

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 029**

51 Int. Cl.:

**A61N 5/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2009 E 09756994 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2012 EP 2293843**

54 Título: **Métodos y sistemas para guiar instalaciones de radioterapia**

30 Prioridad:

**02.06.2008 US 58049 P**

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

**18.02.2013**

73 Titular/es:

**RESONANT MEDICAL INC. (100.0%)  
2050 Bleury Street  
Montreal, Quebec H3A 2J5, CA**

72 Inventor/es:

**DUSSAULT, CHANTAL;  
LACHAINE, MARTIN;  
LODU, DANIEL y  
BONNEVILLE, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**RIZZO, Sergio**

**ES 2 396 029 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

Método y sistemas para guiar instalaciones de radioterapia

### CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 **[0001]** Esta invención hace referencia generalmente a métodos y sistemas para mejorar las posiciones en radioterapia.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

10 **[0002]** La radioterapia de haz externo para el cáncer de mama típicamente se proporciona utilizando campos tangenciales opuestos, que proporcionan una dosis uniforme a la totalidad de la mama afectada. El primer tratamiento se da durante un número de sesiones, y normalmente le siguen sesiones de sobreimpresión adicionales. Las sesiones de sobreimpresión normalmente se llevan a cabo con un haz de electrones, que limita el tratamiento al principal lugar de la lumpectomía.

15 **[0003]** Al contrario que los fotones, las intensidades de los cuales disminuyen a medida que los fotones viajan a través de un paciente, un haz de electrones deposita la mayoría de su dosis de energía en un área fija, finita, basada principalmente en la energía del haz. Por lo tanto, un único haz de electrones puede utilizarse para tratar lesiones superficiales a la vez que protege los tejidos sanos subyacentes. Los tratamientos de haz de electrones se suministran típicamente utilizando conos de electrones de varios tamaños y formas que pueden adherirse al  
20 colimador de un acelerador lineal (LINAC), que colima el haz de electrones muy cerca de la superficie del paciente. Los conos pueden tener formas geométricas estándar, como círculos o cuadrados de varios tamaños, o se puede proporcionar una forma arbitraria a medida para un paciente en particular. En algunos casos, una chapa de plomo con una abertura que define la abertura del haz se coloca directamente sobre la piel del paciente.

25 **[0004]** Los planes de tratamiento de haz de electrones suelen establecer una distancia fija de la fuente-piel (SSD). Para la sobreimpresión de mama, una distancia fuente-piel (SSD) de 100 cm es común, ya que esta es la misma distancia desde la fuente de haz hasta el isocentro para la mayoría de aceleradores lineales. Como resultado, el isocentro del acelerador lineal, y por lo tanto la intersección de cualquier láser de pared siendo utilizado para alinear al paciente con el  
30 acelerador lineal, se sitúa en la superficie de la piel del paciente. Esto contrasta con la mayoría de tratamientos de fotones, que se planean para que el isocentro esté cerca del centro del volumen de tratamiento en el paciente, y no sobre la piel del paciente.

35 **[0005]** Para la sobreimpresión de mama, el campo de electrones idealmente cubre el lecho tumoral y el camino quirúrgico que lleva desde el lecho tumoral hasta la cicatriz quirúrgica, más un margen de 1-2 cm. Además, es preferible evitar la areola. La sobreimpresión de mama de electrones puede simularse utilizando planificación clínica o con TC efectuada directamente en el acelerador lineal, o en un simulador convencional. En tales simulaciones, un médico utiliza la cicatriz de lumpectomía y la palpación para determinar la localización del lugar de la lumpectomía relativo a la piel del paciente. Un molde, normalmente hecha de cerrobend, se

diseña para cubrir la región deseada sobre la piel del paciente. Los ángulos del gantry de haz y de la mesa de tratamiento sobre la que se reclina el paciente están físicamente ajustados para que el haz se encuentre sustancialmente perpendicular a (por ejemplo, enfrente de) la piel del paciente. La energía de electrones apropiada se elige entonces para que el haz cubra la profundidad del lecho del tumor, que puede encontrarse en los escáneres de ultrasonido del postoperatorio, por ejemplo. Cuando mayor sea la energía del haz de electrones, mayor será la profundidad a la que penetrarán los electrones. El número correcto de "Unidades de monitor", una medida calibrada del funcionamiento del acelerador lineal, requerido para proporcionar un porcentaje de la dosis prescrita a una profundidad específica se calcula con datos de haz tabulados.

**[0006]** Una debilidad de la planificación clínica es que la posición actual de la cavidad no se toma en cuenta explícitamente. Por esta razón, en algunas instituciones la simulación se lleva a cabo utilizando una tomografía computarizada (SIM-TC). Una de dichas técnicas utiliza un alambre radiopaco colocado alrededor de la cicatriz quirúrgica, y a veces alrededor de la areola, antes de la adquisición de un escáner TC. Por lo tanto la cicatriz y el lugar de la lumpectomía, como se ve en el escáner TC, pueden utilizarse para diseñar el campo de electrones. La energía y las unidades de monitor se calculan utilizando un software de planificación de tratamiento.

**[0007]** Una vez se finaliza el plan (clínico o basado en TC), el objetivo es administrar un tratamiento de radiación de acuerdo con el plan para cada sesión de tratamiento, o su fracción. Para cada fracción, la situación puede ajustarse para que el campo cubra la misma área de superficie de la piel que se ha planeado, utilizando una distancia fuente-piel preferida (SSD), con el haz orientado enfrente. Estos ajustes son necesarios a menudo porque es difícil volver a situar la mama exactamente de la misma manera de un día a otro ya que la mama no es una estructura rígida, y por lo tanto su forma, tamaño y posición pueden variar diariamente. Así, la situación puede ajustarse cambiando la posición de la mesa de tratamiento, el ángulo del colimador, el ángulo del gantry y/o el ángulo de la mesa de tratamiento para tener en cuenta las características externas.

**[0008]** Al hacer ajustes, es posible tener en cuenta no solo las marcas externas, sino también la anatomía interna. Sin embargo, mover físicamente y/o rotar la mesa de tratamiento, el gantry y el colimador para orientar el paciente adecuadamente puede ser incómodo, principalmente debido a la limitación de mantener la distancia fuente-piel (SSD) planeada. Por lo tanto, una mayor automatización sería beneficiosa al utilizar puntos de referencia internos y externos para ajustar la posición del paciente, en particular donde la distancia fuente-piel SSD se toma en cuenta.

**[0009]** US 2006/0285641 A1 (Scherch) hace referencia a un sistema, un rastreador, y un programa para facilitar y verificar la correcta alineación deseada para el suministro de radiación, y los métodos relacionados. El sistema incluye un cuerpo rastreable con un punto de referencia de cuerpo rastreable para situarse adyacente a un punto de la superficie de un paciente para determinar una posición en dicho punto de la superficie.

**[0010]** US 2008/0064953 A1 (Falco) describe un sistema para mostrar una proyección de la anatomía interna del paciente desde la perspectiva de un haz del acelerador lineal.

#### RESUMEN DE LA INVENCION

5 **[0011]** De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para establecer parámetros de haz de radiación para suministrar el tratamiento de radioterapia a un paciente utilizando un dispositivo de tratamiento de radioterapia como se define en la reivindicación 1  
10 abajo. De acuerdo con la presente invención también se proporciona un sistema para establecer parámetros de haz de radiación para el tratamiento de un paciente como se define en la reivindicación 13 abajo.

**[0012]** Los modos de realización de la presente invención proporcionan sistemas y métodos para incorporar características anatómicas internas y externas de un paciente y parámetros de haz de radiación en el tratamiento de radiación-tratamiento y/o regímenes de planificación. Una herramienta o instrumento rastreado/a puede utilizarse para ilustrar un punto de entrada de haz  
15 y/o un ángulo de haz deseado, que a su vez facilita la determinación de los ángulos deseados del gantry y de la mesa de tratamiento así como las posiciones de la mesa de tratamiento. Una distancia fuente-piel también puede determinarse y, en algunos casos, cumplirse antes de o durante el tratamiento.

