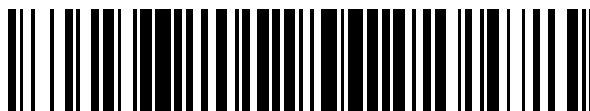


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 825**

51 Int. Cl.:

A61N 5/10 (2006.01)

A61B 5/055 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2012** **E 12172067 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014** **EP 2535086**

54 Título: **Integración de IRM en tratamiento con radioterapia**

30 Prioridad:

15.06.2011 US 201161497236 P

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

01.12.2014

73 Titular/es:

**IMRIS INC. (100.0%)
Suite 100-1370 Sony Place
Winnipeg, Manitoba R3T 1N5, CA**

72 Inventor/es:

**KLIMENKO, GORDON;
DAHAN, MEIR;
GUYOT, BRENDAN;
HORNBLOWER, VICTORIA;
PETROPOULOS, LABROS;
SAUNDERS, JOHN;
VAN HETEREN, JOHN;
WINTER, JEFF y
YI, HONGXIANG**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 523 825 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

Integración de IRM en tratamiento con radioterapia.

- 5 Esta invención se refiere a un sistema para integrar IRM en tratamiento con radioterapia. El tratamiento que usa radiación puede ser actinoterapia dirigida convencional o braquiterapia donde el material radiante se introduce en el cuerpo del paciente.

Antecedentes de la invención

- 10 Los dispositivos de radioterapia (RT) con haz externo generalmente incluyen un acelerador lineal de haz de electrones que está montado sobre una grúa de caballete, que puede girar alrededor de un eje aproximadamente paralelo al paciente que está tumbado sobre la camilla para el paciente. El paciente es tratado usando un haz de electrones o un haz de rayos X producido a partir del haz de electrones original. El haz de electrones o de rayos X es enfocado en una diana mediante la combinación del uso de un colimador y la rotación del haz. El paciente está colocado sobre una camilla que puede situarse de modo que la lesión diana pueda estar ubicada en el plano del haz de rotación a medida que la grúa de caballete gira.

- 20 El objetivo de la radioterapia es dirigirse a la lesión con una dosis elevada de radiación con un impacto mínimo sobre todo el tejido normal circundante. Se realiza un procedimiento de planificación del tratamiento inicial antes de la administración de RT con haz externo para localizar el tumor y otras estructuras críticas que rodean al tumor. Este procedimiento de planificación normalmente implica imaginología por TC para identificar estas estructuras. Basándose en el tumor segmentado y las estructuras tisulares circundantes, se desarrollan un conjunto de orientaciones del haz y ajustes del colimador a través de un proceso iterativo para determinar el patrón de distribución de dosis óptimo que maximiza la dosis al tumor mientras minimiza la dosis a estructuras críticas a evitar circundantes.

- 30 La IRM es actualmente la modalidad óptima para la localización de tumores basándose en el mayor contraste del tejido blando, en comparación con TC, y puede incorporarse en el flujo de trabajo de planificación del tratamiento. Aunque la IRM proporciona una buena ubicación del tumor para fines de planificación del tratamiento, estas imágenes de planificación del tratamiento son recopiladas normalmente varios días antes del tratamiento y, por lo tanto, pueden no ser completamente representativas de la ubicación del tumor el día del tratamiento. Para abordar esta limitación, los oncólogos tienden a incrementar el volumen diana para asegurarse de que todo el tejido tumoral recibe la dosis máxima. La expectativa es que las células en la región diana recibirán la dosis de tratamiento de RT requerida, y que este volumen diana de tratamiento incrementado atenuará el impacto de errores entre la distribución de la dosis de planificación del tratamiento, y la dosis administrada a la región real de la lesión. Sin embargo, este margen de tratamiento incrementado también produce daños colaterales al tejido que puede tener un impacto significativo sobre la calidad de vida del paciente e incrementar la posibilidad de cáncer secundario inducido por RT.

- 40 Para mitigar la necesidad de márgenes de tratamiento incrementados, los facultativos han empleado un método denominado como radioterapia con haz externo guiada por imágenes, en el que se adquiere una imagen inmediatamente antes de la administración del tratamiento con RT. Dicha solución disponible implica integrar completamente el sistema de IRM con un acelerador lineal para permitir imaginología en tiempo real del tumor durante el tratamiento con RT. Sin embargo, este diseño es complejo, costoso y puede implicar graves compromisos en el rendimiento funcional tanto de la IRM como del acelerador lineal.

- 50 Las imágenes de planificación del tratamiento se recopilan normalmente días antes de la administración de tratamiento fraccionado real que puede producirse en el transcurso de varias semanas. Por lo tanto, la posición del tumor en los planes de imaginología del tratamiento puede no ser representativa de la posición real de la lesión cada día de tratamiento. Incorporando una orientación por imágenes inmediatamente antes de cada sesión de tratamiento, es posible determinar la posición exacta de la lesión en cada sesión de tratamiento. Adquirir imágenes de RM inmediatamente antes del tratamiento con RT identificaría la ubicación exacta de la lesión, y definiría las posiciones correctas de la grúa de caballete para administración de radiación conformada.

- 55 Integrar imágenes de RM previas al tratamiento en el flujo de trabajo de tratamiento con RT requiere un cartografiado del espacio de coordenadas de IRM con el espacio de coordenadas del sistema de RT, para garantizar el correcto alineamiento de la grúa de caballete del acelerador lineal para el tratamiento. El espacio de coordenadas del sistema de RT es definido por el sistema de grúa de caballete/rayos x montados en la sala/TC de haz cónico (TCHC) que se usa normalmente en radioterapia guiada por imágenes convencional. Una solución implicaría ajustar la IRM y las imágenes de rayos X previas al tratamiento para determinar las transformaciones de coordenadas relativa requerida para alinear el "espacio de IRM" y el "espacio de RT", usando ajuste manual de la posición de marcadores de referencia sobre la superficie de, o insertados en, el paciente. Normalmente esto implica que un operador identifique múltiples puntos de control en el espacio de IRM y que también identifique los mismos puntos representativos en las imágenes de rayos X de la unidad de RT. Aunque simplista, ésta es una técnica manual, que requiere tiempo y proclive a errores. Además, es posible que los marcadores de referencia pudieran moverse,

particularmente si están fijados a la piel del paciente. Como alternativa, el ajuste de la posición del paciente puede realizarse usando un método de ajuste anatómico basado en imágenes que cartografía los dos sistemas de coordenadas usando características anatómicas específicas. Este método alternativo se basa únicamente en la anatomía del paciente e implica ajustar dos conjuntos de datos de imágenes con contrastes de imagen considerablemente diferentes, y es proclive a errores de ajuste.

Un dispositivo de radioterapia generalmente incluye un acelerador lineal de haz de electrones que está montado sobre una grúa de caballete y que puede girar alrededor de un eje que es aproximadamente paralelo al paciente que está tumbado sobre la camilla para el paciente. El paciente es tratado usando un haz de electrones, rayos γ o X producidos a partir del haz de electrones original. El haz se enfoca en una diana mediante la combinación del uso de un colimador y la rotación del haz. El paciente se coloca sobre una camilla que puede situarse de modo que la lesión diana pueda ubicarse en el plano del haz de electrones a medida que la grúa de caballete gira. Esta camilla para el paciente está diseñada para ajustar la posición del paciente para alinear la dirección exactamente en el isocentro del sistema de RT usando hasta seis grados de movimiento (x, y, z, balanceo, cabeceo y guiñada). Los actuales diseños de la camilla empleados por varios fabricantes emplean una superficie superior de la camilla en voladizo que permite un rango de movimiento suficiente para tratar sitios enfermos en todo el cuerpo.

Hoult, D. I. et al (Journal of Magnetic Resonance Imaging 2001, Vol. 13, No. 1, páginas 78-86) desvelan un sistema de IRM intraoperatoria que puede moverse al interior o fuera del quirófano.

Karlsson M et al (International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 2009, Vol. 74, No. 2, páginas 644-651) desvelan una unidad de IRM dedicada en una clínica de radioterapia. Los pacientes son transportados entre el escáner de IRM estacionario y el acelerador de radioterapia encima de un carrito.

Bucholz et al., desvela un método para combinar terapia con haz de protones con un sistema de IRM en la solicitud de patente de Estados Unidos N° 6.862.469. Este método describe solamente terapia con protones, describe un IRM estacionario, en el que el haz es enviado a través de un hueco en el imán. Esta solicitud sugiere métodos de protección con una alfombrilla que pueden usarse para eliminar interferencia magnética y por RF, aunque esto solo se menciona brevemente.

Dempsey desvela un método para administrar RT usando cobalto-60 como la fuente de radiación ionizante con un sistema de IRM abierto estacionario en el dispositivo de la solicitud de patente de Estados Unidos N° 2005/0197564 y un proceso para realizar imaginología por RM de alta resolución temporal y espacial de la anatomía de un paciente durante radioterapia de intensidad modulada (RTIM) para medir y controlar directamente la dosis de radiación ionizante altamente conformada administrada al paciente para el tratamiento de enfermedades causadas por trastornos tisulares proliferativos. Esta invención combina las tecnologías de IRM abierta, colimador multiláminas o administración de RTIM basada en filtro compensatoria, y teleterapia con cobalto en un único sistema co-ajustado y montado sobre una grúa de caballete.

Carlone desvela un método para combinar IRM y un sistema de radioterapia en el documento WO/2009/155700, titulado Radiation Therapy system. Este método se desarrolló en Alberta y describe una estrategia que expone el acelerador lineal al campo magnético, y usa las fuerzas del imán para dirigir las partículas a lo largo del eje central.

Lagdijk desvela un método para combinar IRM y radioterapia usando un sistema de coordenadas global en el documento WO/2003/008986, titulado MRI in guided radiotherapy and position verification. En este sistema, la IRM está protegida activamente para impedir que campos magnéticos estáticos interfieran en el funcionamiento del acelerador lineal.

Orbital Therapy desvela en la Patente de Estados Unidos 7.758.241 un dispositivo de radioterapia auto-protégido, que no requiere un búnker tradicional para el funcionamiento.

Otras patentes que describen la técnica anterior incluyen:

La Patente de Estados Unidos 6.198.957 - Radiotherapy Machine including Magnetic Resonance imaging system
La Patente de Estados Unidos 6.366.798 - Radiotherapy machine including Magnetic Resonance Imaging system.

La Patente de Estados Unidos 6.725.078 - System combining proton beam irradiation and magnetic resonance imaging.

La Patente de Estados Unidos 5.402.783 - Method of Minimizing distortion to radiation isodose.

La Patente de Estados Unidos 6.419.680 - TC and MRI visible index markers for stereotactic localization. En esta solicitud de patente, los inventores reivindican que pueden usarse marcadores localizadores basados en la piel para localización estereotáctica tanto en IRM como en TC.

WO 03/008986 A2 MRI in guided radiotherapy and position verification Presentada por Utrecht, esta patente describe la incorporación de un sistema de calibración del isocentro de coordenadas mundiales independiente que consta de marcadores de RM tabulares de referencia y un sistema de verificación de la posición tabular independiente.

IMRIS también ha presentado la Solicitud PCT PCT/CA2010/000422 presentada el 29 de marzo de 2010 publicada el 7 de octubre de 2010 con el nº de publicación WO 2010/111772 para un sistema de soporte del paciente para integrar imaginología de rayos X con RM, en *Support Component for Use in Imaging by Magnetic Resonance and X-ray*. Esta solicitud describe una estructura de soporte que es tanto compatible con RM como radiolúcida.

En la Patente de Estados Unidos 5.778.047 (Mansfield) expedida el 7 de julio de 1998 Varian desvela la superficie superior de la camilla para el paciente en *Radiotherapy Couch Top*; sin embargo, los materiales en el diseño incluyen fibra de carbono y, por lo tanto, no son compatibles con RM. El diseño incluye cojinetes para movimiento longitudinal que permite que se inserten y retiren paneles en la superficie superior de la camilla.

