paciente (o paciente) 28 se denominan "haces coplanares", mientras que haces de radiación con ángulo oblicuo por encima o por debajo del plano transversal de la plataforma de paciente (o paciente) 28 se denominan "haces no coplanares". Para la situación donde el eje longitudinal está orientado perpendicularmente al paciente y la plataforma de paciente (28; como en la Fig. 8), la asimetría de rotación latitudinal es alrededor del plano horizontal a través del isocentro. El haz de radiación tiene una oblicuidad máxima más pequeña en el extremo de anillo abierto delantero 22 en comparación con el extremo cerrado trasero por el eje de rotación trasero 25. Esta configuración proporciona el mayor ángulo sólido posible sin constreñir la abertura del espacio de tratamiento. Esta disposición se desea debido a que permite que el espacio de tratamiento sea suficientemente grande como para acomodar pacientes de tamaño variable, y permite irradiación de un amplio intervalo de sitios diana dentro de un paciente.

También se proporciona un sistema mecánico alternativo para mover al menos una fuente de radiación en una esfera, mientras que se mantiene el haz enfocado sobre una localización fija en el espacio. En este mecanismo alternativo, la cabeza de radiación 24 se fija sobre el brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23, y el brazo de



soporte del pórtico en forma de arco 23 y el eje de rotación trasero 25 se trasladan, haciendo que la fuente de radiación externa 24 gire latitudinalmente.

El pórtico en forma de globo 21 puede hacerse de cualquier material adecuado según métodos conocidos en la técnica. El pórtico en forma de globo 21 está deseablemente hecho de un material fuerte que es duradero y de peso ligero. Deseablemente, el pórtico en forma de globo 21 puede ser fácilmente girado, y las barras de soporte pueden soportar accesorios, tales como una fuente de radiación externa 24, un atenuador de haces, y similares, y pueden resistir al movimiento repetido de la fuente de radiación externa 24 y, cuando esté presente, el atenuador de haces a lo largo de sus longitudes en ambas direcciones (es decir, las direcciones de rotación latitudinal). Un ejemplo de un material es metal.

También se proporciona un sistema 20 para irradiar una diana en un paciente. El sistema 20 comprende los siguientes componentes: (i) un pórtico en forma de globo 21 como se describe en el presente documento, (ii) una plataforma de paciente 28, que está posicionada a lo largo del eje central del pórtico en forma de globo 21 y que comprende un primer extremo y un segundo extremo, (iii) un soporte de la plataforma de paciente 29, que soporta la plataforma de paciente 28, y, opcionalmente, (iv) una pantalla de protección, que separa el paciente del resto del sistema.

La Fig. 2 es un dibujo de un sistema 20 que comprende un pórtico en forma de globo 21. En vez de tener la fuente de radiación fijada sobre un pórtico de brazo en C, los brazos del pórtico en forma de globo forman parte de un círculo, y la fuente de radiación externa 24 puede girar latitudinalmente a lo largo de un brazo del pórtico. Cuando el pórtico es longitudinalmente girado y la fuente de radiación externa 24 gira latitudinalmente a lo largo del brazo de soporte en forma de arco 23, el sitio de movimiento de la fuente de radiación es generalmente parte de la superficie de una esfera, en vez de un círculo. Durante tal movimiento, el haz de radiación emitido desde la fuente de radiación externa 24 apunta al origen de la esfera, la intensidad de radiación puede variarse, y la abertura del campo de radiación puede cambiarse. Así, pueden combinarse dos de las técnicas ampliamente adoptadas para administrar la dosis de radiación para adaptarse a la forma de la diana en un paciente – modulación de intensidad y enfoque geométrico. Durante el movimiento de los haces de radiación, el paciente también puede ser movido, permitiendo que el isocentro rotacional del haz de radiación barra la diana en el paciente análogamente a impresión tridimensional o pintura, cubriendo así una diana de forma irregular (por ejemplo, tumor) con los patrones de dosis deseados.

La Fig. 4(a) muestra una vista lateral de un sistema de tratamiento de radiación 20 cuando la al menos una fuente de radiación 24 montada sobre un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23 es latitudinalmente girada a cerca del extremo trasero (cerrado) del pórtico en forma de globo 21. Debido a que es raramente deseable dirigir el haz de radiación hacia el vértice de la cabeza de un paciente o la punta del pie de un paciente, el ángulo latitudinal ( $\phi$ ) prácticamente no necesita ser más pequeño de aproximadamente  $30^\circ$ .

La Fig. 4(b) muestra una vista lateral de un sistema de tratamiento de radiación 20 cuando la al menos una fuente de radiación 24 montada sobre un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23 es latitudinalmente girada a cerca del extremo delantero (abierto) del pórtico en forma de globo 21. Hay más intervalo angular latitudinal en el lado trasero que en el lado delantero del plano transversal a través del isocentro, permitiendo así grandes ángulos de haz no coplanares desde el extremo cerrado del pórtico. En la mayoría de los casos, no es necesario tener los haces de radiación dispuestos simétricamente alrededor del plano transversal a través del isocentro. Por tanto, el ángulo latitudinal ( $\phi$ ) prácticamente no necesita ser mayor de aproximadamente  $120^\circ$ .

La Fig. 5 muestra un sistema de tratamiento de radiación 20 cuando se ve desde el anillo abierto delantero 22. El pórtico en forma de globo 21 puede girar suavemente, por ejemplo, sobre rodamientos de bolas en la base de soporte 27. La cabeza de radiación 24 gira a un ángulo longitudinal ( $\theta$ ).

La fuente de radiación externa 24 puede ser cualquier fuente de radiación adecuada. La fuente de radiación externa 24 puede ser una máquina de radiación autocontenida. Ejemplos de fuentes de radiación 24 incluyen, pero no se limitan a, un acelerador lineal y un dispositivo de teleterapia de radioisótopos, tal como una cabeza de teleterapia de cobalto-6. Cuando la fuente de radiación externa 24 es un acelerador lineal, el generador de potencia de microondas y/o amplificador para la aceleración de electrones, la guía de ondas del acelerador, además de otros componentes necesarios para moldear el campo de radiación, están todos preferentemente montados sobre un único soporte, que se mueven juntos a medida que la fuente de radiación es latitudinalmente girada. El modulador de generación de pulsos de alto voltaje y otra circuitería de control pueden o bien fijarse sobre el pórtico en forma de globo o disponerse dentro de la carcasa estacionaria trasera. En la última disposición, la potencia eléctrica requerida para energizar una cabeza generadora de radiación puede conectarse mediante un mecanismo de anillo de deslizamiento. La fuente de radiación externa 24 comprende el apantallamiento necesario alrededor de la fuente de rotación, un colimador primario y un dispositivo de moldeo de la abertura de radiación, tal como un colimador multihoja. El haz de radiación es colimado con el colimador primario. En una realización, que puede preferirse, un colimador multihoja moldea el campo de radiación dinámicamente durante la irradiación y el movimiento.

Opcionalmente, la fuente de radiación externa 24 se acopla con un atenuador de haces, que está montado sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco 23 sobre el lado opuesto del pórtico en forma de globo 21 desde la fuente de radiación externa 24. El atenuador de haces es una placa protectora de radiación que atenúa el haz de salida del paciente. Ejemplos de atenuadores de haces adecuados son conocidos en la técnica e incluyen, por ejemplo, un material de alta densidad, tal como plomo encerrado en acero o aleación de tungsteno. Además de proteger de radiación de la fuente de radiación externa 24, el atenuador de haces puede actuar de contrapeso para la fuente de radiación externa 24. Preferentemente, e incluso deseablemente, el atenuador de haces puede moverse a lo largo de la(s) longitud(es) del (de los) brazos de soporte del pórtico en forma de arco 23 a los que está montado y se mueve en la dirección opuesta de la fuente de radiación externa 24. Como la fuente de radiación externa 24 se mueve a una velocidad constante o a velocidad variable, el atenuador de haces se mueve a una velocidad constante o a velocidad variable en consecuencia. La capacidad del atenuador de haces para moverse ayuda a minimizar el tamaño del atenuador de haces requerido para bloquear la salida del haz de radiación del paciente. Como la cabeza de radiación se mueve de un ángulo latitudinal positivo a un ángulo latitudinal negativo, el atenuador de haces se mueve de un ángulo latitudinal negativo a un ángulo latitudinal positivo (y viceversa) para mantener su función de bloque del haz de salida del paciente. Alternativamente, el atenuador de haces puede ser una placa en forma de arco fija que conecta el anillo de abertura delantero 22 con el eje de rotación trasero 25, que sirve tanto de apantallamiento de la radiación que sale del paciente como de soporte estructural que proporciona rigidez al pórtico en forma de globo 21. La anchura y la longitud del arco circular de la placa protectora en esta realización alternativa son suficientes para proteger el haz de salida cuando la cabeza de radiación está en cualquier localización posible en el pórtico en forma de globo.