**[0013]** En un primer aspecto, varios modos de realización de la invención proporcionan  
20 métodos para establecer parámetros de haz de radiación para el suministro de tratamiento de radioterapia a un paciente utilizando un dispositivo de tratamiento de radioterapia. El método incluye los pasos de orientar una varilla respecto al paciente para establecer un punto de entrada del haz y adquirir parámetros posicionales que caractericen la posición de la varilla (como una posición y/u orientación de la punta) con respecto a un sistema de coordenadas de la sala. Un ángulo de haz se define de acuerdo con el sistema de coordenadas de la sala que  
25 concuerda con el punto de entrada de haz.

**[0014]** De acuerdo con la invención se obtienen imágenes de las características anatómicas internas del paciente (utilizando, por ejemplo un escáner TC, un IRM, y/o dispositivos de ultrasonido) y/o se digitalizan como imágenes las características anatómicas externas del  
30 paciente. La anatomía interna y/o externa del paciente se muestra entonces dentro del área del haz correspondiendo con el ángulo de haz definido para que las características anatómicas se observen a lo largo del punto de entrada deseado y de la trayectoria de tratamiento.

**[0015]** En algunos modos de realización, la herramienta es un instrumento similar a una varilla con un mástil y una punta bien definida, y uno o más marcadores fijados que pueden rastrearse  
35 mediante un dispositivo rastreador. Este dispositivo rastreador, mediante las técnicas de calibración conocidas, puede determinar la posición de la punta, así como la orientación de la varilla, en un "sistema de coordenadas de la sala" de una sala de planificación o una sala de tratamiento. Las posiciones y orientaciones de la varilla se transmiten preferiblemente a una aplicación informática, con un visualizador interactivo en la sala.

**[0016]** La orientación de la varilla se utiliza para definir un ángulo de haz, es decir, el usuario orienta la varilla relativa a la anatomía externa del paciente para establecer una trayectoria de haz deseada relativa al paciente. En la práctica, este ángulo hipotético puede convertirse en ángulos del gantry y de la mesa de tratamiento de un acelerador lineal mediante una aplicación informática para que el ángulo real del haz durante el tratamiento se adecue al ángulo hipotético establecido utilizando la varilla.

**[0017]** En algunos modos de realización, la punta de la varilla se utiliza para digitalizar un punto de entrada del haz hipotético sobre la superficie del paciente. Esto es particularmente útil para las disposiciones del haz con distancias fijadas fuente-piel, donde un punto específico sobre la piel del paciente debe establecerse a una distancia predeterminada de la fuente de radiación. El punto de entrada del haz puede convertirse en manipulaciones físicas, por ejemplo traslados y/o rotaciones de la mesa de tratamiento, el gantry y/o el colimador, requeridas para situar al paciente en el punto de entrada del haz digitalizado, para que el punto de entrada del haz real corresponda con el punto hipotético establecido utilizando la varilla. En este sentido, la geometría física de la situación del paciente corresponde con la geometría definida por la herramienta de varilla. Las manipulaciones físicas necesarias pueden llevarse a cabo automáticamente transfiriendo parámetros especificando los desplazamientos a los controladores electromecánicos, o manualmente proporcionando estos parámetros como instrucciones de movimiento que el médico puede llevar a cabo. El movimiento y/o rotación también pueden facilitarse ajustando marcadores rastreables a la mesa de tratamiento, y rastreando estos marcadores mientras se mueve la mesa. Un programa informático rastreando los marcadores puede guiar al médico a medida que se llevan a cabo las manipulaciones físicas para obtener la correcta posición y ángulo. En algunos casos, los ángulos planificados de la mesa y del gantry pueden no ser óptimos un día en particular debido a, por ejemplo, la variación de la anatomía del paciente o de la posición. Por ejemplo, en situaciones de mama, el tamaño, la forma y la posición de la mama y sus estructuras internas clave pueden variar de un día a otro. En estos casos, la varilla puede utilizarse para calcular nuevos ángulos de la mesa y del gantry para el paciente. En algunos casos esto se realiza en combinación con la determinación del punto de entrada del haz.

**[0018]** El punto de entrada del haz puede calcularse automáticamente con la información de la superficie. Por ejemplo, la información de la superficie puede adquirirse mediante múltiples puntos de muestreo en la superficie del cuerpo del paciente con una punta de varilla, o utilizando una cámara de superficie tridimensional. Alternativamente, los datos de superficie pueden extraerse de una imagen del paciente. **[0019]** En otro aspecto, los modos de realización de la invención proporcionan un sistema para establecer parámetros de haz de radiación para el tratamiento de un paciente. El sistema incluye una herramienta y un sistema de rastreo para detectar la información posicional de la herramienta (por ejemplo la posición de la punta, la orientación) con respecto al paciente y para establecer un punto de entrada del haz. El sistema también incluye un procesador para caracterizar una trayectoria de haz a través del punto de entrada del haz con respecto a un sistema de coordenadas de la sala y definir un

ángulo de haz deseado que concuerda con el punto de entrada del haz.

**[0020]** En algunos modos de realización, la herramienta también comprende uno o más sensores ópticos de rastreo identificados por el dispositivo de rastreo de herramienta, que puede utilizar modalidades ópticas y/o de radio frecuencia (así como otras) para localizar y rastrear la herramienta a la vez que se manipula sobre el paciente. El sistema puede incluir uno o más registros para almacenar los datos de imágenes correspondientes a las características anatómicas internas y/o externas del paciente, y en algunas implementaciones los dispositivos de imágenes para obtener información de imagen. En algunos casos, algunas imágenes pueden obtenerse localizando características anatómicas externas utilizando la herramienta. El sistema también puede incluir un dispositivo de exposición para mostrar las características anatómicas internas y/o externas del paciente dentro de la vista desde el ojo del haz del dispositivo de tratamiento de radiación, en el que la vista desde el ojo del haz está orientada a lo largo del ángulo de haz deseado. El visualizador también puede proporcionar información adicional del haz, como una abertura de haz, la información de la dosis, y la profundidad de un haz de electrones.

**[0021]** Un controlador puede utilizarse para determinar los parámetros de desplazamiento de la mesa y/o del gantry, y dirigir el movimiento de cualquiera para que el haz de radiación pueda dirigirse al paciente a lo largo del ángulo de haz deseado. En ciertos casos, el procesador establece el punto de entrada del haz con una distancia fuente-piel deseada. En tales casos, la orientación de herramienta también puede definir una distancia actual entre la fuente y la piel, y el controlador puede también determinar los parámetros de desplazamiento de la mesa y/o el gantry para cambiar la distancia actual entre la fuente y la piel a una distancia deseada entre la fuente y la piel.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

**[0022]** Los siguientes y otros objetos, características y ventajas de la presente invención, así como la propia invención, se comprenderá mejor con la siguiente descripción de varios modos de realización, al leerse junto con los dibujos adjuntos, en los que:

**[0023]** Las figuras 1(a) - 1(c) ilustran una herramienta de varilla que puede utilizarse para guiar los haces de radiación de acuerdo con varios modos de realización de la invención;

**[0024]** La figura 2 ilustra la administración de la terapia de radiación de acuerdo con varios modos de realización de la invención;

**[0025]** La figura 3 ilustra ajustes realizados en la orientación de un sistema de suministro de radiación de acuerdo con varios modos de realización de la invención;

**[0026]** La figura 4 ilustra un tratamiento suministrado a un paciente y una exposición correspondiente del tratamiento de acuerdo con varios modos de realización de la invención;

**[0027]** La figura 5 ilustra el un procedimiento de guía utilizado para calibrar el suministro de radioterapia a un paciente de acuerdo con varios modos de realización de la invención; y

**[0028]** La figura 6 representa esquemáticamente un sistema para orientar un paciente en su preparación para el suministro de un tratamiento de radioterapia de acuerdo con varios modos

de realización de la invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 **[0029]** La figura 1 ilustra un ejemplo de herramienta de varilla de acuerdo con varios modos de realización de la invención. Como se muestra en la figura 1 (a), la varilla tiene un bastón 100 y una punta 105 que está preferiblemente bien definida, por ejemplo, como una punta puntiaguda, roma o redonda. En algunos modos de realización, una selección de marcadores 110 se fija al puntero. Los marcadores 110 pueden detectarse con un rastreador óptico convencional a tiempo real. Los marcadores pueden rastrearse de manera individual o como  
10 una configuración de forma preconfigurada, que define una posición y orientación en el espacio. La posición y orientación se calibran para que la posición de la punta 105 la orientación del bastón 100, la rotación del eje largo y la rotación del bastón sobre su eje largo, pueden calcularse en cualquier momento a medida que se mueve la varilla. Los ejemplos de los marcadores incluyen reflectores infrarrojos pasivos, o emisores infrarrojos activos, que  
15 pueden rastrearse con una cámara óptica o con cámaras de la familia de cámaras POLARIS. Otros tipos de rastreadores, como los dispositivos magnéticos o de radiofrecuencia, también pueden utilizarse.