En la Patente de Estados Unidos 3.720.817 (Dinwiddie) expedida el 13 de marzo de 1973 Varian también tiene un paciente en el sistema de RT global, titulada *Automated Radiation Therapy Machine*. En esta patente, se identifica y se describe la camilla para el paciente.

Sumario de la invención

De acuerdo con la invención, se proporciona un aparato para radioterapia de un paciente tal como se define mediante la reivindicación 1.

Preferentemente, la disposición para impedir que las señales de RF interfieran en la imaginología comprende una disposición de puerta protegida contra RF en el quirófano dispuesta para ser móvil entre una posición cerrada, que separa al menos parte del aparato de tratamiento del imán cuando está en la posición de imaginología, y una posición abierta en la que el aparato de tratamiento es accesible al paciente sobre la mesa de soporte para el paciente para radioterapia, estando la disposición de puerta protegida contra RF dispuesta en la posición cerrada para aislar componentes electrónicos sensibles al ruido de RF del aparato de tratamiento del imán y una disposición de bobina de recepción mientras permite que los componentes electrónicos sensibles permanezcan activos sin apagarse.

Preferentemente, la mesa de soporte para el paciente comprende un camilla de soporte para el paciente en voladizo sobre una base de soporte que incluye una plataforma giratoria formada por un material conductor para rotación alrededor de un eje vertical y en el que la disposición de puerta protegida contra RF incluye al menos una parte que se extiende por la plataforma giratoria para excluir la parte de la plataforma giratoria del imán de RM.

Preferentemente, la parte de la disposición de puerta protegida contra RF se extiende por la plataforma giratoria en un ángulo inclinado con respecto a un eje longitudinal del orificio del imán.

Preferentemente, la disposición de puerta protegida contra RF incluye una sección dispuesta a cada lado del aparato de tratamiento en ángulos rectos con respecto al eje longitudinal.

Preferentemente, la disposición de puerta protegida contra RF incluye una primera parte que se extiende parcialmente por la plataforma giratoria y una segunda parte que se extiende parcialmente por la plataforma giratoria donde las partes se encuentran en un vértice para encerrar al aparato de tratamiento.

Preferentemente, la disposición de puerta protegida contra RF incluye una parte que se extiende completamente por la plataforma giratoria hasta una posición a ambos lados de la plataforma giratoria, donde el aparato de tratamiento incluye un cabezal giratorio alrededor de un eje longitudinal del quirófano y en el que el cabezal está orientado a una posición en un lado de la mesa de soporte para el paciente para permitir a la parte pasar por la plataforma giratoria con el cabezal en un lado de la parte alejado del imán.

Preferentemente, cables para proporcionar señales de control a la mesa de soporte para el paciente pasan a través de una protección contra RF e incluyen un filtro de RF.

Preferentemente, la mesa de soporte para el paciente incluye elementos de control accionados por cables de fibra óptica que pasan a través de una protección contra RF.

Preferentemente, se proporcionan al menos tres salas en fila que incluyen dicha sala de tratamiento con radiación que se usa para tratamiento con haz externo, una tercera sala para un sistema de braquiterapia separada de la sala de tratamiento con radiación y una segunda sala de diagnóstico intermedia entre la sala de tratamiento y la tercera sala con el imán siendo móvil al interior de cada una de las salas para proporcionar orientación por imágenes para los procedimientos de RT, tanto con haz externo como de braquiterapia usando el mismo imán de IRM móvil.

Preferentemente, se proporcionan al menos tres salas en fila al menos una de las cuales comprende dicha sala de tratamiento con radiación y en la que el imán está dispuesto para moverse linealmente a lo largo de una trayectoria fuera de la fila de salas y para girar en cada sala para cooperar con una mesa de soporte para el paciente en su interior.

Preferentemente, la mesa de soporte para el paciente está dispuesta para girar 180 grados a partir del isocentro del aparato de tratamiento para cooperación con el imán de RM en procedimientos de imaginología por RM, y a continuación girar de vuelta al isocentro para el tratamiento.

5 Preferentemente, la mesa de soporte para el paciente emplea varios motores electrónicos diseñados para proporcionar diferentes grados de movimiento con los motores y controles de los mismos dispuestos para evitar la interacción del campo magnético estático de IRM.

10 Preferentemente, se proporciona un sistema de seguridad automatizado que desconecta los motores de la mesa de soporte para el paciente cuando la mesa de soporte para el paciente está bloqueada en su lugar para imaginología por RM, e impide cualquier acción no segura una vez bloqueada en su lugar.

15 Preferentemente, el sistema de seguridad también garantiza que la mesa de soporte para el paciente está en la posición bloqueada apropiada antes de que el imán se mueva sobre el paciente.

Un concepto desvelado en el presente documento es la capacidad de realizar imaginología por RM en la misma sala que RT externa sin interferencia por RF del sistema de RT usando una colocación específica de puertas protegidas contra RF entre los dos sistemas que se abren y se cierran entre la radioterapia y la imaginología por RM. Esto proporciona una disposición dirigida a combinar directamente RM con RT en una sucesión de salas híbrida. Además, esta disposición también puede proporcionar los requisitos de configuración de la sala necesarios para realizar procedimientos de braquiterapia.

20 La disposición descrita proporciona un sistema de IRM móvil que puede introducirse en la sala para obtener imágenes del paciente antes del tratamiento, y a continuación retraer el sistema de IRM inmediatamente antes del tratamiento con RT. Implementar este sistema de IRM móvil con tratamientos con RT con haz externo requiere una nueva configuración de la sala y requisitos de protección específicos para minimizar los efectos del acelerador lineal sobre la calidad de la imagen de RM, y para garantizar características operativas óptimas del acelerador lineal.

30 Dado que la formación de imágenes de RM se basa en la transmisión y detección de radiofrecuencia (RF). Los sistemas de IRM están normalmente encerrados dentro de una sala protegida contra RF para impedir que señales espurias de RF, externas al sistema de IRM, interfieran con la adquisición de imágenes. Dependiendo de la secuencia empleada, las señales de RF externas crean artefactos inaceptables en la imagen que obstaculizan el diagnóstico, y degradan la calidad global de la imagen. Cualesquiera dispositivos electrónicos en la sala protegida contra RF pueden ser fuentes de RF, e interferir en la adquisición de imágenes. Por lo tanto, combinar IRM con RT requiere que todos los dispositivos dentro de la sala protegida contra RF sean silenciosos en RF, es decir, no generen ruido de RF detectable. En aceleradores lineales convencionales, existen una serie de dispositivos electrónicos que pueden generar ruido de RF. Una solución a este problema de ruido de RF implica apagar todos los dispositivos electrónicos en la unidad de RT durante la imaginología por RM, y posteriormente encender estos dispositivos para el tratamiento con RT. Sin embargo, esta solución presenta varios inconvenientes. Por lo tanto, los componentes críticos en el acelerador lineal, así como incorporados en sistemas de imaginología de rayos X requieren un tiempo de 'calentamiento' significativo. La exactitud del sistema de RT puede verse comprometida por tiempos de 'calentamiento' más cortos. El caudal de datos del paciente se reduce. Los ciclos de potencia repetidos de los componentes electrónicos pueden reducir la vida útil global del sistema. La activación / desactivación pueden requerir etapas de calibración adicionales para garantizar el funcionamiento seguro y preciso del dispositivo. Una mejor solución implica aislar los componentes electrónicos sensibles del sistema de RT de la IRM usando un conjunto de puertas protegidas contra RF entre el IRM y el sistema de RT que se cierran durante la imaginología por RM, y se abren para el tratamiento con radiación.

50 Más allá de la radioterapia con haz externo, que implica administración de radiación a través del acelerador lineal, la braquiterapia también ha demostrado ser una alternativa útil para tratar ciertos tumores cancerosos, principalmente tumores en el cuello del útero y la próstata. A diferencia de la RT con haz externo, la braquiterapia se dirige al tumor desde dentro usando isótopos radiactivos seleccionados que generan deposición de la dosis de radiación basada en los niveles de energía del rayo γ o el rayo X emitidos desde el isótopo fuente. La ventaja de la braquiterapia es que la dosis de radiación está localizada en el propio tumor, con un impacto mínimo sobre el tejido circundante.

60 En resumen, el flujo de trabajo de braquiterapia implica insertar semillas radiactivas de dosis alta o baja directamente en el tumor a través de un conjunto de catéteres. La posición de cada semilla se basa en un patrón de distribución de la dosis prescrito, generado durante la planificación del tratamiento. Similares a la terapia con haz externo, los procedimientos de braquiterapia se benefician de la integración de procedimientos de imaginología por RM inmediatamente antes de la administración del tratamiento. Además, la capacidad de obtener imágenes de las posiciones del catéter después de la inserción en el tumor mejora la fiabilidad de la administración de la dosis al tumor durante el procedimiento de inserción de las semillas. Una posible solución implica llevar a cabo los procedimientos de IRM en una sala de diagnóstico convencional y a continuación transportar al paciente a un búnker de braquiterapia para la colocación del catéter y la administración del tratamiento. Esta estrategia es problemática, dado que el paciente se mueve en el tránsito, de modo que las imágenes ya no son representativas de la actual

- posición del tumor. Una mejor solución implica integrar procedimientos de braquiterapia con un sistema de IRM móvil que es movido al interior del búnker de braquiterapia para imaginología, y a continuación retraerse para colocación del catéter y administración del tratamiento. Los actuales procedimientos de braquiterapia requieren equipo, tal como sistemas de guía por imágenes ultrasónicas/de rayos x portátiles y un dispositivo de carga diferida
- 5 'afterloader' portátil que administran las semillas radiactivas a través de los catéteres, que generan un ruido de RF significativo. Por lo tanto, esta solución requiere una configuración de sala única para proporcionar radiación y protección contra RF para la IRM durante la inserción del catéter de braquiterapia y administración de las semillas radiactivas.
- 10 Las soluciones de haz externo y braquiterapia pueden combinarse con una sala de diagnóstico en el medio para proporcionar una exhaustiva solución de tres salas que proporciona guía por imágenes para procedimientos de RT tanto con haz externo como de braquiterapia usando el mismo sistema de IRM móvil.
- 15 En un diseño, el sistema de RT externo guiado por RM implica dos salas independientes; la primera es un "búnker" protegido contra la radiación que alberga al sistema de RT (acelerador lineal); y, la segunda sala alberga la IRM para procedimientos de diagnóstico básicos. La IRM se mueve al búnker de RT para adquirir imágenes del paciente, y vuelve a la sala de diagnóstico antes del tratamiento con radiación.
- 20 La disposición descrita proporciona una configuración de sala y dos conjuntos de puertas para permitir que el sistema de IRM de IMRIS móvil se incorpore con un sistema de radioterapia (RT) sin interferencia entre los dos sistemas. Un conjunto de puertas protegidas contra RF y radiación están colocadas entre el sistema de RT y la sala de diagnóstico, que está cerrada durante procedimientos de RT para minimizar la exposición a la radiación a sujetos dentro de la sala de diagnóstico, y para garantizar que el ruido de RF procedentes de los componentes del sistema de RT no interfiere con los estudios de imaginología en la sala de diagnóstico durante el tratamiento. Un novedoso
- 25 segundo conjunto de puertas protegidas solamente contra RF está ubicadas dentro de la sala del búnker de RT, situada entre el sistema de RT y la IRM (en la posición previa a la imaginología para RT). Este conjunto único de puertas protegidas contra RF, cuando están cerradas, aísla los componentes electrónicos sensibles del sistema de RT de la IRM para impedir que el ruido de RF espurio interfiera con la adquisición de imágenes por RM.
- 30 El flujo de trabajo básico para esta invención para RT con haz externo es el siguiente:
- La camilla para el paciente se hace girar 180 grados desde el isocentro del sistema de RT con haz externo y se bloquea en su lugar,
- 35 Las puertas del búnker de RT con haz externo se abren y el imán móvil se mueve sobre el paciente,
- Las puertas de protección contra RF entre la IRM y el sistema de RT se cierran,
- Se obtienen imágenes del paciente con el sistema de IRM,
- El sistema de IRM es movido de vuelta a la sala de diagnóstico, y las puertas del búnker de RT con haz externo se cierran,
- 40 Las puertas de protección contra RF se abren y a la camilla para el paciente se le hace girar 180 grados hasta el isocentro del sistema de RT con haz externo, y a continuación
- Se administra tratamiento con radiación conformada.
- 45 Las puertas de protección contra RF están ubicadas entre los sistemas de RM y RT, con puertas que abarcan la sala del búnker en un ángulo de aproximadamente a 45 grados con respecto al paciente. La orientación de la puerta y la posición de las puertas dentro de la sala se mantendrán para cada sitio, sin embargo, las diferencias de las anchuras de la bóveda del acelerador lineal se contrarrestarán con una pared de protección contra RF en cada lado de las puertas perpendicular al paciente.
- 50 La disposición descrita proporciona sistemas de control de seguridad integrados en la camilla para el paciente para impedir el movimiento cuando está en posición para imaginología por RM para mitigar la posibilidad de colisión entre la camilla para el paciente y las puertas protegidas contra RF. Además, los detectores en las puertas de RF impiden que las puertas se cierren si hay un objeto dentro de la trayectoria de movimiento.
- 55 Esta configuración de la sala incluye un acceso independiente a la zona de RT dentro de las puertas protegidas contra RF, o un control manual prioritario independiente para permitir la salida para una persona atrapada detrás de las puertas protegidas contra RF mediante un interruptor de control manual prioritario que permite a alguien la capacidad de abrir las puertas manualmente. Este sistema de control manual prioritario funciona incluso en caso de un fallo energético completo.
- 60 Una segunda configuración de la sucesión de salas implica tres salas independientes: una sala de búnker de RT con haz externo, una sala de imaginología de diagnóstico y una sala de búnker de braquiterapia. En esta configuración de sucesión de tres salas, la sala de búnker de RT con haz externo y la sala de imaginología de diagnóstico son tal como se ha descrito anteriormente. La sala de braquiterapia adicional en la sucesión de tres salas es una sala de búnker protegida contra radiación y RF con una mesa para el paciente que se mantiene básicamente en una
- 65 posición estacionaria con los ajustes necesarios para el movimiento según se requiera para imaginología y tratamiento. Sin embargo, la mesa también puede estar montada para alejarse de la posición estacionaria. El