Un ejemplo de una plataforma de paciente 28 es una mesa o sofá. En una realización, la plataforma de paciente 28 puede ser independientemente movida en diversas direcciones. Por ejemplo, la plataforma de paciente 28 puede ser movida en cualquier dirección a lo largo de la longitud de la plataforma de paciente 28 o dimensión z, en cualquier dirección a lo largo de la anchura de la plataforma de paciente 28 o dimensión x, y/o en cualquier dirección por encima o por debajo de la plataforma de paciente 28 o dirección y. Tales movimientos están en sincronía con las rotaciones longitudinales y latitudinal de la fuente de radiación externa. Puede accionarse movimiento independiente de la plataforma de paciente 28 en tres direcciones por al menos tres motores, por ejemplo. Dependiendo de la localización de la diana en el paciente que va a irradiarse, puede desearse tener el paciente tumbado sobre la plataforma de paciente 28 con su cabeza en el primer extremo o el segundo extremo.

Puede usarse cualquier soporte adecuado de la plataforma de paciente 29 para soportar la plataforma de paciente. Un ejemplo de un soporte adecuado de la plataforma de paciente 29 es un pedestal, dentro del que están dispuestos los mecanismos de accionamiento para los movimientos de la plataforma de paciente. El soporte de la plataforma de paciente 29 permite que la plataforma de paciente 28 se suspenda dentro del pórtico en forma de globo 21. El soporte de la plataforma de paciente 29 también puede ser un brazo robótico multi-eje.

La base de soporte 27 puede ser cualquier estructura de soporte adecuada, tal como una plataforma sólida, que estabiliza el anillo de abertura delantero 22, el eje de rotación trasero 25, y, si se desea, la plataforma de paciente 28, para mejor estabilidad geométrica.

La pantalla de protección, que separa el paciente del resto del sistema 20, puede ser cualquier pantalla de protección adecuada como se conoce en la técnica. Preferentemente, la pantalla de protección es delgada y protectora y separa el paciente del pórtico en forma de globo 21, la fuente de radiación externa 24 y otras partes móviles, que están montadas sobre o adyacentes al pórtico en forma de globo 21. La pantalla de protección puede tener cualquier forma adecuada, tal como una forma semiesférica, y puede establecerse alrededor del paciente antes del tratamiento. La pantalla de protección puede ser transparente, translúcida u opaca. Un paciente puede preferir una pantalla de protección transparente cuando está siendo irradiada una diana en la región del torso para no sentirse encerrado. A diferencia, un paciente puede preferir una pantalla de protección opaca cuando está siendo irradiada una diana en la región de la cabeza / cuello de manera que oculte el movimiento de la fuente de radiación 24 cerca de la cara del paciente. La pantalla de protección puede estar hecha de cualquier material adecuado.

Preferentemente, la pantalla de protección es inastillable y tolerante a las radiaciones. A este respecto, puede usarse un plástico, tal como policarbonato, e incluso es preferido. La pantalla de protección debe ser tan delgada como sea posible para minimizar la radiación de dispersión, que puede aumentar la dosis de radiación a la piel. Preferentemente, el espesor de la pantalla de protección es aproximadamente 1 mm o menos.

El sistema 20 puede comprender además los siguientes componentes: (v) al menos dos barras de soporte rectas 31, (vi) un tubo de rayos X 32 y (vii) una matriz de detectores de rayos X 33 como se muestra en las Figs. 11(a) y 11(b). La Fig. 11(a) muestra una vista lateral de un sistema 20 en el que barras de soporte rectas 31 están unidas al pórtico en forma de globo 21 a través de un eje separado 36, que es coaxial con e independiente del eje del pórtico en forma de globo 25, para facilitar la obtención de imágenes a bordo, tales como rayos X 2-D u obtención de imágenes por TAC 3-D, en la que se muestra la obtención de imágenes a bordo con un tubo de rayos X 32 y una matriz de detectores de rayos X 33. La Fig. 11(b) muestra la vista desde el anillo delantero 22 del pórtico en forma de globo 21 de un sistema 20 en el que barras de soporte rectas 31 están unidas al pórtico en forma de globo 21 para facilitar la obtención de imágenes a bordo con un dispositivo de obtención de imágenes a bordo 32, tal como rayos X 2-D u

obtención de imágenes por TAC 3-D, en la que se muestra la obtención de imágenes a bordo con un tubo de rayos X 32 y una matriz de detectores de rayos X 33. La matriz puede ser unidimensional o multi-dimensional. El tubo de rayos X 32 está montado sobre al menos una barra de soporte recta sobre un lado del pórtico en forma de globo. La matriz de detectores de rayos X 33 está montada sobre al menos una barra de soporte recta sobre el lado opuesto del pórtico en forma de globo desde el tubo de rayos X. Las dos barras de soporte rectas están soportadas en el extremo delantero por un rodamiento montado sobre el anillo delantero del pórtico en forma de globo y en el extremo trasero por un rodamiento 36 que es coaxial con, pero separado de, el eje de rotación trasero del pórtico en forma de globo. Las dos barras de soporte rectas pueden girar independientemente, es decir, longitudinalmente independientemente, de la rotación, es decir, rotación longitudinal, del pórtico en forma de globo. El tubo de rayos X y la matriz de detectores de rayos X pueden moverse a lo largo de las longitudes de las al menos dos barras de soporte rectas 31 en las que están montados en sincronía. Trasladando el tubo de rayos X y detector complejo a lo largo de los brazos de soporte rectos y girando alrededor del paciente independientemente de la rotación de globo del pórtico, pueden adquirirse imágenes por TAC antes, durante y después del tratamiento de radiación.

El sistema 20 puede comprender además los siguientes componentes: (viii) un sistema de obtención de imágenes por tomografía computerizada (TAC), un sistema de obtención de imágenes por resonancia magnética (IRM), o un sistema de obtención de imágenes por tomografía de emisión de positrones (TEP)/tomografía computerizada (TAC) ubicado adyacente al anillo de abertura delantero 22 del pórtico en forma de globo 21 como se muestra en Fig. 12, que ilustra cómo un dispositivo de obtención de imágenes tridimensional en un anillo pórtico puede estar apoyado en el anillo delantero 22 del pórtico en forma de globo 21 de un sistema 20 para permitir que se obtengan imágenes de un paciente y sea tratado mientras mantiene la misma posición sobre una plataforma de paciente. El sistema de obtención de imágenes por TAC, el sistema de IRM, o el sistema de obtención de imágenes por TEP/TAC, pueden proporcionar la guía de formación de imágenes incorporada.

Deseablemente, se usa la misma plataforma de paciente (28 o 28 y 29) para la obtención de imágenes e irradiación para minimizar la incertidumbre geométrica. Por tanto, pueden obtenerse imágenes de un paciente y ser tratado sin mover el paciente de una posición fija sobre la plataforma de paciente (28 o 28 y 29).

También se describe un método de irradiación de una diana en un paciente bajo una guía de formación de imágenes usando un sistema 20 como se describe en el presente documento. El método comprende a) obtención de imágenes del paciente en la posición de tratamiento, usando el tubo de rayos X y complejo de detector de rayos X o usando los sistemas de obtención de imágenes volumétricas unidos o adyacentes (TAC, IRM, o TEP/TAC); b) desarrollar un plan de tratamiento para administrar una dosis de radiación focal dirigiendo haces de intensidad modulada de radiación desde la fuente de radiación externa a la diana en el paciente en una posición de tratamiento de las numerosas direcciones en un ángulo sólido amplio girando longitudinalmente la fuente de radiación externa alrededor de un eje central y simultáneamente o secuencialmente, en cualquier orden, girando latitudinalmente la fuente de radiación externa, mientras que se mueve continuamente o discontinuamente el paciente; c) suministrar el tratamiento según el plan de tratamiento siguiendo el paciente sobre la plataforma de paciente de la misma configuración que con obtención de imágenes en a); y d) durante el tratamiento de radiación, obtención de imágenes del paciente usando el tubo de rayos X y la matriz de detectores de rayos X montados sobre las barras de soporte rectas en lados opuestos del paciente, en el que, si se detecta/n un cambio o cambios en la anatomía del paciente, se ajusta/n uno o más de los parámetros de suministro de tratamiento, tales como la posición de la plataforma de soporte del paciente, la forma del colimador multihoja, la longitudinal y/o ángulo latitudinal del haz, y la intensidad del haz, etc., de forma que la fuente de radiación externa se dirija a una diana en el paciente según el plan de tratamiento.

Un plan de tratamiento puede ser, y deseablemente es, usado para controlar el movimiento del pórtico en forma de globo 21, la fuente de radiación 24 y la plataforma de paciente 28. La coordinación de todos los movimientos e irradiación se refleja en el plan de tratamiento y se ejecuta por la unidad de control central, que comprende un sistema de ordenador y controladores de frecuencia de pulso conectados y controladores del movimiento. Tales unidades de control son comúnmente empleadas en los aceleradores lineales médicos hechos por expertos en la técnica en el campo. En una realización, el plan de tratamiento es diseñado por un sistema de planificación de tratamiento que usa imágenes 3-D del paciente y toda la libertad proporcionada por el sistema descrita en el presente documento para determinar la mejor distribución de dosis posible. El procedimiento de planificación puede implicar, y normalmente implica, optimización por ordenador comúnmente denominada "planificación inversa". El plan de tratamiento entonces es digitalmente transferido al sistema 20 y traducido al código de control de máquina que acciona la administración de radiación y el movimiento de diferentes componentes del sistema y la plataforma de soporte del paciente.