**[0030]** La figura 1 (b) muestra la adición de una placa 115 que es preferiblemente transparente para permitir al usuario juzgar más fácilmente si la superficie está perpendicular o no a la  
20 herramienta de varilla (por ejemplo, si está enfrente de la superficie de la piel). La placa 115 puede ser extraíble para que la herramienta de varilla pueda utilizarse más fácilmente para otras funciones en las que el usuario necesita una visión clara de la punta 105, así como de los puntos de digitalización en la superficie. En algunos casos, la distancia entre la placa 115 y la punta 105 puede corresponderse con una distancia física relacionada con el dispositivo de  
25 radiación, como la distancia entre el aplicador y la piel. En otra variación, mostrada en la figura 1 (c), una placa 120 (ilustrada con una forma circular) se fija al final de la varilla 100. La placa 120 puede hacer que la evaluación de los ángulos sea más fácil, a costa de perder conocimiento preciso de la posición de la punta 105. Esta placa 120 también puede ser extraíble, o ajustable hacia arriba y abajo del bastón.

30 **[0031]** La calibración de la herramienta de varilla con respecto al sistema de coordenadas de la sala puede ser más precisa cuando se conoce que la geometría mecánica de los marcadores es relativa al eje de la herramienta y su punta, por ejemplo, gracias a un diseño geométrico CAD. La relación entre el eje de la herramienta y la punta con el esquema registrado por el  
rastreador puede calcularse entonces. Si la geometría no es lo suficientemente precisa, o si  
35 existe demasiada variabilidad al fabricar la herramienta, puede llevarse a cabo una calibración adecuada utilizando otros métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, una instantánea de los marcadores puede adquirirse con el rastreador para establecer el esquema del marcador. Las rotaciones mecánicas de la herramienta sobre la punta, a lo largo de las trayectorias pre-establecidas, durante la adquisición del marcador con el rastreador pueden utilizarse para  
40 extraer matemáticamente la transformación entre la punta y el esquema del marcador.

Movimientos similares establecidos a lo largo del eje de la herramienta también pueden utilizarse para definir la transformación entre el eje y el esquema. Una vez se completa la calibración, la posición de la punta y la orientación de la varilla pueden convertirse a coordenadas de la sala como se suele hacer en la técnica.

5 **[0032]** En algunos modos de realización, aspectos del haz definidos por la varilla se utilizan con el objetivo de planificar el tratamiento. El haz o haces está(n) definido(s) con el presente paciente, utilizando la varilla, y, en algunos casos, teniendo en cuenta características externas y/o internas. Esta definición de haz se envía al ordenador de planificación de tratamiento, o en  
10 posicionamiento adecuado del paciente y/o para calcular la distribución de las dosis. Tener al paciente presente para diseñar los haces de tratamiento, en vez de diseñarlos exclusivamente con imágenes pre adquiridas, puede ser de particular importancia para localizaciones clínicas en las que el médico puede querer tener en cuenta información visible y/o palpable en el diseño de haz. La habilidad para diseñar un haz directamente sobre la piel del paciente, con el  
15 objetivo de planificar o de tratar, es especialmente útil para los haces de electrones que generalmente se mantienen enfrente. El haz puede diseñarse para alcanzar las estructuras apropiadas a la vez que se asegura visualmente que está enfrente.

**[0033]** Una aplicación de ejemplo de las técnicas aquí descritas incluye la planificación clínica de un haz de sobreimpresión de mama de electrones, que se lleva a cabo típica y directamente  
20 con un acelerador lineal o con un simulador convencional. Los parámetros de tratamiento críticos incluyen el ángulo del haz (definido por la rotación del gantry y de la mesa de tratamiento) y el punto de entrada del haz necesario para alcanzar la información externa visible, cada uno determinado mientras se mantiene una dirección del haz hacia delante y una distancia fija fuente-piel (SSD) (denominado en conjunto "alineamiento de haz"). La información  
25 de imagen interna también puede considerarse al determinar el alineamiento de haz. Otra información que puede obtenerse es la profundidad y la energía del haz, la rotación del colimador y una forma de abertura de electrones.

**[0034]** Comúnmente, el usuario orienta la varilla relativa a la piel del paciente. Por ejemplo, el usuario puede alinear el eje de la varilla para que esté enfrente. En ciertos modos de  
30 realización, se adquiere una imagen del paciente antes del uso de la varilla y se utiliza como guía. A medida que el usuario mueve la varilla sobre el paciente, la coordenadas de varilla rastreadas relativas al paciente o el sistema de coordenadas de sala se cruzan con las coordenadas de las imágenes internas de la anatomía del paciente, para que los elementos de la anatomía interna (por ejemplo una lesión, un lecho tumoral o una cavidad) se muestren y  
35 actualicen ya que la posición y orientación de la varilla cambian. Las imágenes internas pueden haberse obtenido durante la misma sesión de planificación o de tratamiento utilizando, por ejemplo, un escáner TC, conos de haces TC, escáner IRM, y/o dispositivos de ultrasonido.

**[0035]** En algunos modos de realización, al girar la varilla sobre su eje se simula la rotación del colimador, que se calcula junto con los parámetros de la mesa y del gantry. En otros modos de

realización, el colimador puede girarse sobre la pantalla tras haber calculado los ángulos del gatro y de la mesa utilizando la varilla. Una vez que la posición de la varilla se alinea de acuerdo con una trayectoria de haz deseada relativa a la anatomía del paciente, la posición del paciente puede ajustarse para que el dispositivo del tratamiento de haz real (el cual, puede fijarse en algunos casos) corresponda con la trayectoria de haz deseada.

**[0036]** En otros modos de realización, el sistema puede utilizarse para definir digitalmente un haz para futuros propósitos de planificación dosimétrica o geométrica. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, en una sala SIM-TC, un simulador convencional, o en el acelerador lineal. La orientación de la varilla utilizada para definir el haz puede entonces convertirse a la orientación del haz y/o a los ángulos de la mesa y el gantry, y enviarse electrónicamente a un sistema de planificación de tratamiento, por ejemplo a través de un protocolo de transferencia DICOM. Este enfoque, que combina con efectividad elementos tanto del planificador TC como del planificador clínico, tiene un uso particular en la sala de SIM-TC, donde puede ser difícil visualizar diferentes orientaciones de haz directamente sobre el paciente.

**[0037]** En la práctica, la anatomía interna se muestra en un monitor interactivo ya sea en la "vista desde el ojo del haz" o en un plano perpendicular al eje o que atraviesa el eje del haz (por ejemplo a lo largo de la dirección de profundidad). Además de o en vez de mostrar la información de la imagen real a escala gray, las superficies o los contornos de puntos de referencia anatómicos (por ejemplo cicatrices, marcas, etc.) pueden mostrarse relativos a la varilla. Cuando se digitalizan los puntos o contornos externos de interés de la piel del paciente, la punta de la varilla puede utilizarse para identificar o delinear los contornos, que se muestran simultáneamente en el monitor interactivo junto con las características internas.

**[0038]** En algunos modos de realización, el visualizador interactivo actualiza un plano de la vista desde el ojo del haz perpendicular a la dirección de la varilla, junto con la abertura de tratamiento del haz de radiación. Esto facilita la visualización de qué estructuras internas y externas entran dentro del haz de radiación. La dirección de profundidad puede mostrarse de manera independiente o en combinación con la vista desde el ojo del haz. Esto es particularmente útil para los tratamientos de electrones, en los que la profundidad del haz de electrones puede mostrarse para asegurar una cobertura correcta de la anatomía involucrada. La información dosimétrica también puede mostrarse en relación con la anatomía, en cualquier vista.