sistema de IRM se mueve al interior de la sala de braquiterapia para realizar procedimientos de imaginología, y a continuación se retrae para la inserción de los catéteres y la administración de las semillas de isótopo radiactivas. En esta invención, un conjunto de puertas protegidas contra RF y radiación está ubicado entre el búnker de braquiterapia y la sala de diagnóstico de IRM. Este conjunto de puertas se abre para permitir que el sistema de RM
 5 entre en la sala de braquiterapia, y se cierra después de que la IRM se ha movido de vuelta al interior de la sala de braquiterapia. Las puertas del búnker de braquiterapia minimizan la exposición a la radiación de procedimientos de braquiterapia para sujetos en la sala de imaginología de diagnóstico, así como eliminan los efectos del ruido de RF sobre la calidad de la imagen por RM causada por el equipo usado en la inserción del catéter o administración de las
 10 semillas de braquiterapia (es decir, sistema de rayos x o ultrasonidos portátil).

El flujo de trabajo básico para el componente de braquiterapia de esta invención es el siguiente:

El paciente se tumba sobre la mesa de braquiterapia en la posición de tratamiento,
 Las puertas del búnker de braquiterapia se abren y el imán móvil se mueve sobre el paciente,
 15 Se obtienen imágenes del paciente con el sistema de IRM,
 El sistema de IRM se mueve de vuelta a la sala de diagnóstico, y las puertas del búnker de braquiterapia se cierran,
 Se insertan los catéteres para la administración de semillas de braquiterapia,
 Las puertas del búnker de braquiterapia se abren y el imán móvil se mueve sobre el paciente,
 20 Se obtienen imágenes del paciente con el sistema de IRM con los catéteres visibles por IRM insertados en la posición de tratamiento,
 El sistema de IRM se mueve de vuelta a la sala de diagnóstico, y las puertas del búnker de braquiterapia se cierran,
 Se insertan las semillas de braquiterapia a través de los catéteres en el interior del tumor para administración de
 25 tratamiento conformado.

Los dos principales conceptos de la invención, para imaginología previa al tratamiento con haz externo y con braquiterapia con un sistema de IRM móvil pueden combinarse en varias configuraciones:

Dos salas:

- a) búnker de RT con haz externo + sala de diagnóstico,
- b) búnker de RT con haz externo + búnker de braquiterapia,
- c) sala de braquiterapia + sala de diagnóstico.

Tres salas:

- d) búnker de RT con haz externo + sala de diagnóstico + búnker de braquiterapia,
- e) búnker de RT con haz externo + sala de diagnóstico + búnker de RT con haz externo,
- f) búnker de braquiterapia + sala de diagnóstico + búnker de braquiterapia.

Además, donde se requiere proporcionar ajuste entre las imágenes de RM y las imágenes de RT generadas para el tratamiento, pueden usarse muchos sistemas de ajuste diferentes. Una estrategia para el ajuste es un sistema donde se usan marcadores fijos para cartografiar automáticamente el sistema de coordenadas de RM y RT (usando
 45 el componente de rayos X incorporado del sistema de RT), que es independiente de la anatomía del paciente. Estos marcadores están, en una realización, montados en la mesa del paciente, y dispositivos de inmovilización del paciente circundantes, y proporcionan un marco de referencia "global" coherente y rígido para cartografiar entre los dos sistemas de coordenadas.

Una serie de marcadores de referencia está embebida en una superficie superior de una camilla de tratamiento con RT, que también se utiliza para adquisición de IRM previos al tratamiento. Con esta disposición, los marcadores estarán ubicados debajo del paciente para no interferir en la posición e inmovilización del paciente. Embeber los marcadores en la superficie superior de la camilla también evitará la necesidad de fijar los marcadores a la superficie del paciente y proporcionará un marco de referencia 'global' rígido y coherente para adquisiciones de imágenes de
 55 IRM y RT.

Para facilitar el ajuste de los sistemas de coordenadas de imágenes de IRM y RT, los marcadores de referencia pueden ser visibles tanto con RM como con rayos X y dispuestos dentro del campo de visión para ambos sistemas. Los marcadores estarán dispuestos en una serie de "marcos de referencia" únicos que están embebidos en la
 60 superficie superior de la camilla para el paciente usando formas y geometrías especiales diseñadas para proporcionar exactitud de ajuste elevada. Una serie de diferentes marcos de referencia de base anatómica se asignarán a una posición particular en la superficie superior de la camilla para el paciente a lo largo de la dirección inferior/superior (es decir, de la cabeza a los dedos de los pies). La exactitud de los marcadores de referencia está relacionada con la distancia entre el marco de referencia y la región tisular de tratamiento. Por lo tanto, cada uno de
 65 los marcos de referencia estará diseñado específicamente para las zonas anatómicas primarias normalmente diana en el tratamiento con RT, por ejemplo: 1. cabeza/cuello, 2. pulmón, 3. abdominal, y 4. pélvica. Cada marco de

referencia constará de varios marcadores en una geometría y disposición única que creará una 'firma' para el software de ajuste automático para identificar cada marco independientemente. Los marcadores de RM/rayos X pueden codificar la posición del marco de referencia usado para cada zona de tratamiento anatómica, permitiendo la identificación automática de más de un marco con su geometría asociada. La geometría de los marcadores también puede estar diseñada de modo que, si solamente un subconjunto de los marcadores de RM/rayos X puede identificarse en los campos de visión del sistema de imaginología por RM y RT, su ubicación en el marco aún pueda ser identificada de forma única.

En una realización, se usa un búnker para contener el sistema de RT en un lado, mientras que en el otro lado de la sala hay una puerta del búnker que puede abrirse, y permitir al IRM móvil entrar en la sala. En primer lugar, el paciente se colocará sobre la camilla para el paciente y se le hará girar 180 grados lejos del isocentro del sistema de RT. El sistema de IRM se mueve al interior de la sala, y adquiere imágenes con el paciente en la posición de imaginología, con los marcadores de referencia embebidos dentro de la superficie superior de la camilla para el paciente, tal como se ha descrito anteriormente. Una vez que la imaginología está completa, el IRM móvil abandona la sala, y el paciente es devuelto al isocentro del sistema de RT para imaginología por rayos X y el tratamiento. En esta configuración, la posición del paciente es coherente entre las posiciones tanto de RT como de IRM, garantizando que el marco de referencia global es representativo de la posición del paciente en ambas orientaciones.

Un algoritmo informático proporciona una estrategia automática para identificar cada marco de referencia basado en las posiciones únicas de los marcadores, y para calcular la ubicación exacta del marco de marcadores en el espacio tridimensional. Este marco de referencia representa un sistema de coordenadas "global" para fines de ajuste de la posición. Los marcadores de referencia de la superficie superior de la camilla son identificados en primer lugar en imágenes de RM previas al tratamiento para establecer el sistema de coordenadas global. En la siguiente etapa, la misma superficie superior de la camilla se mueve hasta la posición de imaginología del sistema de RT, y se obtienen imágenes de TCHC, rayos X en 2D, o fluoroscópicas de rayos X, en las que se detectan los mismos marcadores de referencia. El algoritmo informático automático ajusta la posición del marco de referencia global entre las dos modalidades de imaginología y calcula la cartografía de coordenadas entre el espacio de IRM y el espacio de RT. Esto permite el ajuste automático de la posición de los sistemas de coordenadas de RM y RT, sin interacción con el usuario. Sin embargo, el flujo de trabajo del software proporciona una visualización de las imágenes de IRM y rayos X ajustadas para confirmación visual del alineamiento de los marcadores, así como el alineamiento de las principales estructuras anatómicas. El personal clínico es capaz de confirmar el éxito del ajuste automático antes del tratamiento. La matriz de transformación del sistema de coordenadas puede usarse entonces en el sistema de RT para alinear el isocentro de la grúa de caballete con la verificación de la posición de IRM previa al tratamiento y comenzar el tratamiento.

Esta disposición proporciona la capacidad de producir automáticamente la cartografía de coordenadas a partir de un conjunto de imágenes de RM para el sistema de coordenadas del sistema de RT.

Las ventajas específicas pueden incluir:

- Flujo de trabajo mejorado automatizando el ajuste de la imagen,
- El marco de referencia está embebido de forma semi-permanente en la camilla para el paciente y permanece en su lugar indefinidamente (no es necesario retirar los marcadores),
- La colocación de marcadores de referencia en la superficie superior de la camilla garantiza un marco de referencia coherente y rígido,
- Eficacia del marco de referencia no afectada por la colocación de sábanas, o cualesquiera otros dispositivos de inmovilización,
- Dado que los marcadores son independientes de cualquier bobina de RM y la anatomía del paciente, no dependen de la colocación de la bobina, el movimiento de la bobina o situación del paciente,
- La proximidad al volumen de rastreo permite un error de rastreo promedio bajo (es decir, amplificación del error minimizada con una pequeña distancia hasta los marcadores de referencia en comparación con, por ejemplo, tener los marcadores fuera del orificio que son rastreados usando un dispositivo óptico externo),
- El marco de referencia está siempre por debajo del paciente y no interfiere en la situación del paciente, y no requiere tiempo de preparación adicional para configurar los marcadores antes de la imaginología por RM o el tratamiento con RT.
- Campo exacto de posición de la camilla para el paciente para permitir la correcta situación del paciente para garantizar que la región anatómica de interés se coloque sobre el marco de referencia del paciente apropiado.
- Se usan marcadores de codificación de RM/rayos X para identificar automáticamente cada uno de los marcos de referencia para la anatomía correspondiente.
- La elevada exactitud espacial de los sistemas de control de la camilla para el paciente evita la necesidad de secuencias de IRM "de localización" específicas y garantiza una situación coherente para el sistema de imaginología por rayos X montado sobre la unidad de RT.
- La colocación de marcadores de RM/ rayos X en patrones permite la identificación y la localización de los

marcadores cuando solamente un subconjunto de marcadores es capturado en los campos de visión de RM y rayos X.