El sistema 20 y método pueden configurarse para producir dispositivos de irradiación estereotácticos que están especializados para el sitio de enfermedad particular. Por ejemplo, reduciendo el radio, R, del anillo de abertura delantero 22 del pórtico en forma de globo 21, el sistema 20 resultante puede usarse como dispositivo de irradiación especializado para tratar tumores de cabeza (por ejemplo, cerebro) y cuello como se muestra en la Fig. 7, que ilustra un sistema 20 configurado como un dispositivo especializado para tratar los tumores cerebrales y de cabeza y cuello donde los intervalos de los ángulos latitudinales en los extremos delantero y trasero del pórtico en forma de globo 21 son altamente asimétricos alrededor del plano transversal a través del origen del globo. En esta aplicación clínica, la

mayoría o todos los haces serían dirigidos desde el hemisferio trasero del pórtico en forma de globo. El radio más pequeño, R, permite aumentar la tasa de dosis. Los intervalos de los ángulos latitudinales del pórtico en forma de globo 21 pueden ser más pequeños que los sistemas de uso general, por ejemplo, de aproximadamente 40° a aproximadamente 110°, que hace que la mayoría de los haces apunten desde el lado superior del paciente. Debido a que el radio es más pequeño, el pórtico en forma de globo 21 pesa menos, y las estructuras de soporte pueden ser simplificadas usando, por ejemplo, una única columna de soporte central 36. Por ejemplo, puede usarse un par motor 34 con su estator fijado a la columna de soporte 36 y su rotor fijado al eje de rotación trasero para accionar la rotación longitudinal. Un experto habitual en la técnica puede usar diferentes mecanismos para el par motor 34 para efectuar la rotación longitudinal. Puede quitarse la base de soporte 27 debajo del anillo de abertura delantero 22. La carcasa estacionaria trasera 26, que contiene la fuente de alimentación y el controlador para la cabeza de radiación, puede girar con el pórtico en forma de globo 21, eliminando así la necesidad de un anillo de deslizamiento para conectar eléctricamente la fuente de alimentación estacionaria y el controlador a la cabeza de radiación. El paciente naturalmente mira hacia la abertura delantera. El intervalo latitudinal puede además aprovecharse de la geometría de la cabeza humana tal que la mayoría o todos los haces entren desde el hemisferio superior de la cabeza, que coincide con el extremo trasero del pórtico en forma de globo 21.

Si el anillo de abertura delantero 22 del pórtico en forma de globo 21 es reorientado y el radio, R, es opcionalmente además reducido, el sistema 20 puede usarse para tratar cánceres en una mama humana que cuelga a través de una abertura en la plataforma de paciente 28 como se muestra en la Fig. 8, que ilustra un sistema configurado como un dispositivo especializado para tratar cánceres en una mama humana que cuelga a través de una abertura en una plataforma de paciente 28 posicionada por encima de la abertura del pórtico en forma de globo 21, cuyo eje longitudinal de rotación es sustancialmente vertical o vertical. La plataforma de paciente 28 se encuentra por encima del anillo de abertura delantero 22 y es soportado y accionado para hacer movimientos en las tres direcciones (es decir, ejes x, y y z).

Los pórticos en forma de globo 21 de las Figs. 7 y 8 no necesitan ser dos unidades separadas. La Fig. 9 ilustra una realización del pórtico en forma de globo 21 en la que el eje de rotación longitudinal puede ser pivotado entre posiciones horizontales y verticales mediante la rotación de un eje pivotante 30 soportado por dos columnas de soporte 36. Una carcasa trasera 26, que comprende una fuente de alimentación, mecanismos para mover componentes del pórtico en forma de globo 21 y controladores para controlar el movimiento de los componentes del pórtico en forma de globo 21 y la irradiación de la diana en el paciente, gira longitudinalmente junto con el pórtico en forma de globo 21 por el par motor 34 y pivota entre posiciones horizontales y verticales junto con el pórtico en forma de globo 21. La capacidad para pivotar del eje de rotación longitudinal permite tratar la región de cabeza/cuello y la mama, por ejemplo, con una única machine. La estructura que soporta el eje de rotación longitudinal y la carcasa trasera 26, que contiene la fuente de alimentación y controladores, está unida a un eje giratorio, que es soportado, por ejemplo, por dos columnas de soporte 36, que están suficientemente separadas para que la carcasa trasera 26 se mueva entre las columnas de soporte 36, permitiendo así que el eje longitudinal del pórtico en forma de globo 21 esté tanto horizontal como vertical para el tratamiento de la cabeza/cuello y mama, respectivamente, por ejemplo.

El paciente puede tratarse en cualquier orientación "cabeza dentro" o "pies dentro". Por tanto, la distancia desde el origen de la esfera (el isocentro) al extremo más trasero no debe necesitar ser sustancialmente superior a aproximadamente 1 metro para permitir la irradiación de dianas a través del cuerpo. Como no se desea el uso de direcciones del haz sustancialmente paralelas al eje del paciente, el ángulo latitudinal más pequeño,  $\phi$ , es aproximadamente 40° (50° más allá del plano transversal central del pórtico en forma de globo). Esto permite que esté disponible espacio adicional en el extremo trasero cerrado del pórtico en forma de globo 21 como se muestra en la Fig. 10, que ilustra una realización del pórtico en forma de globo 21 en la que una cavidad en el extremo trasero del pórtico en forma de globo 21 proporciona espacio para los pies de un paciente cuando se trata en una orientación "pies dentro", tal como para el tratamiento de cáncer de próstata.

La terminología usada en el presente documento es con el fin de describir realizaciones particulares solo y no pretender por lo más ser limitante. Por ejemplo, los términos "delantero" y "trasero" se usan con el fin de describir localizaciones relativas y no pretenden limitar la orientación del pórtico en forma de globo.

Todas las patentes, publicaciones de solicitud de patente, artículos de revistas, libros de texto y otras publicaciones mencionadas en la memoria descriptiva son indicativos del nivel de experiencia de los expertos en la materia a los que se refiere la invención.

La invención descrita ilustrativamente en el presente documento puede ser adecuadamente puesta en práctica en ausencia de cualquier elemento o limitación, que no se desvela específicamente en el presente documento. Así, por ejemplo, cada caso en el presente documento de cualquiera de los términos "que comprende", "que consiste esencialmente en" y "que consiste en" puede sustituirse con cualquier de los otros dos términos. Asimismo, las formas en singular "un", "una", y "el" y "la" incluyen referencias al plural, a menos que el contexto dicte claramente de otro modo. Así, por ejemplo, referencias a "el método" incluyen uno o más métodos y/o etapas del tipo descrito en el presente documento y/o evidentes para aquellos expertos habituales en la materia tras la lectura de la divulgación.

Los términos y expresiones, que se han empleado, se usan como términos de descripción y no de limitación. A este respecto, donde se definen ciertos términos y se describen de otro modo o se tratan en cualquier parte en el presente documento, todas aquellas definiciones, descripciones y discusiones pretenden atribuirse a tales términos.

- 5 Tampoco hay intención en el uso de tales términos y expresiones de excluir cualquier equivalente de las características mostradas y descritas o porciones de las mismas.