**[0039]** En algunos modos de realización en los que el tratamiento de radiación se suministra en múltiples fracciones, el proceso se divide en dos pasos. En el primer paso, la posición de la cavidad identificada en la imagen de pre-tratamiento se ajusta (manual o automáticamente) a su posición en el momento del tratamiento mediante un software de alineamiento de imagen convencional y se muestra al usuario. En el segundo paso, el usuario emplea la punta de la varilla para digitalizar el punto de entrada del haz (correspondiendo con el eje central del haz sobre la piel del paciente) con la imagen de la cavidad. Esto puede llevarse a cabo mostrando la posición a tiempo real de la punta de la varilla en el visualizador relativa a la vista virtual desde el ojo del haz (por ejemplo, la vista desde el ojo del haz relativa a la alineación virtual de

la cavidad). El usuario entonces mueve la varilla para que su punta se sitúe sobre la superficie de la piel del paciente y dentro de un nivel de tolerancia específico desde el eje central de la vista desde el ojo del haz en el visualizador. Los cambios del paciente necesarios para alinear el paciente con el haz pueden calcularse desde el cambio en la cavidad y el punto de entrada del haz. Utilizando el ejemplo de arriba en el que un haz de sobreimpresión de electrones de mama se suministra utilizando un acelerador lineal con un haz fijo, la posición del paciente puede moverse ajustando el alineamiento físico de una mesa relativa al acelerador lineal utilizando múltiples (por ejemplo, normalmente tres o hasta seis) grados de libertad.

**[0040]** La figura 2 muestra un paciente P tumbado sobre una mesa de tratamiento 205 (u otro ensamblaje para sostener al paciente) de un acelerador lineal 210, en una posición inicial. Esta posición inicial puede ser arbitraria, o el paciente puede tener marcas (como tatuajes o marcas de tinta) que se alinean con el sistema de coordenadas de sala, que en algunos casos pueden definirse con un conjunto de láseres perpendiculares. La herramienta de varilla se rastrea con un rastreador 215 sujeto al techo 220 de la sala de tratamiento. Alternativamente, el rastreador puede estar sujeto a otra posición fija y conocida en la sala, como una pared, una viga y/o un elemento fijo. El rastreador también puede ser móvil si hay un objeto fijo o una herramienta que puede utilizarse para definir un sistema de coordenadas de un paciente. Los datos obtenidos por el rastreador 215 se transmiten (utilizando métodos con cables o sin cables) a un ordenador 225 con un visualizador asociado 230. Utilizando datos de calibración adecuados, el ordenador 225 procesa los datos para deducir la orientación del eje de la varilla y la posición de la punta de la varilla en el sistema de coordenadas de la sala. El ordenador 225 puede en algunos casos estar integrado directamente en la consola del visualizador 230 o puede localizarse fuera de la sala de tratamiento, conectando o comunicando sin cables con el visualizador 230. El visualizador 230 puede estar basado en carro pero preferiblemente se monta sobre un brazo basculante 235 unido al techo, para que el usuario (por ejemplo un radioterapeuta, un dosimetrista, un físico médico o un oncólogo especializado en radiación) pueda mover el visualizador 230 a cualquier localización conveniente.

**[0041]** En algunos modos de realización; el médico puede utilizar una herramienta de marcado para dibujar una figura cerrada sobre la piel del paciente, normalmente rodeando la cicatriz del paciente, que corresponde con la abertura de tratamiento deseada. El usuario entonces digitaliza esta figura rastreando la punta de la herramienta de varilla alrededor del contorno. El ordenador 225 obtiene la figura rastreada a través del sistema de rastreo 215 como un conjunto discreto de puntos con localizaciones conocidas por el sistema de coordenadas de la sala. De manera alternativa, otra herramienta de puntero o un dispositivo digitalizador, como una cámara, puede utilizarse para digitalizar los puntos representados por la figura dibujada; sin embargo, utilizar una herramienta de varilla directamente es más conveniente que utilizar dos herramientas separadas.

**[0042]** El usuario entonces mueve la herramienta de varilla para que la punta se coloque en el punto de entrada de haz deseado sobre la superficie del paciente, típicamente cercano al centro de la abertura dibujada, y se asegura que su eje está frente a la piel del paciente. Una

vez que el usuario establece la posición y orientación correctas de la herramienta de varilla relativa al paciente, el ordenador 225 captura la posición y orientación de la varilla (por ejemplo, en respuesta a la pulsación de un botón en la pantalla táctil 230 o en la misma varilla indicando que el usuario está satisfecho con la posición de la varilla, o en respuesta a un criterio de estabilidad indicando que el usuario ha dejado de mover la varilla). La punta de la varilla corresponde con el punto de entrada de haz deseado, y la orientación de la varilla define la dirección del haz. Basándose en las limitaciones del movimiento mecánico y las capacidades de la mesa y del gantry, que se programan en el ordenador 225, el ordenador calcula los movimientos de la mesa necesarios para alinear al paciente con el punto de entrada de haz a una distancia fuente-paciente (SSD) definida, y las rotaciones de la mesa y del gantry necesarias para que la dirección del haz de tratamiento siga la orientación capturada por la varilla. Una distancia fuente-paciente de 100 cm se utiliza generalmente para los tratamientos de sobreimpresión de electrones. El ordenador puede programarse para reconocer las orientaciones de varilla que corresponden a movimientos de gantry y de mesa imposibles, y para mostrar un mensaje de alerta en la pantalla 230 en tales casos.

**[0043]** Asumiendo que la dirección del haz, establecida con la posición y orientación de la varilla, puede ajustarse con el gantry y la mesa de tratamiento, se realizan los desplazamientos necesarios como se muestra en la figura 3. En algunos modos de realización, esto se lleva a cabo transfiriendo los parámetros de la mesa y del gantry directamente al ordenador activando la mesa y el acelerador lineal. En otros modos de realización, el usuario mueve el gantry y la mesa manualmente. El movimiento manual de la mesa puede simplificarse al unir un accesorio 300 a la mesa que tiene marcadores activos o pasivos sujetos a ella. A medida que el usuario mueve y/o rota la mesa, la cámara 315 rastrea el movimiento y envía esta información de vuelta al ordenador 225, que se programa para asistir al usuario, por ejemplo indicando cuanto mover o rotar la mesa hasta que se consiguen los parámetros correctos.

**[0044]** Para facilitar su uso, el punto de entrada de haz puede digitalizarse con el puntero de manera individual a la orientación del haz. En otros modos de realización, la dirección del haz puede determinarse por otros medios, y sólo el punto de entrada de haz, junto con los cambios calculados en relación a la mesa, se determina con la varilla.

**[0045]** En modos de realización alternativos, en lugar de digitalizar el punto de entrada del haz con la varilla, se calcula desde los datos digitales obtenidos de la superficie del paciente. Por ejemplo, la información de la superficie puede adquirirse mediante múltiples puntos de muestreo sobre la superficie del paciente con una punta de varilla, o utilizando una cámara de superficie tridimensional. Si se adquiere una imagen (como la del escáner TC) del paciente que incluye la piel del paciente, la información de la superficie puede extraerse de la imagen con este objetivo utilizando algoritmos de contorno manuales o automáticos.

**[0046]** Si se desea, la información digitalizada de la abertura puede imprimirse para facilitar la correcta mecanización de la abertura del campo del tratamiento, también referida como abertura de electrones. La abertura digitalizada también puede enviarse de manera electrónica a una máquina alesadora, que crea la abertura. En cualquier caso, el aplicador de electrones

320 puede estar fijado al acelerador lineal. Si existe la abertura en la clínica, que normalmente será el caso si es simple, como un cuadrado o un círculo, puede fijarse al aplicador para suministrar el tratamiento; de otro modo, el tratamiento se retrasará con frecuencia a una sesión de tratamiento posterior.