- La situación de los marcadores permite el cartografiado exacto del sistema de coordenadas de RM con rayos X de proyección en 2D convencionales así como imaginología por TC de haz cónico.
- La capacidad para soportar ajuste de la posición automático sin necesidad de retirar el marco de referencia.
- Error promedio bajo dado que el marco de referencia está embebido de forma rígida en la superficie superior de la camilla para el paciente.
- La aplicación de marcadores visibles por RM y rayos X embebidos en la superficie superior de la camilla para alineamiento de tratamiento con RT.
- Marcadores de codificación de RM/rayos X pueden usarse para identificar automáticamente el tipo de marco de referencia (es decir cabeza/cuello o abdominal)
- La colocación de marcadores de RM/rayos X en patrones permite la identificación y localización de los marcadores cuando solamente un subconjunto de marcadores es capturado en los campos de visión de RM y rayos X.
- El uso de marcadores que son visibles tanto con RM como con rayos X que están embebidos en la superficie superior de la camilla para el paciente para RT guiada por RM.
- Una solución es utilizar un imán móvil que puede introducirse en el búnker de RT para imaginología y a continuación retraerse antes de procedimientos de radioterapia. Esto permite RT que se lleva a cabo usando los dispositivos disponibles actualmente, y no requiere un diseño complejo de sistemas híbridos que son capaces de procedimientos de RM y RT simultáneos.

La disposición descrita en el presente documento también proporciona un componente de soporte para radioterapia guiada por IRM. Incorporar una IRM móvil en RT requiere un sistema de soporte modificado que permitirá que se obtengan imágenes del paciente y que éste sea tratado en la misma camilla, sin embargo, esto requiere que la camilla sea compatible con IRM y tenga un rango de movimiento extendido para alcanzar el IRM cuando está en posición para imaginología. Un aspecto crítico de este problema es la interacción del campo magnético estático de IRM con la camilla para el paciente, que emplea varios motores electrónicos diseñados para proporcionar diferentes grados de movimiento.

Un objetivo de esta invención es proporcionar un sistema de soporte del paciente mejorado para RT guiada por IRM, usando una mesa del paciente en la que el paciente permanece sobre la misma mesa durante las etapas tanto de IRM como de RT. En esta invención, la camilla es capaz de girar 180 grados desde el isocentro del acelerador lineal para procedimientos de imaginología por RM, y a continuación girar de vuelta al isocentro de RT para el tratamiento con radiación. Esto requerirá que el rango de movimiento longitudinal de la mesa del paciente se amplíe para proporcionar una distancia segura entre el campo magnético estático del imán y motores posicionales críticos en la camilla para el paciente.

Los materiales en la superficie superior de la camilla son tanto compatibles con RM como radiolúcidos para permitir procedimientos de imaginología tanto por RM como por rayos X. La superficie superior de la camilla incorpora marcadores de posición para las bobinas de RF requeridos para obtener imágenes de la cabeza y el cuello, el abdomen y la región pélvica inferior (próstata, cuello del útero). La superficie superior de la camilla también incluye las muescas necesarias en el extremo de la tabla para mantener una función similar a partes superiores de la camilla para el paciente de un acelerador lineal convencional y TC.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán realizaciones de la invención junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista en planta superior de un aparato para tratamiento con radiación de un paciente que incluye un sistema de imaginología por RM que muestra diferentes posiciones del imán móvil.

La figura 2 es una vista en alzado lateral del aparato de la figura 1 que muestra la mesa de soporte para el paciente cooperando con el imán en la posición de imaginología y también ilustra la mesa de soporte para el paciente que muestra la base, sección para dedos del pie, sección para el talón, ruedas de soporte, motores y superficie superior de la camilla o la mesa.

La figura 3 es una vista en planta superior del aparato de la figura 1 que muestra las puertas de protección contra RF.

La figura 4 es una vista en planta superior del aparato de la figura 1 que muestra las puertas de protección contra RF cooperando con una plataforma giratoria de la mesa de soporte para el paciente.

La figura 5 es una vista de sección transversal a lo largo de las líneas A-A de la figura 4 que muestra las puertas de protección contra RF.

La figura 6 es una vista en planta superior de un aparato que usa la disposición de la figura 1 en una configuración alternativa de las salas.

La figura 7 es una vista isométrica de la realización de la figura 6 que muestra las puertas de protección contra RF en la posición cerrada para funcionamiento del sistema de imaginología por RM.

La figura 8 es una vista isométrica de la realización de la figura 6 que muestra las puertas de protección contra

RF en la posición abierta con el imán alejado parcialmente para funcionamiento del sistema de tratamiento con radiación.

La figura 9 es una vista en planta superior de un aparato que usa la disposición de la figura 1 en una configuración alternativa adicional de las salas.

La figura 8 es un diagrama de flujo del algoritmo de ajuste automático de la posición.

La figura 9 es una vista isométrica de la superficie superior de la mesa de la figura 1.

Las figuras 10A a 10E muestran realizaciones alternativas de la superficie superior de una camilla

En los dibujos, caracteres de referencia similares indican partes correspondientes en las diferentes figuras.

Descripción detallada

En las figuras 1 a 5, se muestra un diagrama esquemático del sistema de IRM y terapia con RT con haz externo dentro de la configuración de sala de búnker con haz externo. Este diagrama incluye un imán 10, que tiene un orificio 10A en el que un paciente 12 puede alojarse sobre la superficie superior de una camilla para el paciente 15, que está fijada a una camilla para el paciente 13.

El imán móvil es portado sobre un sistema de raíles 25 con un soporte 23 suspendido sobre el sistema de raíles. Detalles adicionales de esta construcción están disponibles de la Publicación de Estados Unidos publicada 2008/0038712.

Un sistema de radioterapia adecuado 4 está disponible de Varian. Este puede usar diferente radiación incluyendo haces de protones, braquiterapia o rayos X. El sistema de radioterapia de Varian es capaz de administrar radiación terapéutica al paciente usando un haz de rayos X formado a través de un colimador multilaminar para modular la intensidad de la radiación administrada.

La unidad de radioterapia de Varian también incluye un sistema de imaginología por rayos X montado sobre una grúa de caballete 4A capaz de realizar imaginología por TC de haz cónico inmediatamente antes de la radioterapia, lo que permite radioterapia guiada por imágenes. Como alternativa, el sistema de radioterapia de Varian es un dispositivo capaz de administrar braquiterapia. Este sistema también incluye un sistema de guía por imágenes que constaba de un sistema de imaginología por rayos x. La divulgación de este material se incorpora en el presente documento como referencia.

El sistema de manipulación del paciente o mesa de soporte se muestra en la figura 3, indicado generalmente en 13 y 15. La mesa de soporte para el paciente 13 incluye una base o pedestal 13A que permite a la base mover una sección de soporte del paciente 15 a ubicaciones requeridas en altura y orientación. En la superficie superior de la base 13A está montada la sección de soporte del paciente 15 en forma de un cuerpo generalmente plano 15 formado por un material plástico reforzado con fibra para definir un área superficial suficiente para soportar el paciente mientras está tumbado sobre la sección de soporte del paciente. En la figura 1 y 2, el paciente y la estructura de soporte son girados 180 grados desde la posición del isocentro de RT 16, con la IRM móvil en posición para imaginología. El pedestal 13A está montado sobre una plataforma giratoria 18 para rotación alrededor de un eje vertical.

La mesa puede ser una mesa de ejes múltiples móvil o "robot" de un tipo también disponible de Varian. Esto actúa para mantener a la base estacionaria mientras la superficie superior de la mesa puede moverse a cualquier orientación alrededor de la base y con respecto a ejes transversales a la base.

Tal como se muestra de la mejor manera en la figura 2, la mesa se muestra incluyendo la base 18, la sección para dedos del pie 18X, la sección para el talón 18Y, las ruedas de soporte 18Z, los motores 33 y la superficie superior de la camilla o la mesa 15. También se proporcionan sistemas de control de seguridad 18T en una ubicación adecuada con respecto al sistema e integrados en el funcionamiento de la mesa de soporte para el paciente para impedir el movimiento cuando está en posición para imaginología por RM para mitigar la posibilidad de colisión entre la mesa de soporte para el paciente y la disposición de puerta protegida contra RF.

La mesa de soporte para el paciente 13 está dispuesta para girar 180 grados desde el isocentro del aparato de tratamiento para cooperación con el imán de RM en procedimientos de imaginología por RM, y a continuación girar de vuelta al isocentro para tratamiento.

La mesa de soporte para el paciente 13 emplea varios motores electrónicos 33 diseñados para proporcionar diferentes grados de movimiento con los motores y controles de los mismos dispuestos para evitar la interacción del campo magnético estático de IRM.

El rango de movimiento longitudinal de la mesa de soporte para el paciente es ampliado para proporcionar una distancia segura entre el campo magnético estático del imán y los motores posicionales en la mesa de soporte para el paciente.

El sistema automatizado desconecta los motores 33 una vez que la mesa de soporte para el paciente está bloqueada en su lugar para imaginología por RM, e impide cualquier acción no segura una vez bloqueada en su lugar.

- 5 El sistema de seguridad también garantiza que la mesa de soporte para el paciente está en la posición bloqueada apropiada antes de que el imán se mueva sobre el paciente.

Los materiales en la superficie superior de la mesa 15 de la mesa de soporte para el paciente son tanto compatibles con RM como radiolúcidos para permitir procedimientos de imaginología tanto por RM como por rayos X.

- 10 La superficie superior de la mesa 15 incorpora marcadores de posición para bobinas de RF 24 requeridas para obtener imágenes de la cabeza y el cuello o tórax, el abdomen y/o la región pélvica inferior.

- 15 La superficie superior de la mesa 15 también incluye muescas en el extremo de la superficie superior de la mesa requeridas para mantener una función similar a partes superiores de la mesa del paciente un acelerador lineal y TC convencionales.

- 20 La superficie superior de la mesa 15 usa materiales radiolúcidos y compatibles con IRM en la superficie superior de la mesa lo que permite que la mesa de soporte para el paciente sea usada en sistemas de imaginología por IRM y rayos X sin degradar la calidad de las imágenes de cualquier sistema.

- 25 El sistema incluye además un sistema de bobina de recepción generalmente indicado en 24, que recibe señales de RM generadas a partir del cuerpo humano de manera convencional. Un sistema de control de RF actúa para controlar la bobina del cuerpo de transmisión 11 y para recibir las señales de la bobina de recepción en el área general de 12. Cuando el procedimiento de imaginología está completo, las bobinas de recepción están fijadas al exterior del imán para transporte de vuelta a la sala de diagnóstico.

- 30 Tal como se muestra en la figura 1, la sala del búnker de haz externo 26 está encerrada dentro de las paredes 20, el techo 14 y el suelo 26A compuestos por material protegido contra radiación y RF. La sala de RT con haz externo 26 está separada de una sala de imaginología de diagnóstico 27 por un conjunto de puertas del búnker protegidas de radiación y RF 19, para impedir la exposición a la radiación a sujetos en la sala de diagnóstico adyacente durante la administración del tratamiento con RT. Las puertas del búnker de haz externo 19 se abren durante el procedimiento de imaginología y se cierran durante la administración de RT.

- 35 Un segundo conjunto de puertas protectoras contra RF 17, situadas entre el sistema de RT y de IRM, se usan para aislar los componentes que generan RF de la RT del sistema de IRM. Estas puertas contrarrestan los requisitos de protección contra RF en la sección de plataforma giratoria 18 de la mesa de soporte para el paciente 13. Estas puertas se cierran para procedimientos de IRM y se abren para la administración de RT. Un interruptor de salida 17A está incluido dentro de las puertas protegidas contra RF para permitir un control manual prioritario, que permite a alguien atrapado detrás de las puertas de RF abrir las puertas de RF incluso en caso de una caída de potencia.