- 10 Se reconoce que diversas modificaciones son posibles dentro del alcance de la invención reivindicada. Así, debe entenderse que, aunque la presente invención ha sido específicamente desvelada en el contexto de realizaciones preferidas y características opcionales, aquellos expertos en la materia pueden recurrir a modificaciones y variaciones de los conceptos desvelados en el presente documento. Se considera que tales modificaciones y variaciones están dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un pórtico en forma de globo (21) para girar longitudinalmente y latitudinalmente al menos una fuente de radiación externa concéntricamente alrededor de un isocentro dispuesto en una diana que va a irradiarse, pórtico en forma de globo que tiene un eje central que cruza el isocentro y que comprende los siguientes componentes:
- 10 (i) un anillo de abertura delantero (22) con su origen sobre el eje central del pórtico en forma de globo,  
(ii) al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23), que tiene un extremo delantero y un extremo trasero y es parte de un círculo,  
(iii) una fuente de radiación externa (24), que está montada sobre el al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23) y puede moverse a lo largo del brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23) para hacer la rotación latitudinal alrededor del isocentro,  
(iv) un eje de rotación trasero (25) con un eje a lo largo del eje central del pórtico en forma de globo,  
15 (v) una base de soporte (27), y  
(vi) una carcasa trasera (26) que comprende una fuente de alimentación, mecanismos para mover componentes del pórtico en forma de globo y controladores para controlar el movimiento de los componentes del pórtico en forma de globo y la irradiación de la diana en el paciente, en el que el anillo de abertura delantero (22) está unido al extremo delantero del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23), en el que el eje de rotación trasero (25) está unido al extremo trasero del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23), en el que el anillo de abertura delantero (22) y el eje de rotación trasero (25) están soportados por la base de soporte (27) y la carcasa trasera (26), y en el que el anillo de abertura delantero (22) y el eje de rotación trasero (25) pueden girar alrededor del eje central haciendo que la fuente de radiación externa gire longitudinalmente.
- 25 2. El pórtico en forma de globo de la reivindicación 1, que además comprende un atenuador de haces, que está montado sobre el al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23) sobre el lado opuesto del pórtico en forma de globo (21) desde la fuente de radiación externa (24).
- 30 3. El pórtico en forma de globo de la reivindicación 1 o 2, en el que la fuente de radiación externa (24) es un acelerador lineal o un dispositivo de teleterapia de radioisótopos.
4. El pórtico en forma de globo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la fuente de radiación externa (24) puede moverse a lo largo de la longitud del al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23) sobre el que está montado a una velocidad variable.
- 35 5. El pórtico en forma de globo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la fuente de radiación externa (24) está fijada sobre al menos un brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23), y el brazo de soporte del pórtico en forma de arco (23) y el eje de rotación trasero (25) son trasladados para hacer que la fuente de radiación externa gire latitudinalmente a velocidad variable.
- 40 6. El pórtico en forma de globo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, cuya orientación del eje central puede cambiarse de horizontal a sustancialmente vertical o vertical, en cuyo caso la carcasa trasera (26) puede girar longitudinalmente y pivotar entre posiciones horizontales y verticales junto con el pórtico en forma de globo.
- 45 7. El pórtico en forma de globo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende al menos dos brazos de soporte del pórtico en forma de arco, que están separados a ángulos longitudinales de 180° o al menos dos pares de brazos de soporte del pórtico en forma de arco adyacentes, pares que están separados a ángulos longitudinales de 180°.
- 50 8. Un sistema para irradiar una diana en un paciente, sistema que comprende los siguientes componentes:
- (i) el pórtico en forma de globo de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,  
(ii) una plataforma de paciente (28), que está dispuesta paralela al eje central del pórtico en forma de globo y que comprende un primer extremo y un segundo extremo,  
55 (iii) un soporte de la plataforma de paciente (29), que soporta la plataforma de paciente, y opcionalmente,  
(iv) una pantalla de protección, que separa el paciente del pórtico en forma de globo y la(s) fuente(s) de radiación del sistema.
- 60 9. El sistema de la reivindicación 8, en el que la plataforma de paciente (28) puede moverse independientemente en cualquier dirección a lo largo de la longitud de la plataforma de paciente o dimensión z, en cualquier dirección a lo largo de la anchura de la plataforma de paciente o dimensión x, y/o en cualquier dirección por encima o por debajo de la plataforma de paciente o dirección y, y tales movimientos están en sincronía con las rotaciones longitudinales y latitudinales de la fuente de radiación externa.
- 65

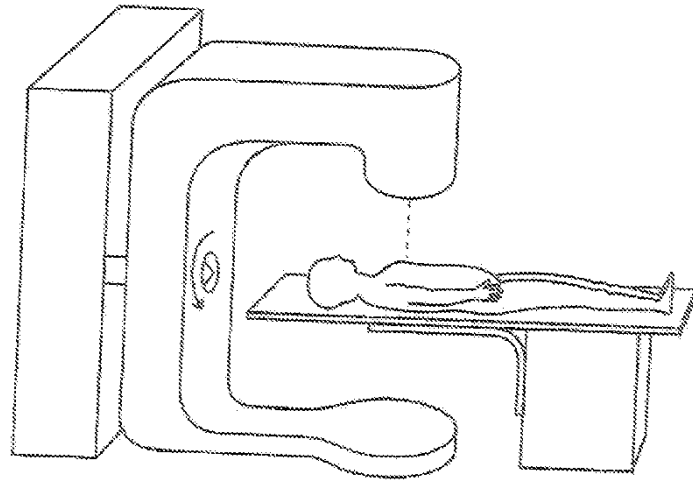
10. El sistema de la reivindicación 8 o 9, cuyos componentes además comprenden:

- (v) al menos dos barras de soporte rectas (31),
- (vi) un tubo de rayos X (32), y
- (vii) una matriz de detectores de rayos X (33),

en el que el tubo de rayos X (32) está montado sobre al menos una barra de soporte recta (31) sobre un lado del pórtico en forma de globo, en el que la matriz de detectores de rayos X (33) está montada sobre al menos una barra de soporte recta (31) sobre el lado opuesto del pórtico en forma de globo desde el tubo de rayos X, y pueden moverse a lo largo de las longitudes de las al menos dos barras de soporte rectas en las que están montados, y en el que las al menos dos barras de soporte rectas son paralelas al eje central del pórtico en forma de globo y están soportadas en el extremo delantero por un rodamiento montado sobre el anillo delantero del pórtico en forma de globo y en el extremo trasero por un rodamiento que es coaxial con, pero está separado del eje de rotación trasero del pórtico en forma de globo, para girar independientemente de la rotación del pórtico en forma de globo.

11. El sistema de la reivindicación 10, en el que la matriz de detectores de rayos X (33) es unidimensional o multidimensional.

12. El sistema de la reivindicación 10 u 11, cuyos componentes comprenden además (viii) un sistema de obtención de imágenes por tomografía computerizada (TAC), un sistema de obtención de imágenes por resonancia magnética (IRM), o un sistema de obtención de imágenes por tomografía de emisión de positrones (TEP)/tomografía computerizada (TAC) unido o dispuesto adyacente al anillo de abertura delantero del pórtico en forma de globo, coaxialmente o no coaxialmente, en el que el sistema de obtención de imágenes por TAC, el sistema de IRM o el sistema de obtención de imágenes por TEP/TAC puede proporcionar una guía de formación de imágenes incorporada.