5 **[0047]** Además de digitalizar la abertura directamente desde las marcas dibujadas sobre la piel del paciente, la punta de la varilla u otra herramienta de digitalización también puede (o alternativamente) utilizarse para digitalizar estructuras de superficie anatómica (como una cicatriz y areola) directamente, mientras el paciente P se encuentra en la posición inicial. Como se muestra en la figura 4, la interfaz de usuario 400 puede en ese momento mostrar la  
10 información digitalizada en la vista desde el ojo del haz 405 de la varilla a medida que se mueve sobre el paciente, permitiendo al usuario determinar la posición de entrada del haz y/o el ángulo del haz directamente en la interfaz del usuario. La abertura también puede definirse entonces directamente en la pantalla.

**[0048]** Típicamente, se adquieren una o más imágenes del paciente P en la posición inicial. Por  
15 ejemplo, se pueden obtener un ultrasonido tridimensional, una imagen de cono de haz TC, un IRM, o múltiples proyecciones de imágenes bidimensionales de rayos x. La información anatómica, como la cavidad de la lumpectomía y la pared torácica, pueden segmentarse de estas imágenes manualmente o utilizando algoritmos convencionales. La proyección extraída de las superficies 410 puede entonces mostrarse a tiempo real en el visualizador 400 junto con  
20 la vista desde el ojo del haz definida por la varilla. Esto permite determinar el punto de entrada del haz y la dirección del haz, así como la forma de la abertura, basándose en las características anatómicas tanto externas como internas.

**[0049]** La figura 4 muestra un modo de realización en el que la abertura dibujada sobre la piel  
25 415 se digitaliza y se muestra como 420 en el visualizador 400 dentro de la vista desde el ojo del haz 405. El contorno de la cicatriz 425 también se digitaliza y se muestra como una proyección 430 junto con la vista desde el ojo del haz. La anatomía interna en cuestión 435 se segmenta y su proyección 410 se muestra en la vista desde el ojo del haz. Para tratamientos de mama, la areola 440 también puede estar digitalizada e incluida en la vista desde el ojo del haz. La punta de la varilla 445, se sitúa para corresponder con la vista desde el ojo del haz, y  
30 por lo tanto con el centro de la vista desde el ojo del haz 450. La orientación de la varilla y el alineamiento de haz correspondiente al ángulo real del gantry y la posición de la mesa se actualizan en el visualizador. Las posiciones de la mesa calculadas pueden actualizarse a medida que la varilla se mueve para indicar qué desplazamientos proporcionarán una alineación correcta del paciente para que el punto de entrada del haz digitalizado se encuentre  
35 a la distancia fuente-piel correcta.

**[0050]** La invención puede utilizarse para fracciones de tratamiento subsecuentes así como el  
tratamiento o simulación inicial. En este caso, la abertura ya se conoce de la primera sesión o simulación de tratamiento, pero los ajustes deben llevarse a cabo habitualmente en el ángulo y posición del haz para compensar los cambios diarios de la posición del paciente, y las  
40 deformaciones de la anatomía a tratar. En este caso, la abertura planificada puede

sobreimponerse (como se muestra en 420) en la proyección de la información anatómica interna y externa en la vista desde el ojo del haz a medida que la varilla se mueve sobre el paciente.

5 **[0051]** En algunos modos de realización relacionados con fracciones de tratamiento, podría ser más práctico evitar el ajuste de la mesa y los ángulos del gantry para cada fracción de tratamiento, y en su lugar reajustar el haz relativo a la anatomía del paciente únicamente mediante desplazamientos de la mesa. En este caso, el usuario puede emplear la varilla para definir el punto de entrada del haz relativo a la anatomía interna y/o externa, y la vista desde el ojo del haz a tiempo real se fija con los valores planificados de la mesa y del gantry. Si el

10 usuario no es capaz de determinar una posición adecuada basada únicamente en el punto de entrada del haz, también puede utilizarse la varita para determinar los ángulos de la mesa y del gantry diariamente. A este respecto, puede ser útil mostrar no sólo la anatomía interna y externa actual relativa a la varita, sino también la anatomía en el momento de la planificación.

15 **[0052]** En otros modos de realización relacionados con las fracciones del tratamiento, resulta más práctico calcular primero la cantidad de movimiento requerida para la alineación. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, comparando la ubicación del área meta contorneada en el momento del tratamiento con la ubicación de la misma área en el momento de la planificación para calcular un cambio meta virtual. La posición también puede calcularse con la información de la abertura del haz. Sin embargo, el punto de entrada del haz con la distancia fuente-piel necesaria también debería tenerse en cuenta. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo,

20 guiando al usuario para digitalizar el punto de entrada del haz que corresponde con el movimiento meta virtual sobre la piel del paciente. Como se muestra en la figura 5, este procedimiento de guía puede incluir la visualización a tiempo real de la posición de la punta 500 de la varilla en la vista desde el ojo del haz 505 relativa al eje central (por ejemplo, la intersección de los ejes x e y 510, 515). El usuario entonces mueve el puntero para que su

25 posición 500 corresponda con el eje central dentro de la tolerancia establecida. Con tal de asistir en la orientación al usuario, es útil mostrar un modelo esquemático de la orientación del paciente en la pantalla del visualizador 525. El cambio del paciente identificado en la pantalla 525 que toma en cuenta tanto la posición de la cavidad como el punto de entrada del haz,

30 puede convertirse en movimientos físicos de la mesa necesarios para alinear el paciente con el haz, y los movimientos se llevan a cabo de hecho (tanto automática como manualmente, o en algunos casos una combinación de ambos) con el paciente sobre la mesa.

35 **[0053]** Con referencia a la figura 6, un sistema para establecer los parámetros del haz de radiación para el tratamiento de un paciente incluye la herramienta de varilla 100 y el dispositivo de rastreo 215 descrito arriba, y un procesador 600. El procesador realiza los cálculos necesarios para caracterizar la trayectoria del haz preferida y el punto de entrada del haz basándose en los datos de rastreo recibidos desde el dispositivo de rastreo 215, a medida que sigue a la herramienta 100 sobre el paciente. El procesador puede implementar y ejecutar la funcionalidad arriba descrita utilizando instrucciones de programación informática,

40 componentes de hardware, o una combinación de ambos. En algunas implementaciones, los

parámetros generados por el procesador se transmiten al controlador 620, lo que provoca que el gantry y la mesa se muevan, alineando así de manera correcta el haz y el paciente de acuerdo con un ángulo de haz, un punto de entrada y una distancia fuente-piel preferidos.

5 **[0054]** Como se describe arriba, los datos de imagen relacionados con la localización y orientación de la herramienta 100 pueden aumentarse con datos de imágenes representativos de las características internas y/o externas del paciente. En tales casos, pueden utilizarse uno o más generadores de imágenes 630 (por ejemplo un IRM, un escáner TC, Rayos X, fotografía digital, etc.) para capturar las imágenes. Los datos de imagen pueden transferirse entonces y/o almacenarse en un registro 640 para un uso y exposición subsecuentes en uno o más  
10 dispositivos de visualización 650.

**[0055]** El algunos modos de realización, el procesador 600 y el registro 630 pueden implementar la funcionalidad de la presente invención en hardware o software, o una combinación de ambos con un ordenador de finalidad general u específica 600. Además, dicho programa puede reservar partes de la memoria de acceso electrónico del ordenador para  
15 proporcionar un control lógico que afecte a una o más herramientas de rastreo, manipulación de imagen, fusión de imagen, visualización, y control del gantry. En tal modo de realización, el programa puede estar escrito en cualquiera de los lenguajes de alto nivel, como FORTRAN, PASCAL, C, C++, C#, Java, Tcl, o BASIC. Además, el programa puede escribirse en script, macro, o una funcionalidad incorporada en el software comercializado disponible, por ejemplo  
20 EXCEL o VISUAL BASIC. Además, el software puede implementarse en un lenguaje ensamblador dirigido a un microprocesador residente en un ordenador. Por ejemplo, el software puede implementarse en un lenguaje ensamblador Intel 80x86 si se configura para utilizarse con un IBM, PC u otro PC compatible. El software puede estar integrado en un artículo de fabricación incluyendo, pero no limitándose a, "medios para leer programas en el ordenador"  
25 como un disquete, un disco duro, un disco óptico, una cinta magnética, un RPM, un EPROM, o un CD-ROM.