- 45 Después de los procedimientos de imaginología, las puertas protectoras contra RF 17 se abren, y el sistema de IRM se mueve fuera de la sala de RT con haz externo 26. Después de que la IRM está fuera de la sala del búnker, las puertas protegidas contra RF 19 entre los sistemas de IRM y RT 17 se abren, y al paciente 12 se le hace girar 180 grados hasta la posición de RT usando la mesa de soporte para el paciente 13. El alineamiento del paciente se ajusta basándose en los resultados de imaginología, y el haz de RT es administrado desde el aparato de tratamiento 4 a la lesión mediante el colimador convencional y el soporte giratorio.

- 50 En las figuras 1 y 2 se presenta la configuración en tres salas, con las salas para tratamiento con haz externo 26, imaginología de diagnóstico 27 y braquiterapia 30. Las puertas protegidas contra RF y radiación 31 se colocan entre la sala de diagnóstico 27 y el búnker de braquiterapia 30. El paciente se coloca sobre la mesa de soporte de braquiterapia 32, lo que puede permitir al sistema de IRM moverse sobre el paciente, y también tiene los soportes del paciente necesarios para procedimientos de braquiterapia.

- 55 La figura 3 proporciona un esbozo de la configuración completa de la sala para la configuración de tres salas con braquiterapia. Además de las figuras previas, los componentes tales como las dos cámaras del paciente 34, luces empotradas compatibles con RM 35, sistema de cámara de rastreo de IR 36 están situados dentro de la configuración de la sala del sistema. Basándose en el daño de radiación que podría incurrirse en ciertos puntos en el diseño de la sala, la tercera cámara del paciente 37 es una cámara reforzada contra radiación que tiene componentes eléctricos no gravemente afectados por la exposición a la radiación. El interruptor de salida 17A también está incluido en la figura 3. Monitores LCD 36A están situados en aproximadamente la posición 38 para ser fácilmente visibles por el personal clínico en la sala. La sala del búnker también incluye armarios 39 para el almacenamiento de dispositivos de inmovilización y otros de radioterapia. Las bobinas de RM usadas en el procedimiento de imaginología están ubicadas en los armarios de almacenamiento de la sala de diagnóstico 40.
- 60 Para permitir la monitorización continua del paciente, una cámara compatible con RM 41 está montada dentro del orificio 10A del sistema de IRM móvil 10. Altavoces y un micrófono están instalados en aproximadamente la posición
- 65

42, que permiten la comunicación continua con el paciente cuando el personal clínico está fuera de la sala. Una puerta deslizante de acceso del personal 43 está diseñada dentro de la sala para proporcionar acceso directo a la sala del búnker. La sala también tiene un sistema láser 44 montado sobre la pared de la sala del búnker 20, que permite al personal clínico situar con precisión al paciente antes de la imaginología por RM o la administración de la radioterapia.

El aparato para radioterapia de un paciente incluye, por lo tanto, la mesa de soporte para el paciente 13, un sistema de imaginología por resonancia magnética para adquirir imágenes por RM de un volumen de imaginología que incluye la ubicación diana del paciente y el aparato de tratamiento con radiación 4.

El sistema de imaginología por RM incluye el imán de RM 10 con la bobina de gradiente 10A accionable para generar un campo magnético variable que se le aplicará al paciente, teniendo el imán un orificio cilíndrico 10A para rodear la ubicación diana del paciente. El sistema de imaginología incluye, además, la disposición de la bobina de transmisión de RF 11 para generar un pulso de RF en una fase de transmisión que se aplicará al sujeto del que se obtendrán imágenes, de modo que el sujeto genera una señal de RM en respuesta al campo magnético y el pulso de RF aplicado. La señal es recogida por la disposición de bobina de recepción 24 para adquirir la señal de RM en una fase de recepción. La señal recibida es transmitida a un sistema de procesamiento de señales 24A para recibir la señal de RM para llevar a cabo el procesamiento de señales mediante el cual se genera una imagen.

El aparato de tratamiento con haz o braquiterapia 4 está dispuesto para aplicar una radioterapia a una ubicación diana en el paciente sobre la mesa de soporte.

La mesa de soporte para el paciente 15 y el aparato de tratamiento 4 están montados en una sala de tratamiento que tiene una abertura 19A que incluye una disposición de puerta protegida contra la radiación 19 definida por dos puertas móviles en ángulos rectos con respecto a las paredes hasta una posición cerrada central accionables para cerrar la abertura 19A.

El imán de RM 10 está montado para el movimiento desde una posición exterior de la disposición de puerta protegida contra la radiación 19 en o a través de la abertura 19A hasta una posición de imaginología para cooperación con el paciente sobre la mesa de soporte para el paciente 15 para imaginología por RM.

El sistema de RT 4 está separado del imán durante la imaginología mediante la disposición de puerta protegida contra RF 17 en la sala de tratamiento dispuesta para ser móvil entre una posición cerrada, que separa al menos parte del aparato de tratamiento del imán cuando está en la posición de imaginología, y una posición abierta en la que el aparato de tratamiento es accesible al paciente sobre la mesa de soporte para el paciente para radioterapia.

La disposición de puerta protegida contra RF 17 está dispuesta en la posición cerrada para aislar los componentes electrónicos sensibles al ruido de RF del aparato de tratamiento 4 del imán 10 y la disposición de bobina de recepción 24 mientras se permite a los componentes electrónicos sensibles del aparato de tratamiento 4 permanecer activos sin apagado. Esto es necesario para evitar retrasos inaceptables que serían causados por un apagado del sistema y la puesta en marcha de nuevo.

La disposición de puerta protegida contra RF 17 incluye una capa conductora adecuada normalmente formada por cobre que detiene señales de RF en el conductor. Tal como se muestra en las figuras 3 y 4, la disposición de puerta protegida contra RF incluye puertas o componentes 17 que, juntos, abarcan la sala de tratamiento y que se extienden en un ángulo inclinado con respecto a la mesa de soporte para el paciente. Por lo tanto, se proporciona una sección de pared protegida contra RF 17B dispuesta en cada lado del aparato de tratamiento en un ángulo con respecto a un eje longitudinal de la mesa de soporte para el paciente que puede permanecer fijo y en posición abarcando parcialmente la sala. Cada sección de pared 17B coopera con una puerta protegida contra la RF respectiva 17 que puede moverse por la sala de tratamiento a lo largo de su sección de pared respectiva desde el borde interno de la sección de pared respectiva de modo que las puertas se encuentren en el medio y forman un protector conductor contra la RF continuo. La posición de las secciones de pared 17B es tal que la mesa puede girar alrededor del eje central vertical para asumir sus dos posiciones mientras se mueve dentro de los bordes internos 17C de las secciones de pared. Tal como se muestra de la mejor manera en la figura 4, las puertas 17D y 17E se encuentran en un punto 17F que es simétrico a la línea central L del sistema, y ambas puertas se extienden por la plataforma giratoria 18. Por lo tanto, la puerta protegida contra la RF 17D se extiende por una parte 18 de la base para excluir la parte principal 18C de la base del área que contiene el imán de RM. Una parte de la base 18 tal como se indica en 18G está dispuesta dentro del área del imán con la sección para dedos del pie de la camilla.

Por lo tanto, la disposición de puerta de protección contra la RF 17 incluye una vejiga hinchable de protección contra la RF 7J en un borde inferior 7K de las puertas que mantiene la protección contra RF por la base 18 de la mesa de soporte para el paciente. La placa de base de la superficie de la plataforma giratoria 18 está formada por un material conductor y se proporciona un contactor móvil 18H en forma de una vejiga hinchable conectada a la protección contra RF para acoplarse a la plataforma giratoria. De esta manera, la protección conductora continua comunica a través de la plataforma giratoria 18C y la puerta 17D, montando las partes de la tabla que están dentro de la zona del imán de modo que estén todas protegidas de las señales de RF generadas por el sistema de tratamiento

quiescente pero activo en la zona detrás de las puertas 17.

Las dos partes 17D, 17E de las puertas se reúnen en un vértice y están inclinadas con respecto a un eje longitudinal de la sala para encerrar al sistema de tratamiento 4 a la izquierda de las puertas dentro de la forma triangular definida por las dos puertas.

Cables para proporcionar señales de control a la mesa de soporte para el paciente pasan a través de un prensaestopas en la parte de la protección contra RF definida por la sección 18G de la plataforma giratoria. Para garantizar que las señales generadas en los cables por los campos de RF dentro de la zona del imán no son comunicadas a través de la zona del aparato de tratamiento y viceversa, un sistema de filtro de RF 18L está conectado en los cables para filtrar las señales.

Sobre la mesa de soporte para el paciente algunos de los elementos de control son accionados por cables de fibra óptica 18M que pasan a través de la protección contra RF en la sección de base 18G.

Se proporcionan uno o más detectores 17X en la disposición de puerta protegida contra RF para impedir que la disposición de puerta se cierre a la posición 17F si hay un objeto dentro de la trayectoria del movimiento.

En una disposición, se proporcionan tres salas que incluyen una primera sala para el sistema de tratamiento con radiación 26, una tercera sala 30 para el sistema de braquiterapia combinada con una segunda sala de diagnóstico intermedia 27 en el medio para proporcionar una solución de tres salas que proporciona guía por imágenes para procedimientos de RT tanto con haz externo como con braquiterapia usando el mismo imán de IRM móvil.

En las figuras 1 y 2, se proporcionan dos salas independientes donde la primera es un "búnker" protegido contra la radiación que alberga el aparato de tratamiento y la segunda sala alberga el imán de RM para procedimientos básicos de diagnóstico.

Volviendo ahora a las figuras 6, 7 y 8, se muestra sustancialmente la misma disposición que la de las figuras 1 y 2. En esta disposición, la mesa robótica 13 disponible de Varian que gira alrededor de la plataforma giratoria 18 se muestra con más detalle.

En esta disposición, la disposición de puerta de protección contra RF indicada generalmente en 171 es diferente en que incluye una parte 172 que se extiende completamente por la plataforma giratoria 18 hasta una posición 173, 174 en el otro lado de la plataforma giratoria 18. El aparato de tratamiento 4 incluye un cabezal 4B giratorio alrededor de un eje longitudinal del quirófano.

El cabezal 4B, tal como se conoce bien en estos sistemas, gira alrededor del eje longitudinal para dirigir la radiación a la ubicación de tratamiento desde diferentes ángulos alrededor del paciente.

En esta disposición, se hace uso de la posición del cabezal donde al cabezal 4B se le hace girar 90 grados hasta un lado de la mesa de soporte para el paciente. Esto permite que la parte de puerta 172 pase generalmente en diagonal por la plataforma giratoria 18 con el cabezal en el lado de la puerta 172 alejado del imán. La puerta 172 está formada por un material conductor para crear la protección contra RF requerida. La parte inferior de la puerta coopera con una banda 174 de material conductor por el suelo y análogamente la superficie superior de la puerta 172 coopera con una banda 175 por el techo. El uso de disposiciones de puerta plegable o deslizante compuestas por paneles de puerta 175, 176, 177 y 178 permite que la disposición de puerta se repliegue contra la pared en un lado y contra una sección de pared 17D en el otro lado. De esta manera, la disposición de puerta puede moverse a ambas posiciones sin dificultad, sin interferir con el paciente sobre la mesa 13, mientras se deja al paciente y a la mesa 13 completamente expuestas para el imán 10, tal como se muestra en la figura 7, y mientras se deja el área abierta, tal como se muestra en la figura 8, para el proceso de tratamiento.