Estado de la técnica

Fig. 1



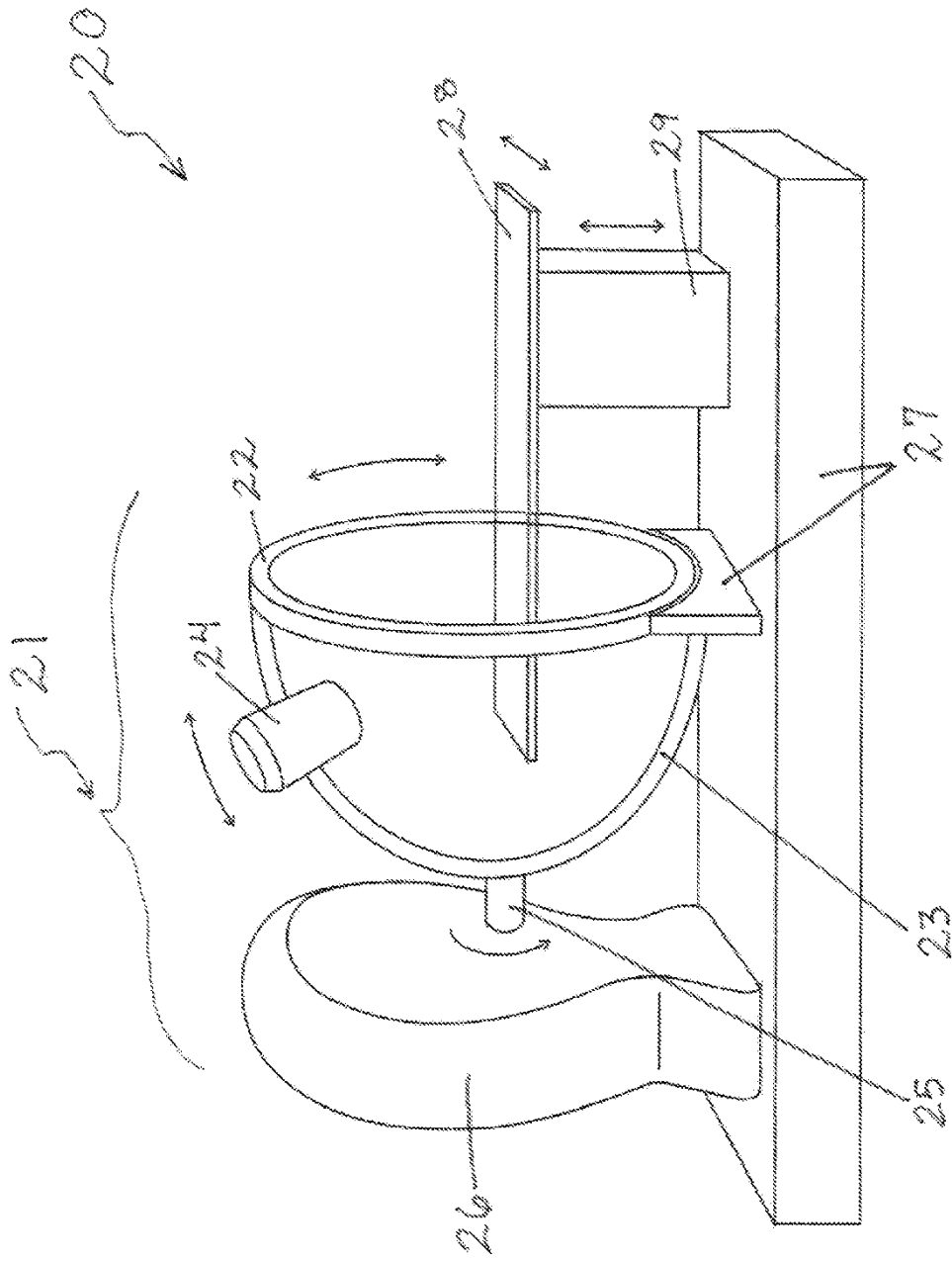


Fig. 2

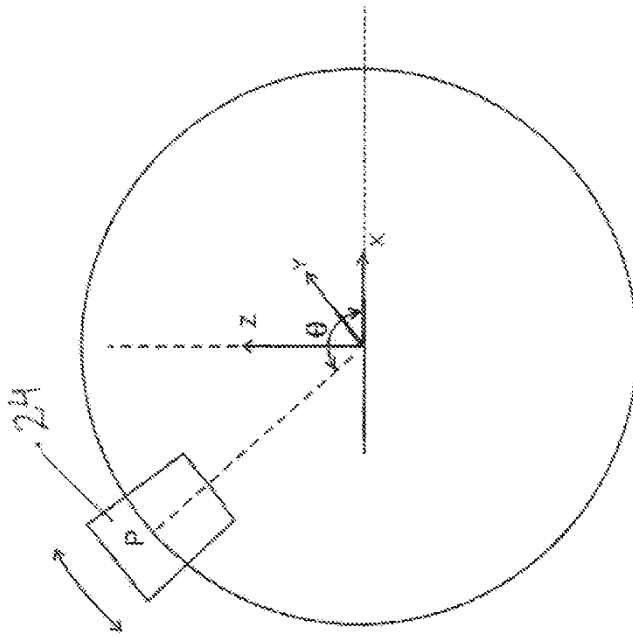


Fig. 3a

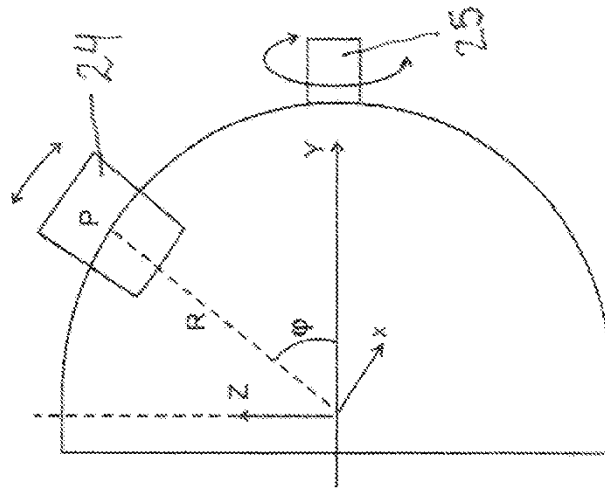


Fig. 3b