**[0056]** A pesar de que la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a los modos de realización específicos, debería entenderse por aquellos expertos en la técnica que pueden realizarse varios cambios en forma y detalle sin alejarse del ámbito de la invención  
30 como se define en las reivindicaciones adjuntas. El alcance de la invención está por lo tanto indicado en las reivindicaciones adjuntas y todos los cambios que entran dentro del significado y ámbito equivalentes a la reivindicaciones se consideran incluidos.

**Reivindicaciones**

1. Un método para establecer unos parámetros de haz de radiación para la administración de un tratamiento de radioterapia a un paciente utilizando un dispositivo de tratamiento de radioterapia, el método comprendiendo:
- 5 a. la orientación de una varilla (100/500) con respecto al paciente para establecer un punto de entrada de haz;
- b. la adquisición de parámetros de posición caracterizando la posición de la varilla con respecto a un sistema de coordenadas de la sala;
- c. la definición, en el sistema de coordenadas de la sala, de un ángulo de haz que
- 10 concuerda con el punto de entrada de haz establecido por la varilla (100/500), **caracterizado por:**
- d. la obtención de una o más imágenes de la anatomía interna (435) y/o externa (410) del paciente; y
- e. la representación visual de partes de la anatomía interna y/o externa del paciente dentro
- 15 del área del haz que corresponde con un ángulo de haz definido, en el que las representaciones visuales de la anatomía externa e interna del paciente comprende imágenes digitalizadas de una o más características anatómicas internas y/o externas del paciente de acuerdo con una vista desde el ojo del haz (405) de un dispositivo de tratamiento de radiación, en el que la vista desde el ojo del haz se orienta a lo largo del
- 20 ángulo de haz definido.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el posicionamiento de la varilla comprende una posición de una punta (105, 500) de la varilla.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el posicionamiento de la varilla comprende una orientación de la varilla.
- 25 4. El método de la reivindicación 1, en el que la orientación de la varilla también establece una trayectoria de haz o una rotación del colimador.
5. El método de la reivindicación 1, comprendiendo también el paso de convertir el ángulo de haz en parámetros de desplazamiento de la mesa (205) y del gantry.
6. El método de la reivindicación 5, comprendiendo también el desplazamiento de la mesa del
- 30 gantry de acuerdo con los parámetros.
7. El método de la reivindicación 6, en el que el desplazamiento de la mesa se rastrea y la comunicación que especifica la conformidad de los parámetros se le transmite al usuario.
8. El método de la reivindicación 1, en el que el ángulo de haz se establece relativo a la curvatura del paciente.
- 35 9. El método de la reivindicación 1, en el que la representación visual comprende puntos de imagen en un plano definido de acuerdo con el ángulo de haz.
10. El método de la reivindicación 9, en el que el plano se define por la vista desde el ojo del haz.
11. El método de la reivindicación 9, en el que el plano es perpendicular a la vista desde el ojo

del haz.

**12.** El método de la reivindicación 1, también comprendiendo la visualización de la información del haz, la información del haz comprendiendo al menos una abertura de haz, información de la dosis, o la profundidad del haz de electrones.

5 **13.** El método de la reivindicación 1, en el que la orientación de varilla define una distancia fuente-piel (SDD) actual, comprendiendo también la definición de una distancia fuente-piel deseada y calculando los parámetros de desplazamiento de la mesa y del gantry para cambiar la distancia fuente-piel actual a la distancia fuente-piel deseada.

10 **14.** Un sistema para establecer parámetros de haz de radiación para el tratamiento de un paciente (P), el sistema comprendiendo:

a. una herramienta (100); y

b. dispositivo de rastreo de herramienta (215) adaptado para detectar la orientación de la herramienta con respecto al paciente (P) para establecer al menos el punto de entrada del haz; c) un procesador (600) adaptado para caracterizar un punto de entrada de haz con respecto a un sistema de coordenadas de la sala y definir un ángulo de haz que concuerda con el punto de entrada del haz establecido por el dispositivo de rastreo de herramienta (215); **caracterizado por**

d. un registro (640) para almacenar una o más imágenes de la anatomía interna y/o externa del paciente; y porque

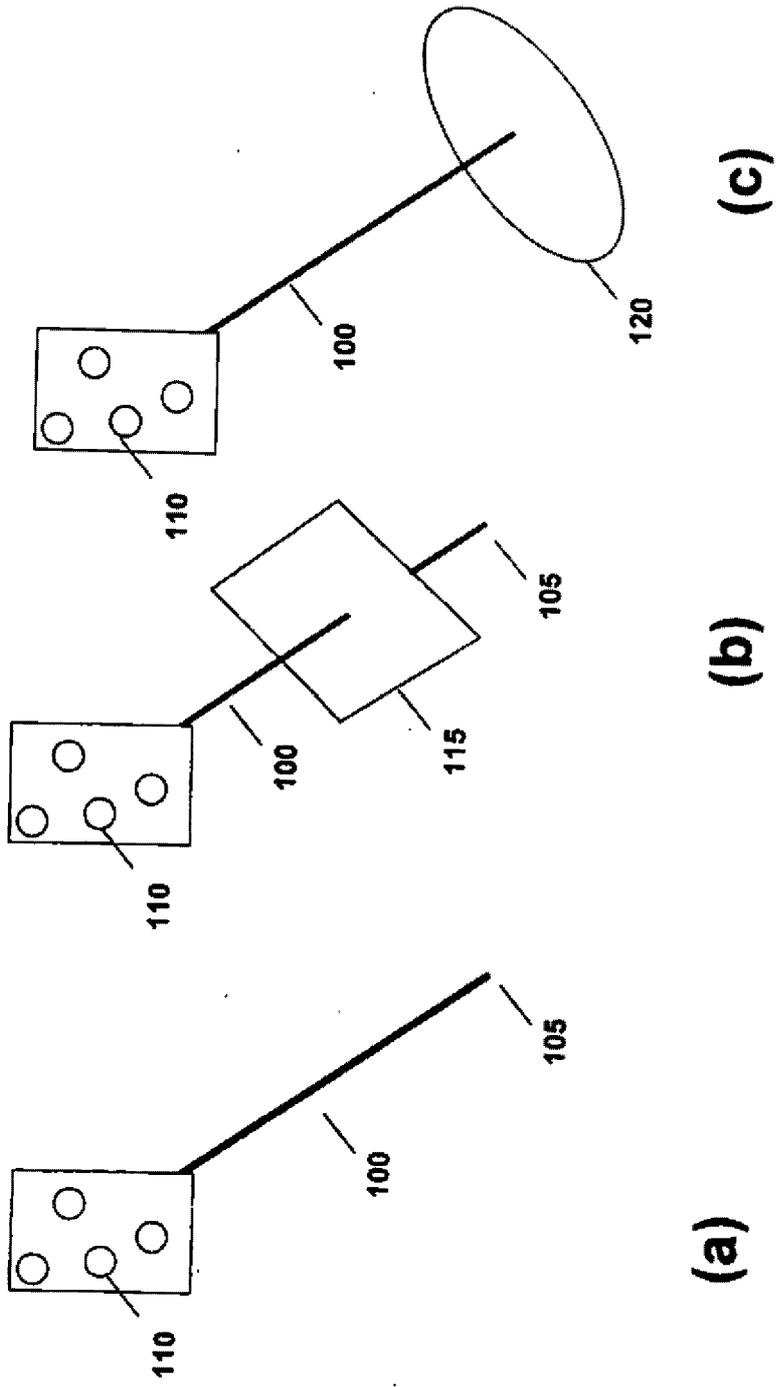
15 e. el procesador (600) también se adapta para crear una representación visual de partes de la anatomía interna y/o externa del paciente dentro de un área de haz que corresponde con un ángulo de haz definido, en el que las representaciones visuales de la anatomía interna y/o externa del paciente comprende imágenes digitalizadas de una o más características anatómicas internas y/o externas del paciente de acuerdo con la vista desde el ojo del haz (405) del dispositivo de tratamiento de radiación, en el que la vista desde el ojo del haz se orienta a lo largo del ángulo de haz definido.