Volviendo ahora a la realización independiente mostrada en la figura 9, la configuración de la sala incluye una fila 26A de salas 26B a 26E, teniendo cada una un aparato de tratamiento respectivo, una mesa de soporte para el paciente respectiva y una disposición de puerta protegida contra la radiación respectiva y el imán está dispuesto para moverse a lo largo de una trayectoria o pasaje 26F fuera de la fila de disposiciones de puerta protegida contra la radiación. Desde esta trayectoria, el imán está dispuesto para moverse linealmente a lo largo de la trayectoria 26G fuera de la fila de disposiciones de puerta protegida contra la radiación a cada sala sucesivamente, según se requiera. A partir de esta posición, el imán gira alrededor de un eje vertical 26H en cada sala para cooperar con la mesa de soporte para el paciente en su interior. Además de la rotación, el imán también puede moverse en una dirección 26L en ángulos rectos con respecto a la trayectoria 26G para entrar en la abertura de la sala en cuestión. Sin embargo, en algunas disposiciones, el imán puede no ser capaz de moverse en la dirección 26L y la cooperación entre la mesa y el imán se consigue mediante el movimiento de la mesa en solitario.

En las figuras 10A a 10E se muestran una serie de diferentes realizaciones de superficie superior de camilla diseñadas para montarlas sobre la mesa robótica de Varian mencionada anteriormente.

En cada caso, la superficie superior de la mesa está fabricada de materiales que le hacen compatible con RM y radiolúcida para permitir la imaginología por el sistema de RM y por el sistema de imaginología por rayos X 4A del sistema de tratamiento 4 sin generación de artefactos de imaginología.

5 En la figura 10A, se muestra una superficie superior de una pieza 15 que tiene una longitud para alojar a todo el cuerpo del paciente incluyendo una sección del extremo 151 que subyace a la cabeza. Una primera ranura en el grosor de la superficie superior se proporciona en 24X para permitir que una bobina posterior se inserte en la región pélvica para imaginología pélvica. Una segunda ranura en el grosor de la superficie superior se proporciona en 24Y para permitir que una bobina posterior se inserte en la región de la cabeza 151 para imaginología de la cabeza.

10 En las figuras 10B y 10C, se muestran partes superiores de tres piezas con una pieza de base 152, una pieza conectora 153 y una pieza de soporte de la cabeza 154, 155. La pieza conectora proporciona estructuras conectoras para mantener a la pieza de cabeza en su lugar en el extremo de la pieza de base. Pueden proporcionarse diversos diseños de conector. Una ranura 24 X está provista en la pieza de base en cada disposición. El soporte de la cabeza 155 en la figura 10C es, simplemente, una placa de soporte plana. En la figura 10B, el soporte de la cabeza 154 está provisto como un modo de tratamiento de cabeza/cuello conformado para proporcionar material mínimo para reducir la interferencia con la radiación.

15 20 En las figuras 10D y 10E se muestran superficies superiores de dos piezas con una pieza de base 152 y una pieza de soporte de la cabeza 154, 155, donde la pieza conectora 153 se omite y la función conectora definida en su lugar entre las secciones de base y de la cabeza directamente. Pueden proporcionarse diversos diseños de conector. Una ranura 24 X está provista en la pieza de base en cada disposición. Los soportes de la cabeza 154 y 155 son tal como se han descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para radioterapia de un paciente, que comprende:

- 5 una sala de tratamiento con radiación que está protegida contra la radiación y tiene una abertura que incluye una disposición de puerta protegida contra la radiación accionable para cerrar la abertura;
una mesa de soporte para el paciente;
un sistema de imaginología por resonancia magnética para adquirir imágenes por RM de un volumen de imaginología que incluye la ubicación diana del paciente;
10 incluyendo el sistema de imaginología:
- un imán de RM accionable para generar un campo magnético que se aplicará al paciente, teniendo el imán un orificio cilíndrico para rodear a la ubicación diana del paciente;
15 una disposición de bobina de transmisión de RF para generar un pulso de RF en una fase de transmisión que se aplicará al sujeto del que se van a obtener imágenes, de modo que el sujeto genere una señal de RM en respuesta al campo magnético y al pulso de RF aplicado;
una disposición de bobina de recepción para adquirir la señal de RM en una fase de recepción;
y un sistema de procesamiento de señales para recibir la señal de RM para llevar a cabo el procesamiento de señales mediante el cual se genera una imagen;
- 20 un aparato de tratamiento para aplicar una radioterapia a una ubicación diana en el paciente sobre la mesa de soporte;
estando la mesa de soporte para el paciente y el aparato de tratamiento montados en dicha sala de tratamiento con radiación
25 estando el imán de RM montado para movimiento desde una posición exterior de la disposición de puerta protegida contra la radiación en el interior de la abertura hasta una posición de imaginología para cooperación con el paciente sobre la mesa de soporte para el paciente para imaginología por RM;
estando el imán de RM montado para movimiento desde la posición de imaginología hasta la posición exterior para el tratamiento con radiación del paciente sobre la mesa de soporte para el paciente;
30 en el que se proporciona una disposición para impedir que las señales de RF procedentes del aparato de tratamiento interfieran con el sistema de imaginología por RM durante la imaginología en la mesa de soporte para el paciente;
y en el que tanto la mesa de soporte para el paciente como el aparato de tratamiento están dispuestas para permanecer en una ubicación de tratamiento en la sala de tratamiento con radiación cuando el imán se mueve a la posición de imaginología.
- 35

2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una disposición de puerta protegida contra RF en la sala de tratamiento con radiación, dispuesta para poder moverse entre una posición cerrada, que separa al menos parte del aparato de tratamiento del imán cuando está en la posición de imaginología, y una posición abierta en la que el aparato de tratamiento es accesible para el paciente sobre la mesa de soporte para el paciente para radioterapia, estando la disposición de puerta protegida contra RF dispuesta en la posición cerrada para aislar componentes electrónicos sensibles al ruido de RF del aparato de tratamiento del imán y la disposición de bobina de recepción mientras se permite que los componentes electrónicos sensibles permanezcan activos sin apagarse.

- 45 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la mesa de soporte para el paciente comprende una camilla de soporte para el paciente en voladizo sobre una base de soporte que incluye una plataforma giratoria formada por un material conductor para rotación alrededor de un eje vertical y en el que la disposición de puerta protegida contra RF incluye al menos una parte que se extiende por la plataforma giratoria para excluir la parte de la plataforma giratoria del imán de RM.

- 50 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha al menos una parte de la disposición de puerta protegida contra RF se extiende por la plataforma giratoria en un ángulo inclinado con respecto a un eje longitudinal del orificio del imán.

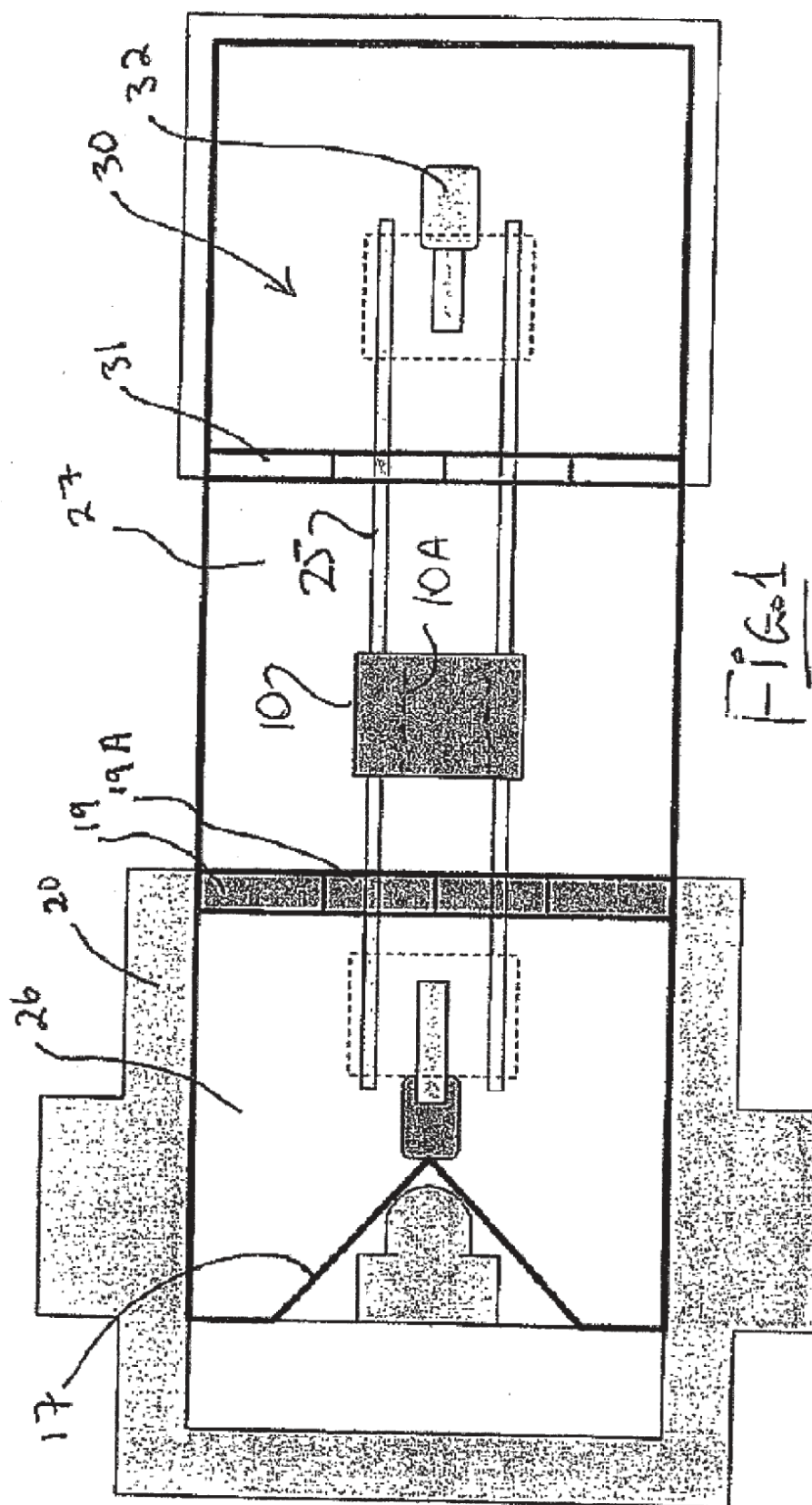
- 55 5. El aparato de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, en el que la disposición de puerta protegida contra RF incluye una sección dispuesta a cada lado del aparato de tratamiento en ángulos rectos con respecto al eje longitudinal.