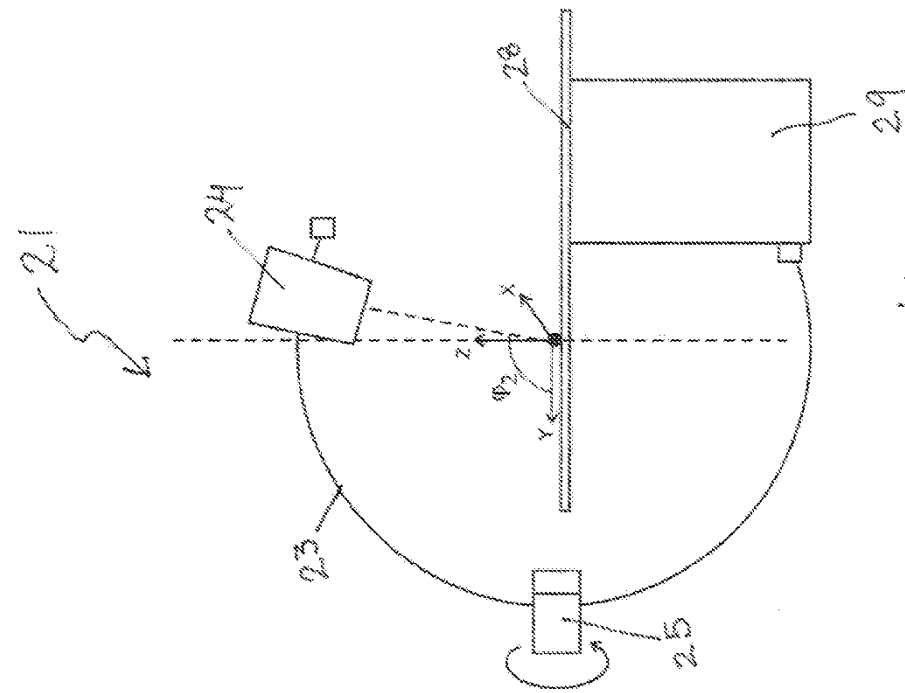


Fig. 4b

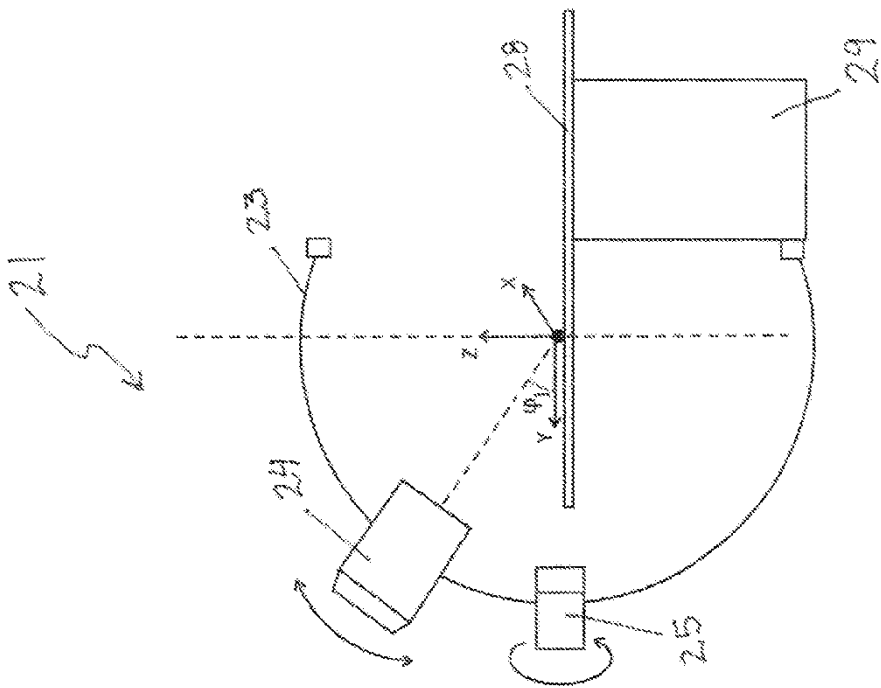


Fig. 4a

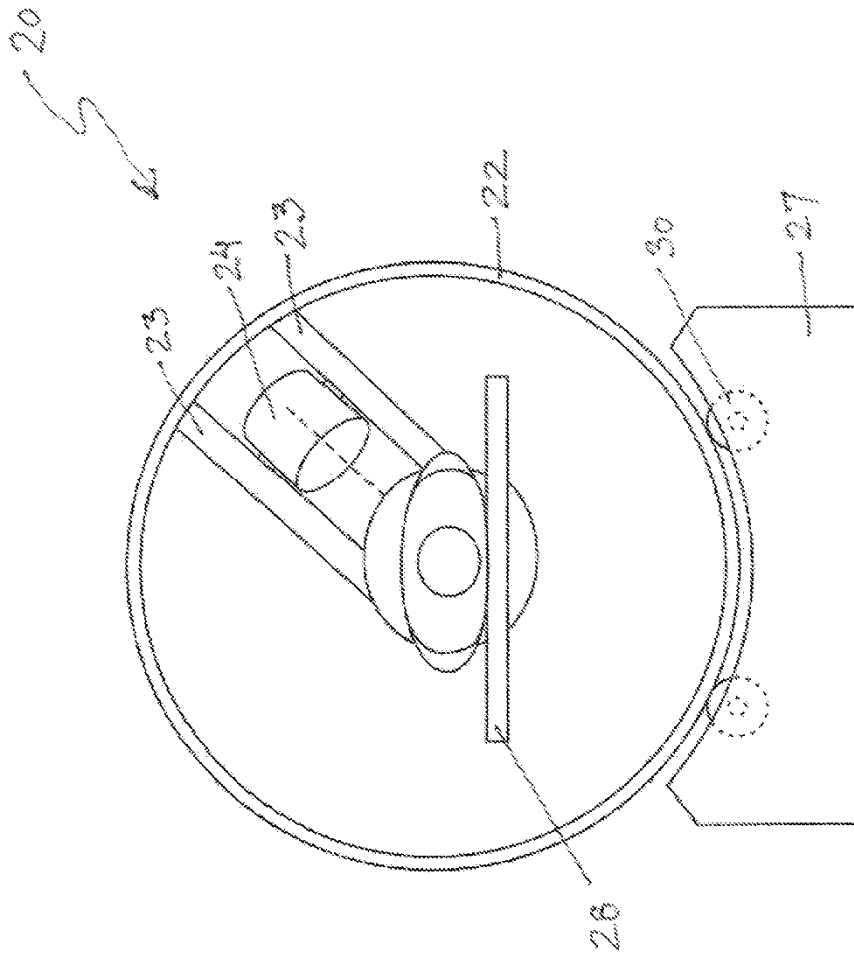


Fig. 5

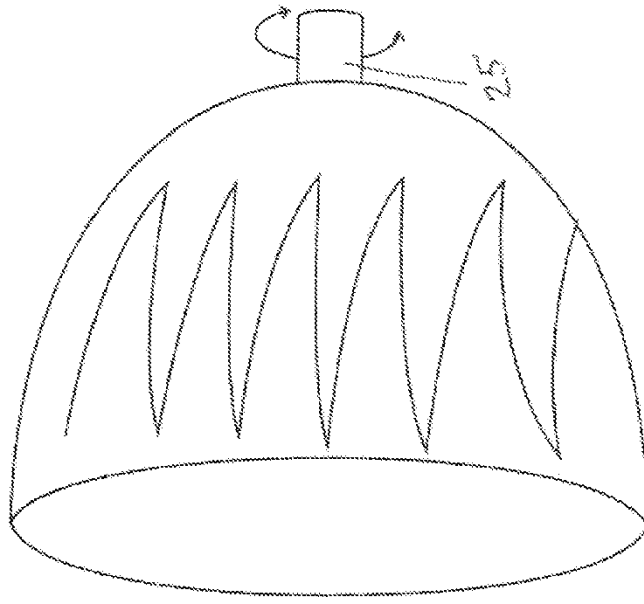


Fig. 6b

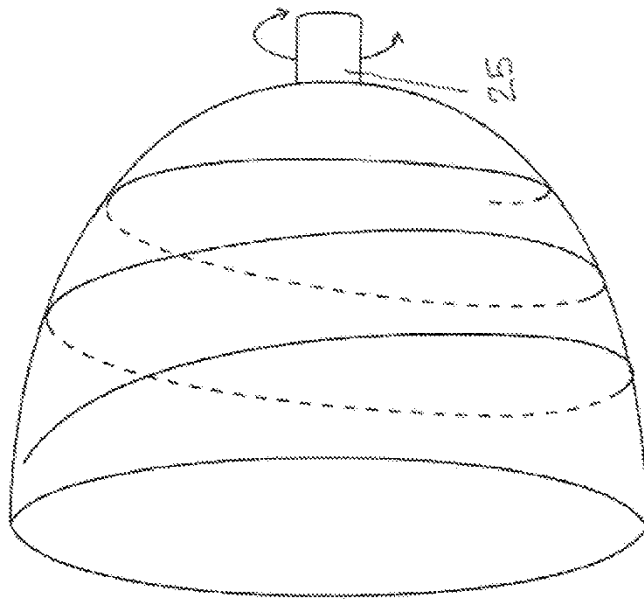


Fig. 6a

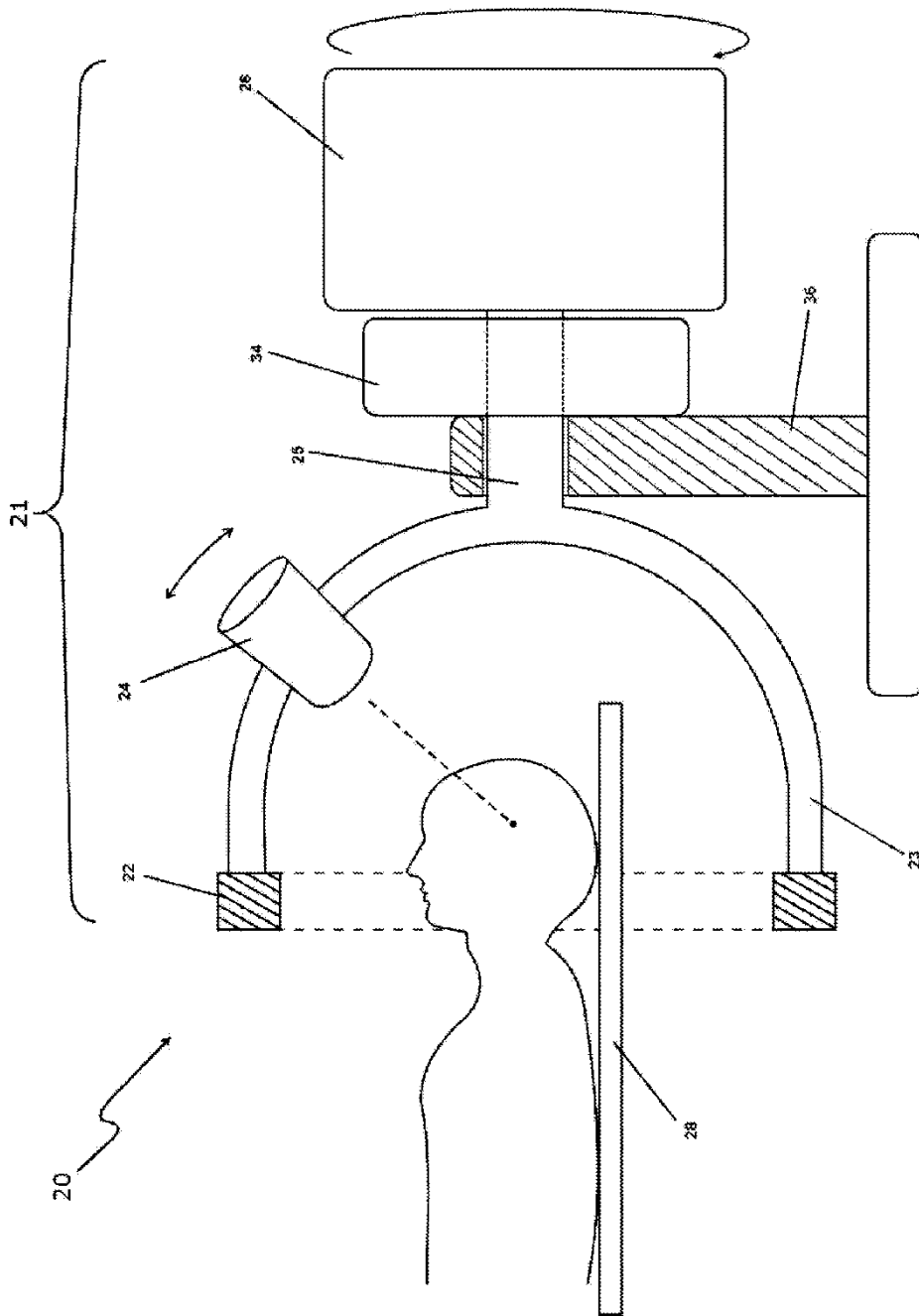


Fig. 7

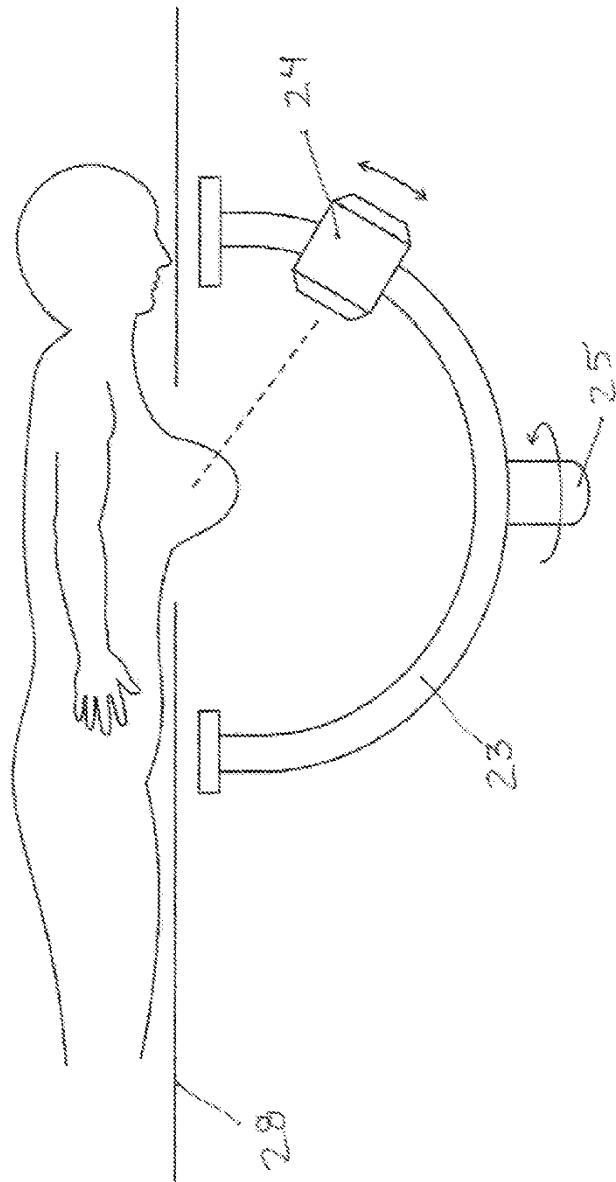


Fig. 8

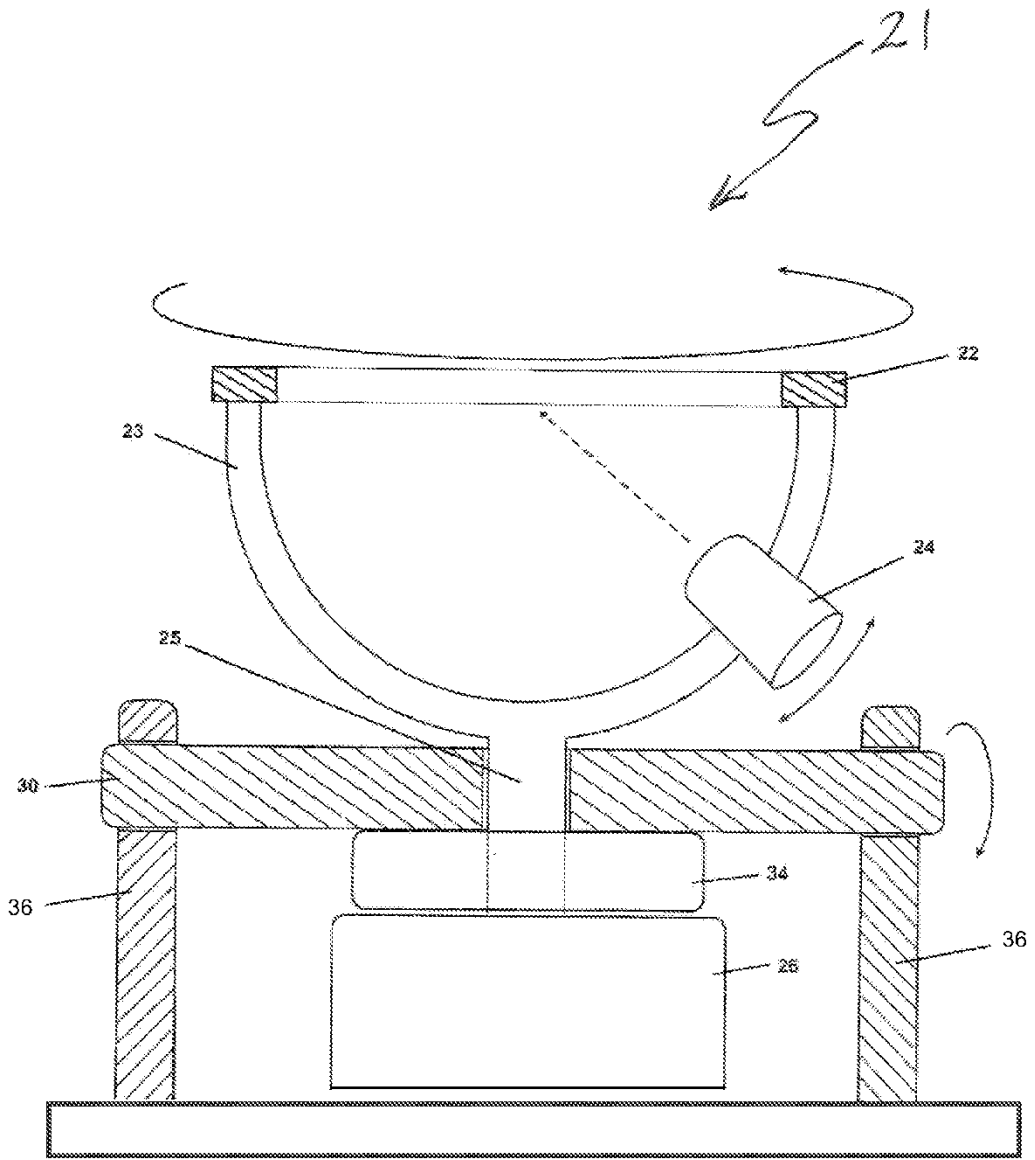


Fig.9