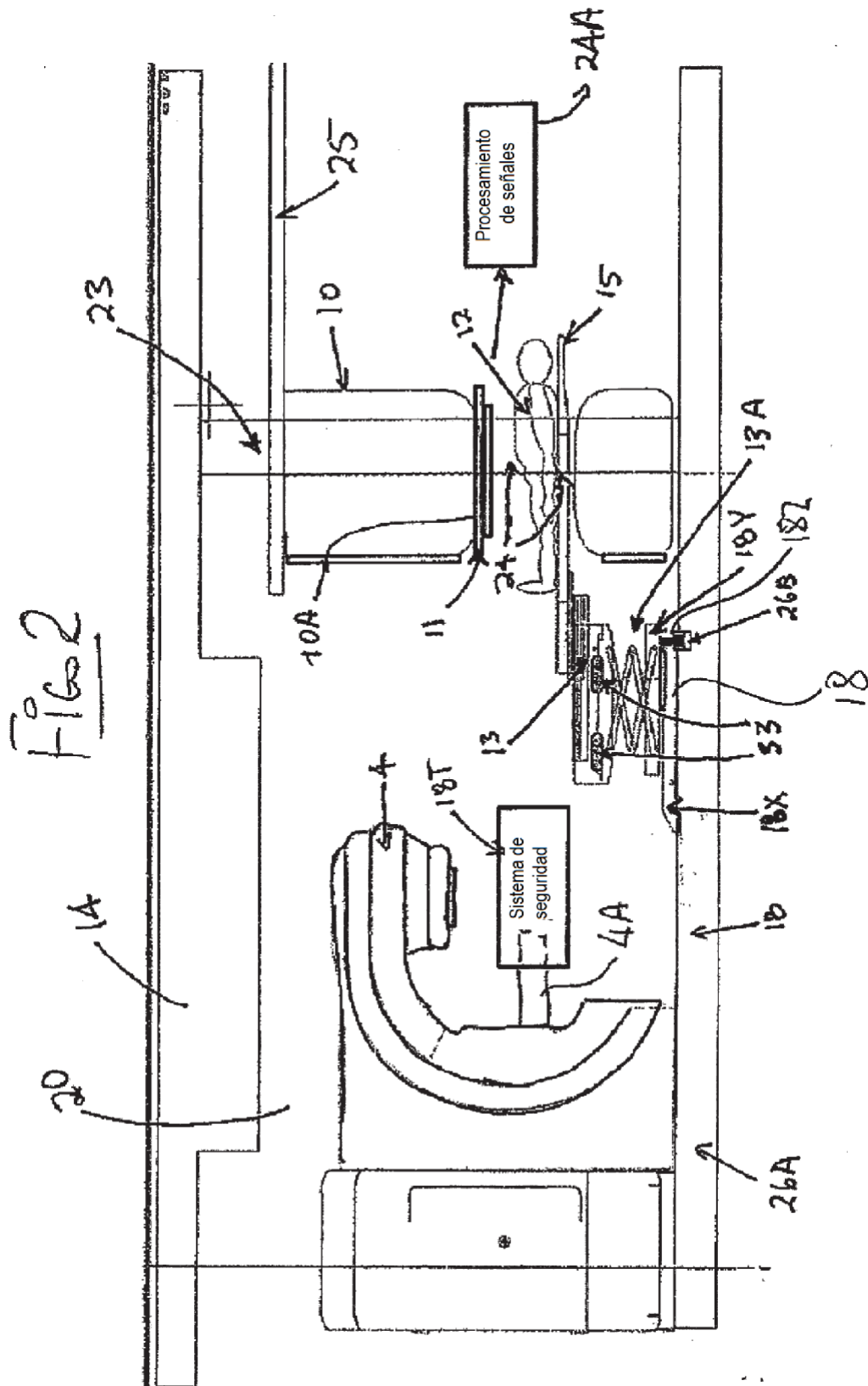
- 60 6. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la disposición de puerta protegida contra RF incluye una primera parte que se extiende parcialmente por la plataforma giratoria y una segunda parte que se extiende parcialmente por la plataforma giratoria, donde las partes se encuentran en un vértice para encerrar al aparato de tratamiento.

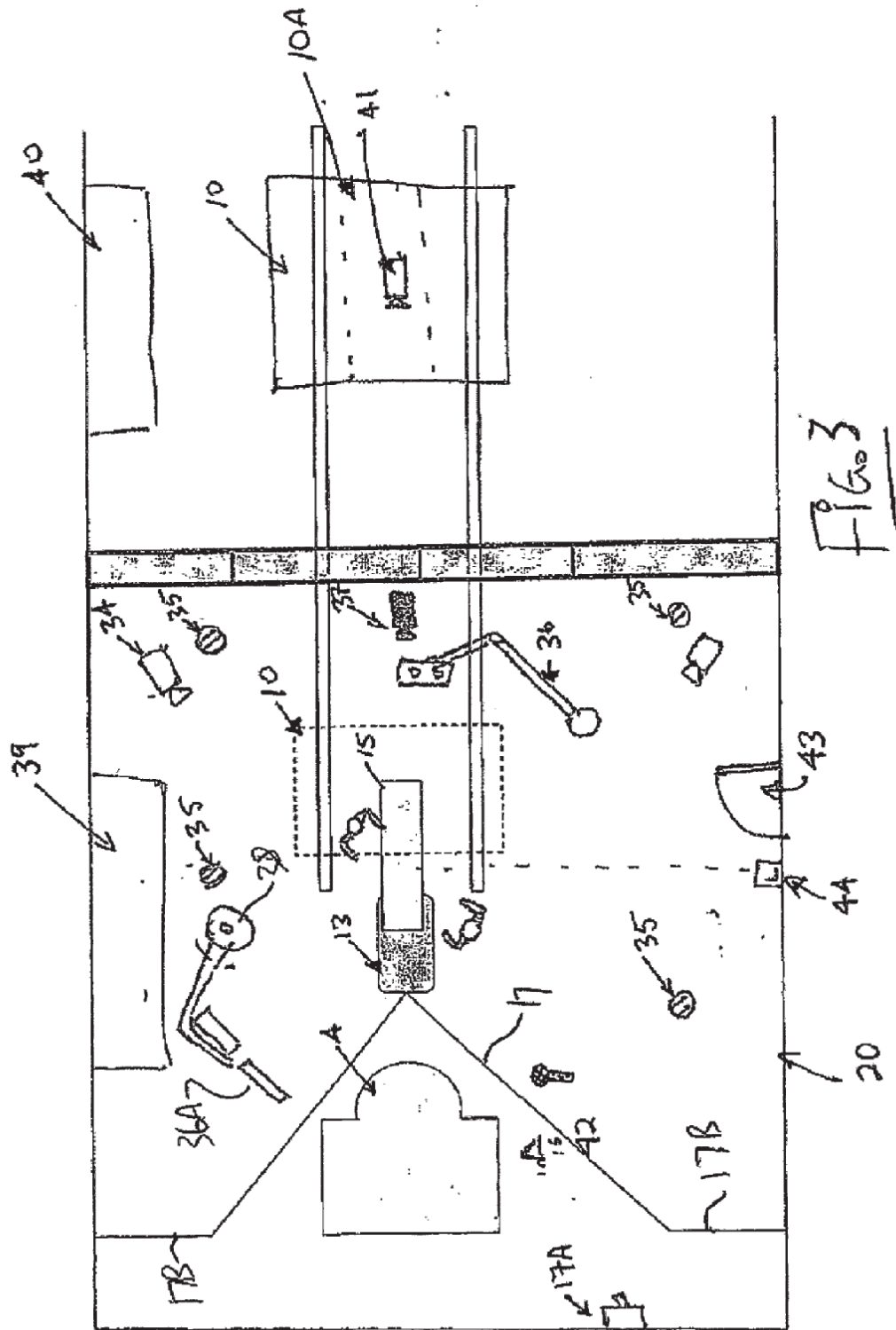
- 65 7. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la disposición de puerta protegida contra RF incluye una parte que se extiende completamente por la plataforma giratoria hasta una posición a ambos lados de la plataforma giratoria, donde el aparato de tratamiento incluye un cabezal giratorio alrededor de

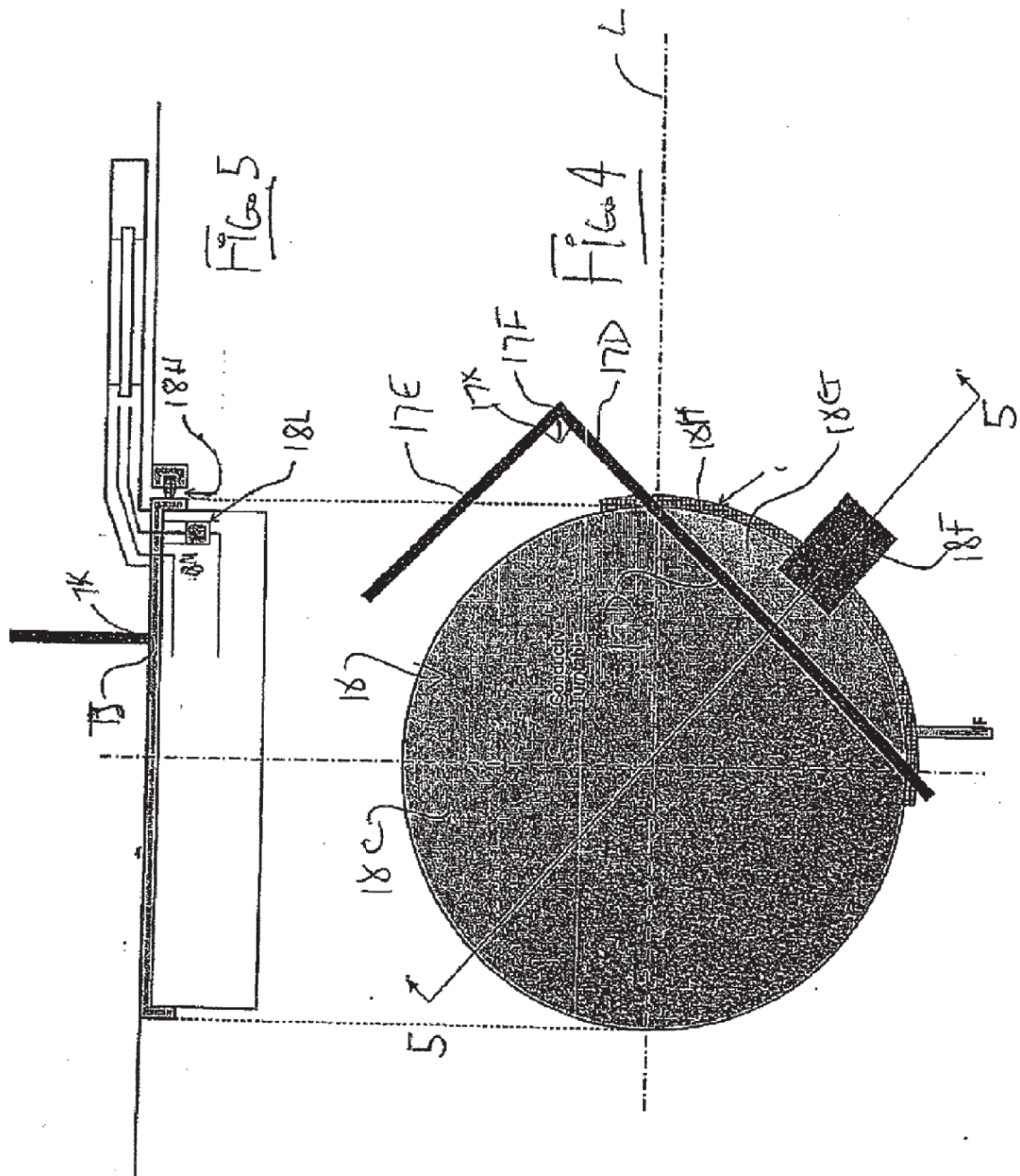
un eje longitudinal de la sala de tratamiento con radiación y en el que el cabezal está orientado a una posición en un lado de la mesa de soporte para el paciente para permitir a la parte pasar por la plataforma giratoria con el cabezal en un lado de la parte alejado del imán.

- 5 8. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que cables para proporcionar señales de control a la mesa de soporte para el paciente pasan a través de una protección contra RF e incluyen un filtro de RF.
9. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la mesa de soporte para el paciente incluye elementos de control accionados por cables de fibra óptica que pasan a través de una protección contra RF.
- 10 10. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además al menos tres salas en una fila que incluye dicha sala de tratamiento con radiación que está adaptada para usarla para tratamiento con haz externo, una tercera sala para un sistema de braquiterapia separada de la sala de tratamiento con radiación y una segunda sala de diagnóstico intermedia entre la sala de tratamiento con radiación y la tercera sala,
- 15 pudiéndose mover el imán en cada una de las salas para proporcionar guía por imágenes para los procedimientos de RT tanto con haz externo como con braquiterapia usando el mismo imán de IRM móvil.
11. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además al menos tres salas en fila, al menos una de las cuales comprende dicha sala de tratamiento con radiación y en el que el imán está
- 20 dispuesto para moverse linealmente a lo largo de una trayectoria fuera de la fila de salas y para girar en cada sala para cooperar con una mesa de soporte para el paciente en su interior.
12. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la mesa de soporte para el paciente está dispuesta para girar 180 grados desde el isocentro del aparato de tratamiento para cooperación con el imán de RM
- 25 en procedimientos de imaginología por RM, y a continuación girar de vuelta al isocentro para el tratamiento.
13. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la mesa de soporte para el paciente emplea varios motores electrónicos diseñados para proporcionar diferentes grados de movimiento con los motores y controles de los mismos dispuestos para evitar la interacción del campo magnético estático de IRM.
- 30 14. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que un sistema de seguridad automatizado está adaptado para desconectar los motores de la mesa de soporte para el paciente cuando la mesa de soporte para el paciente está bloqueada en su lugar para imaginología por RM, y está adaptado para impedir cualquier acción no segura una vez bloqueada en su lugar.
- 35 15. El aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el sistema de seguridad está adaptado para garantizar que la mesa de soporte para el paciente está en la posición bloqueada apropiada antes de que el imán se mueva sobre el paciente.









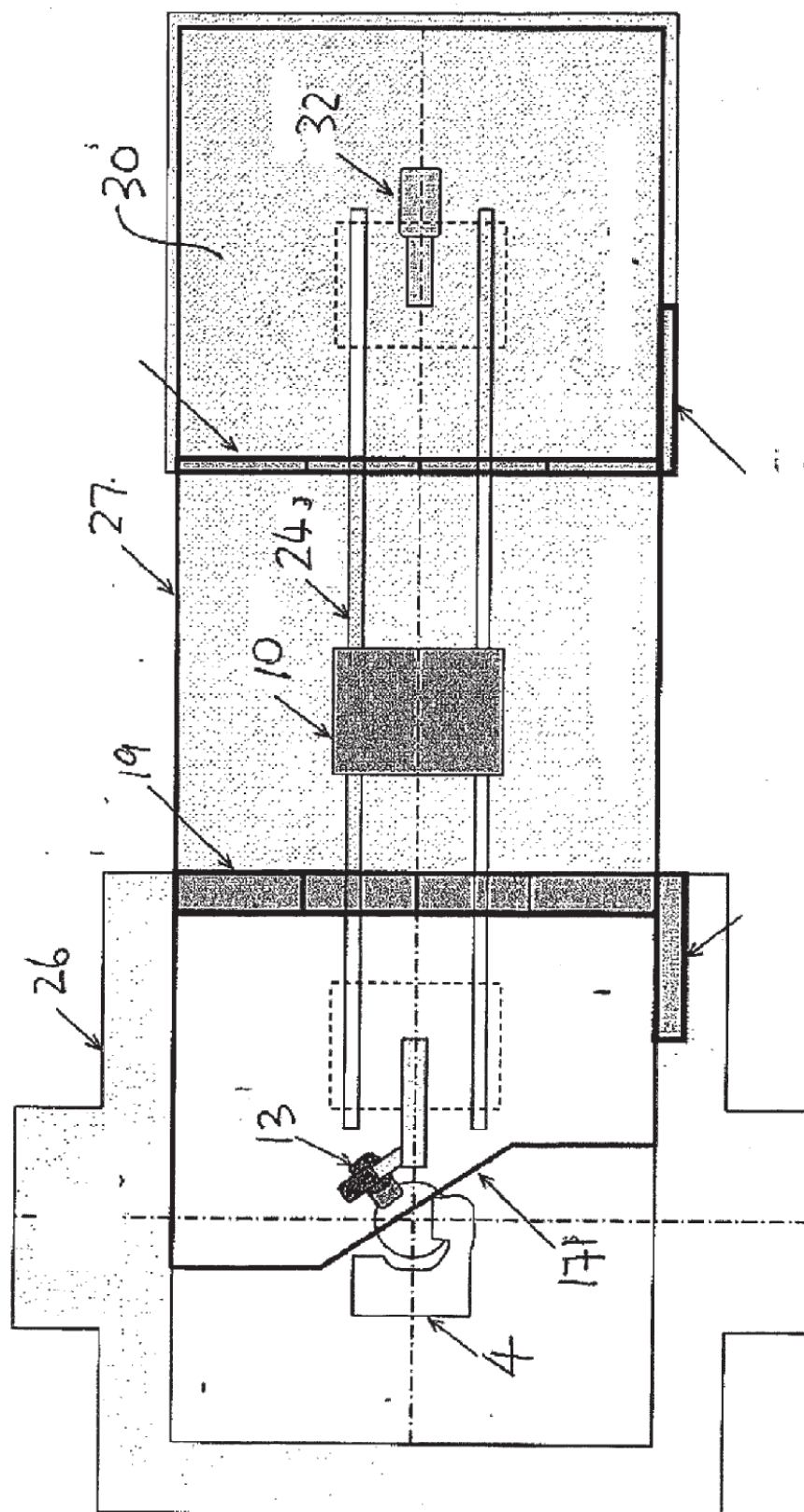


Figura 6

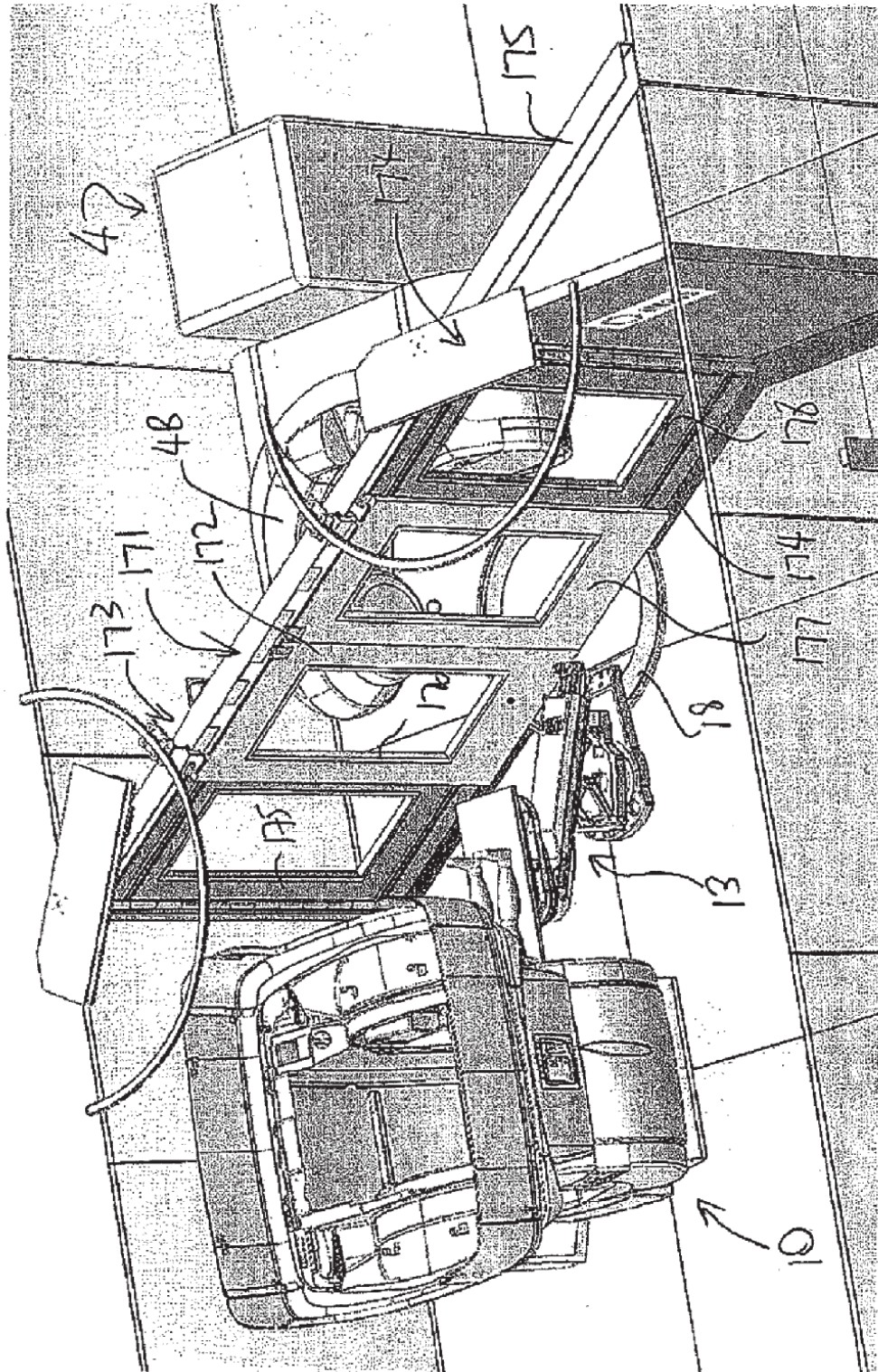


Fig. 7

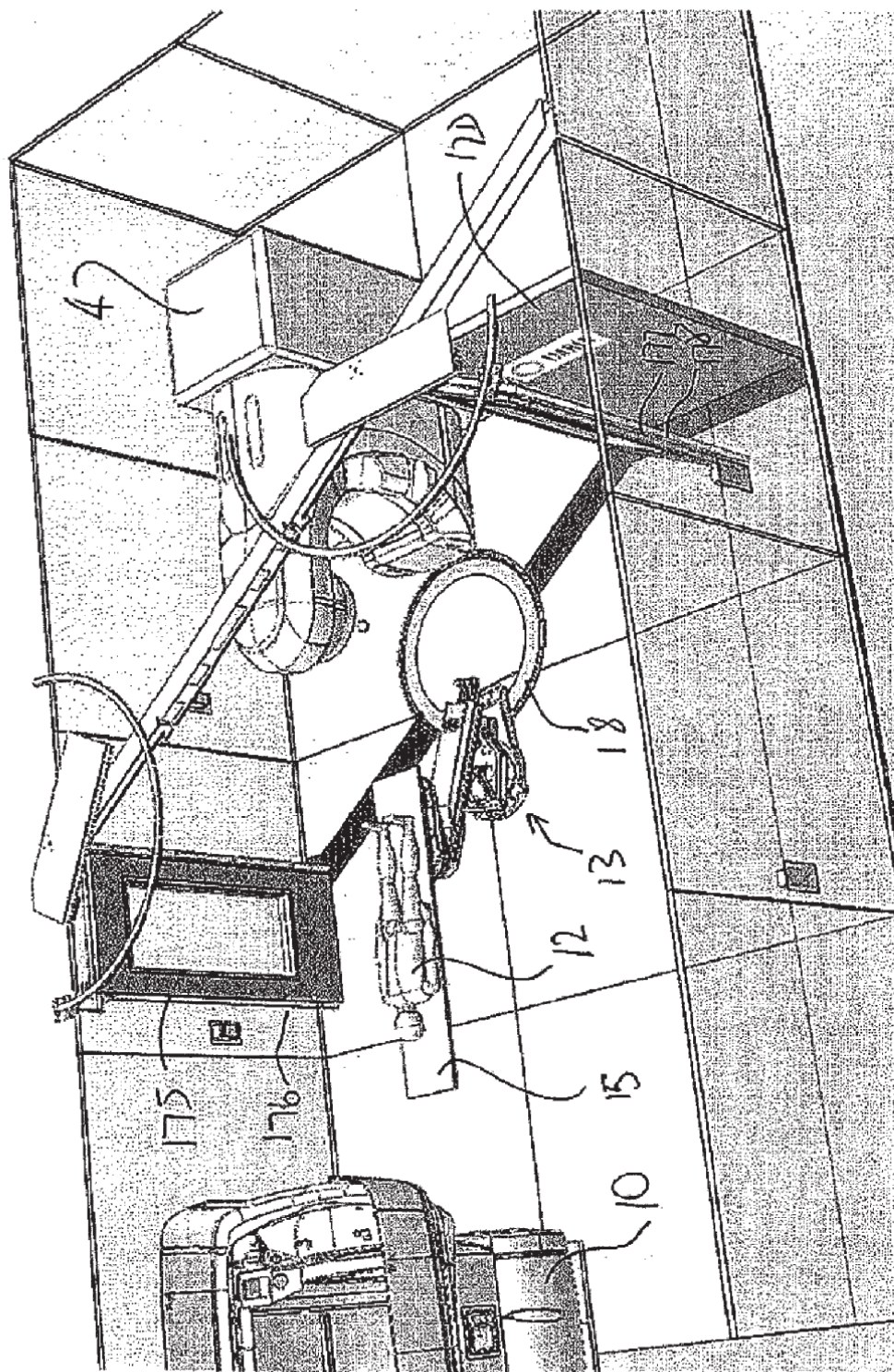


Fig. 8