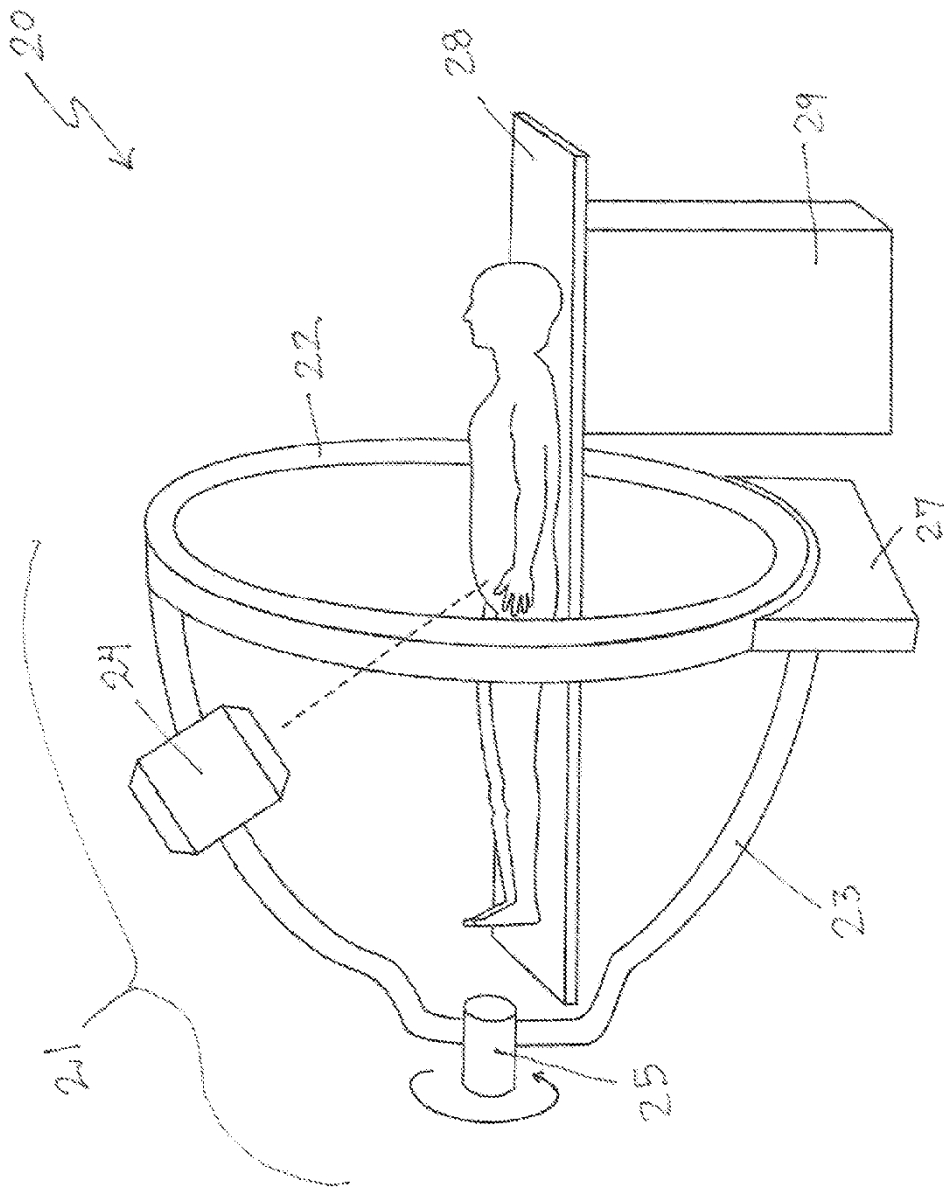


Fig. 10

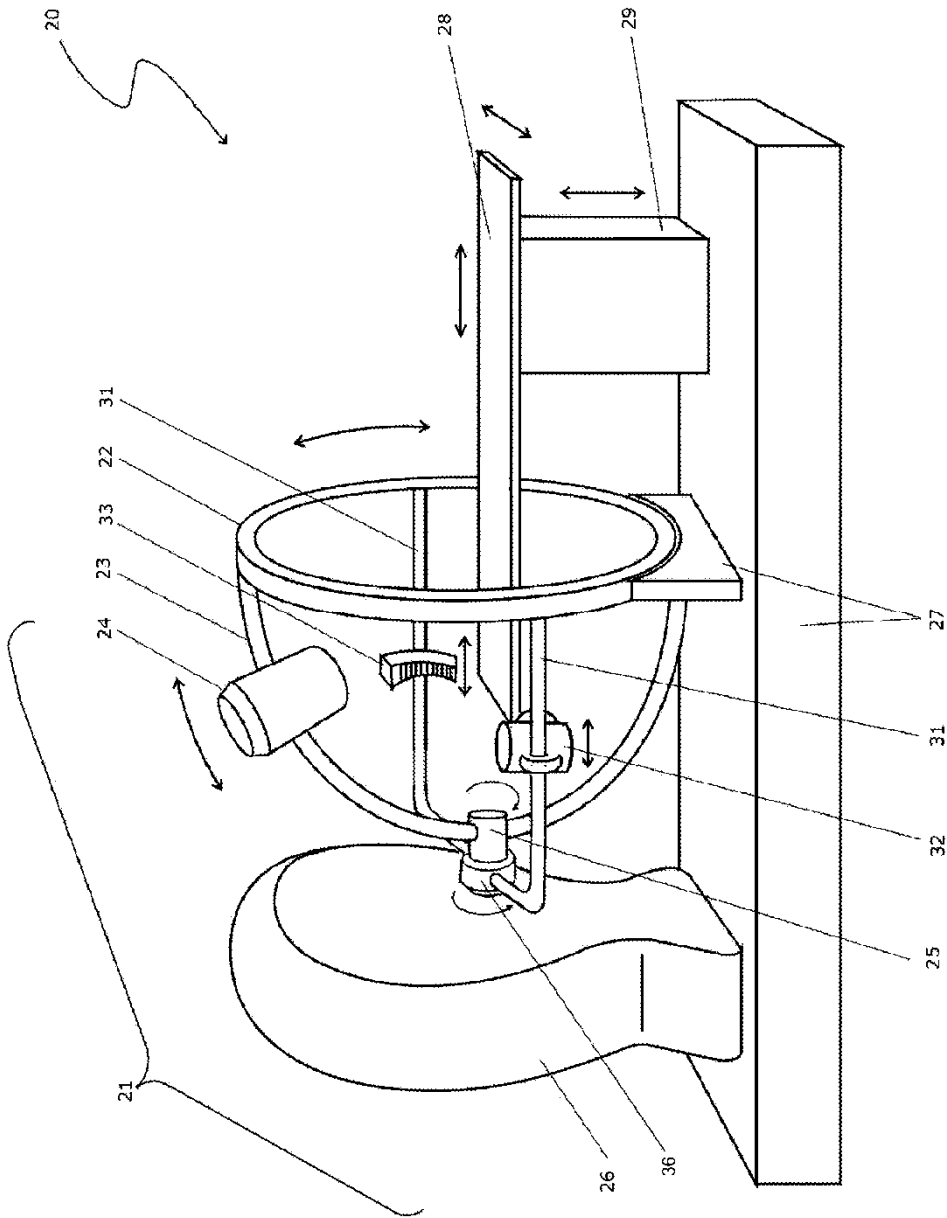


Fig. 11a

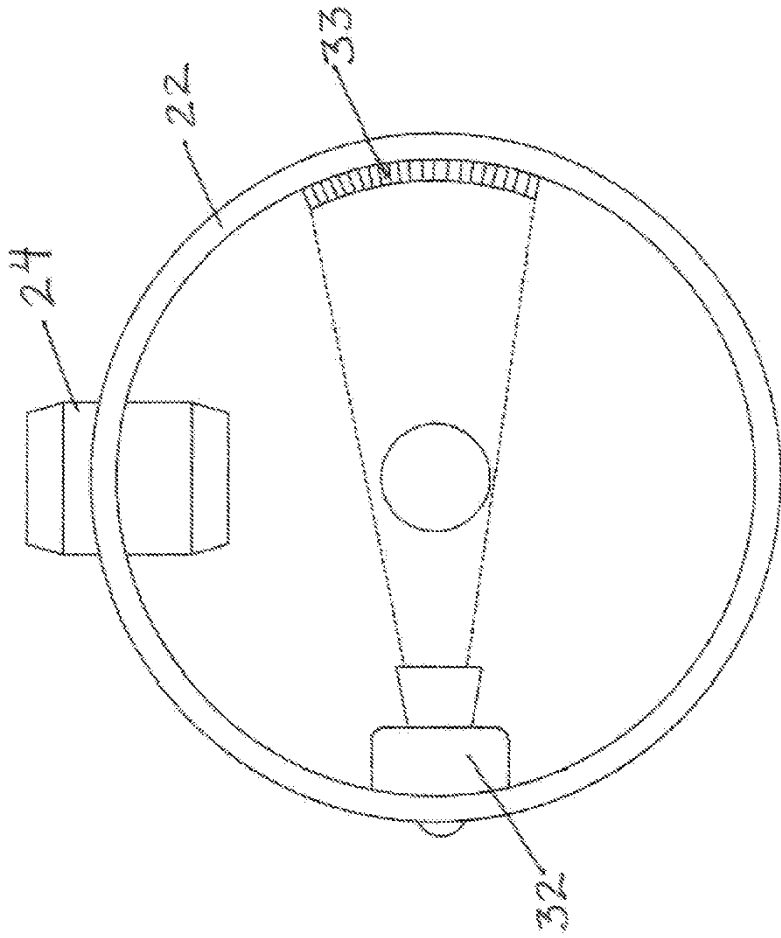


Fig. 11b

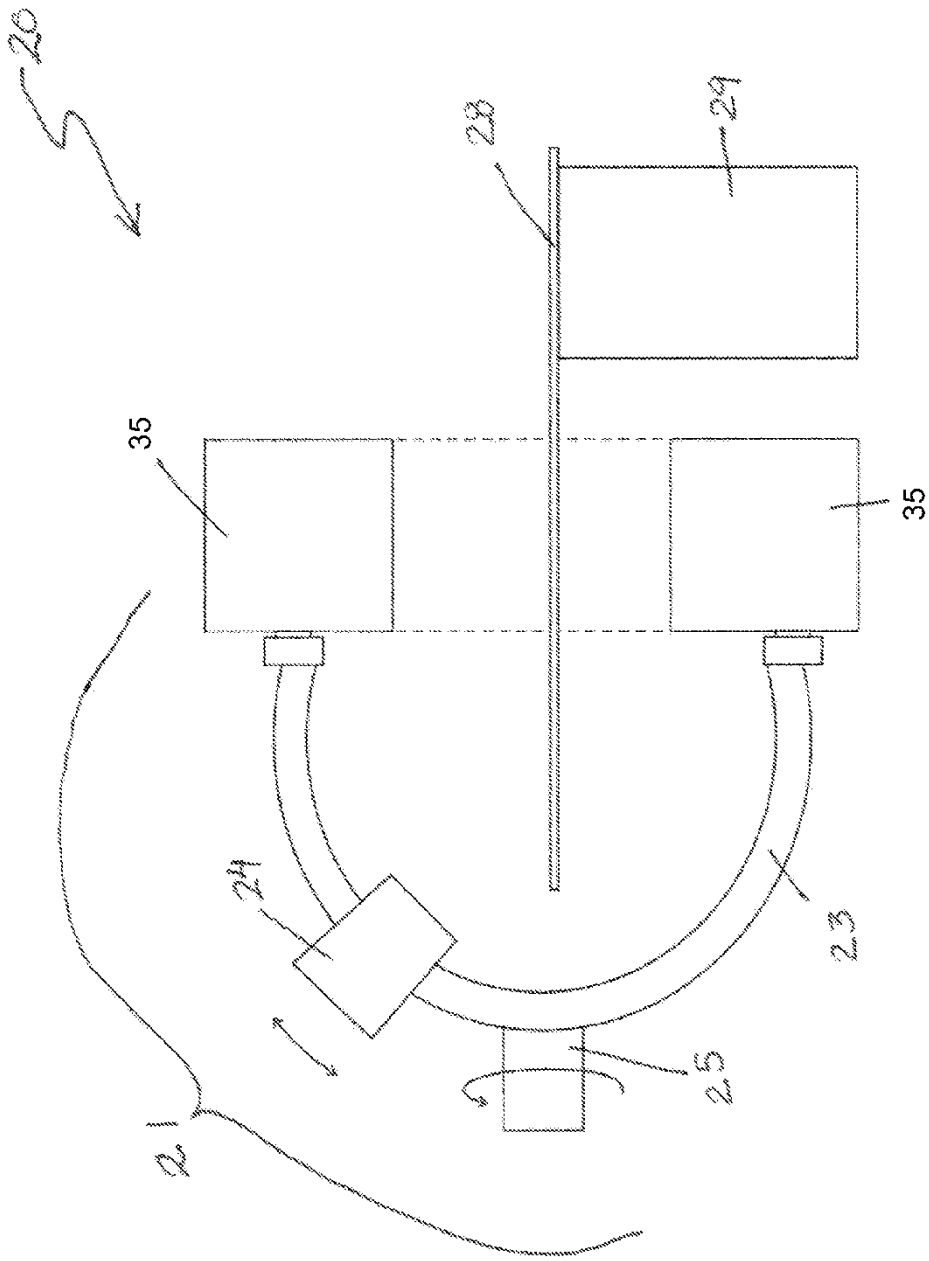


Fig. 12