**15.** El sistema de la reivindicación 14, comprendiendo también un dispositivo visualizador (650) para mostrar una o más características anatómicas internas y externas del paciente dentro de la vista desde el ojo del haz del dispositivo de tratamiento de radiación.

20 **16.** El sistema de la reivindicación 14 comprendiendo también un dispositivo de control (620) para determinar los parámetros de desplazamiento de la mesa y del gantry, y dirigir el desplazamiento de al menos el gantry o la mesa para que el haz de radiación pueda dirigirse al paciente a lo largo del ángulo de haz definido.

25 **17.** El sistema de la reivindicación 16, en el que el procesador establece el punto de entrada del haz con una distancia fuente-piel deseada (SSD).

30 **18.** El sistema de la reivindicación 17, en el que la herramienta de orientación define una distancia actual fuente-piel, el dispositivo de control (620) calcula los parámetros de desplazamiento de la mesa y del gantry para cambiar la distancia fuente-piel actual a la distancia fuente-piel deseada.



**FIG. 1**

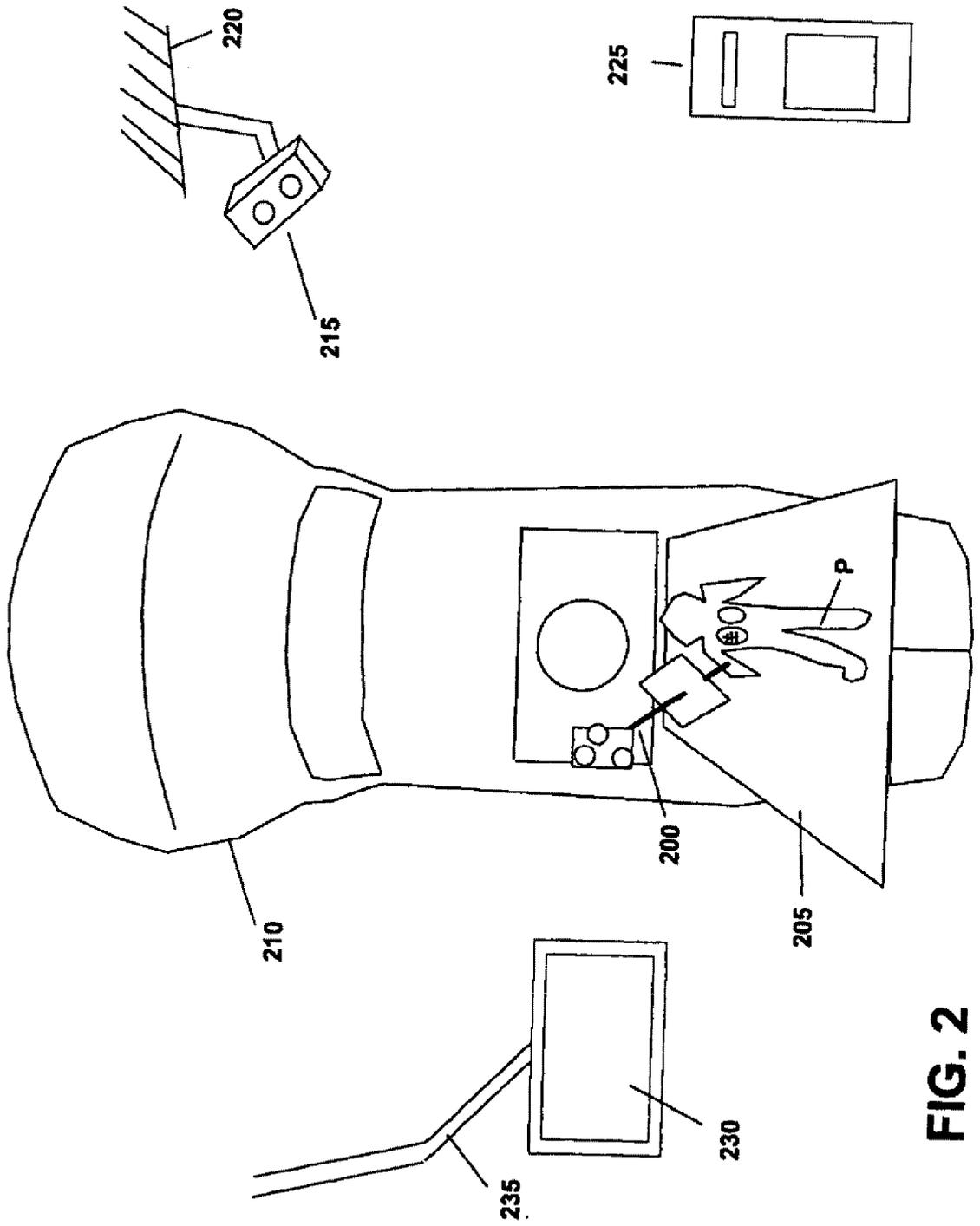
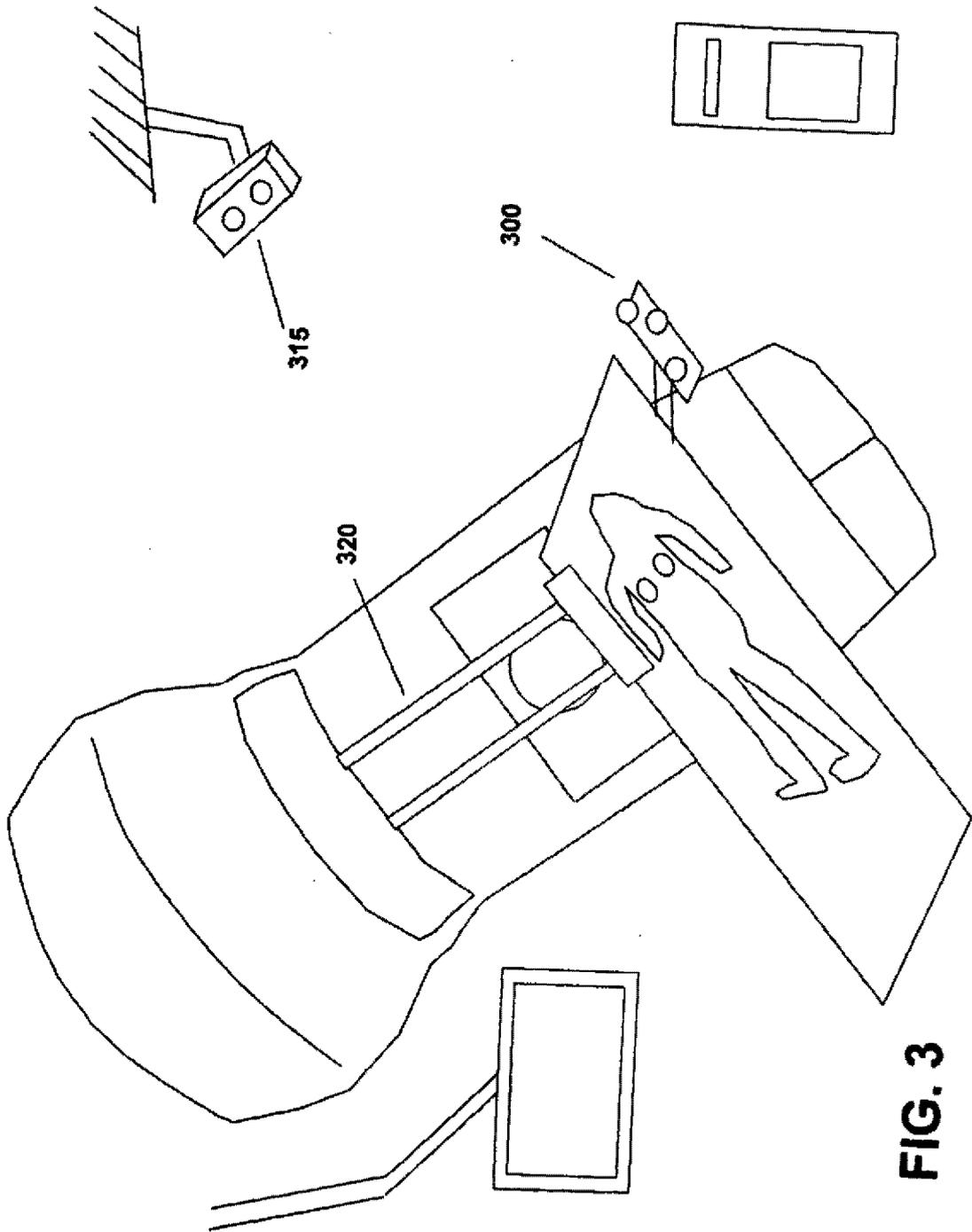
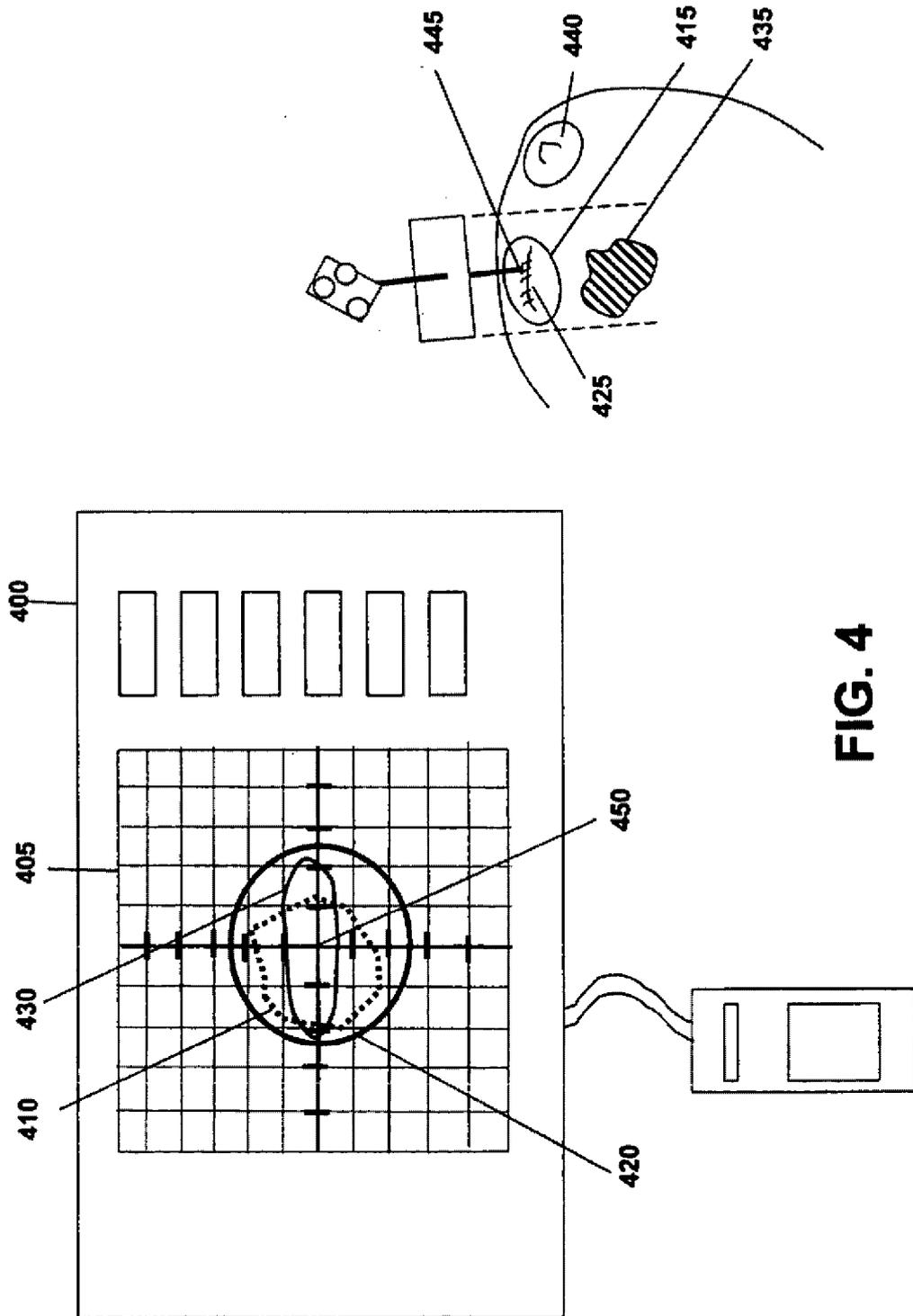
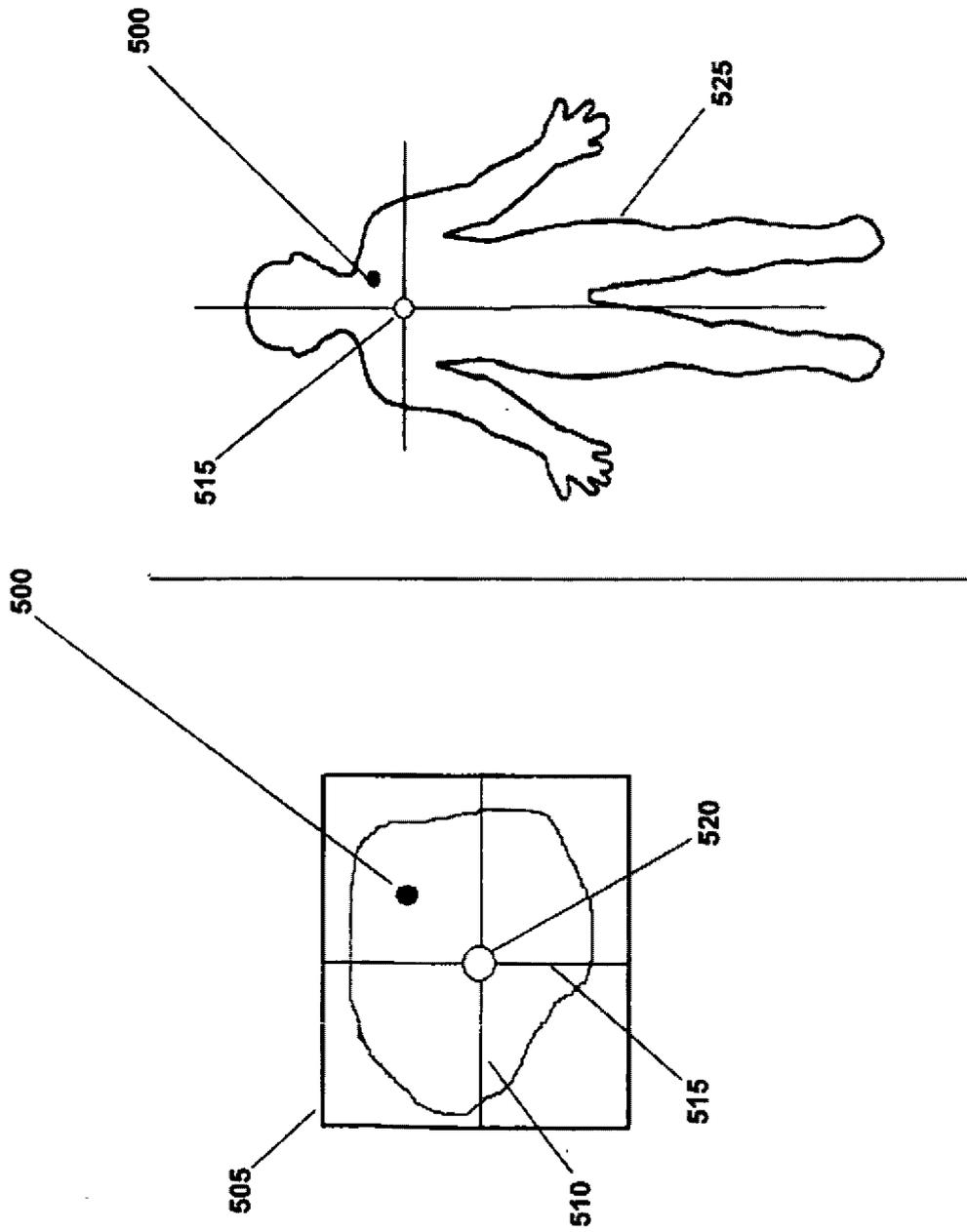


FIG. 2

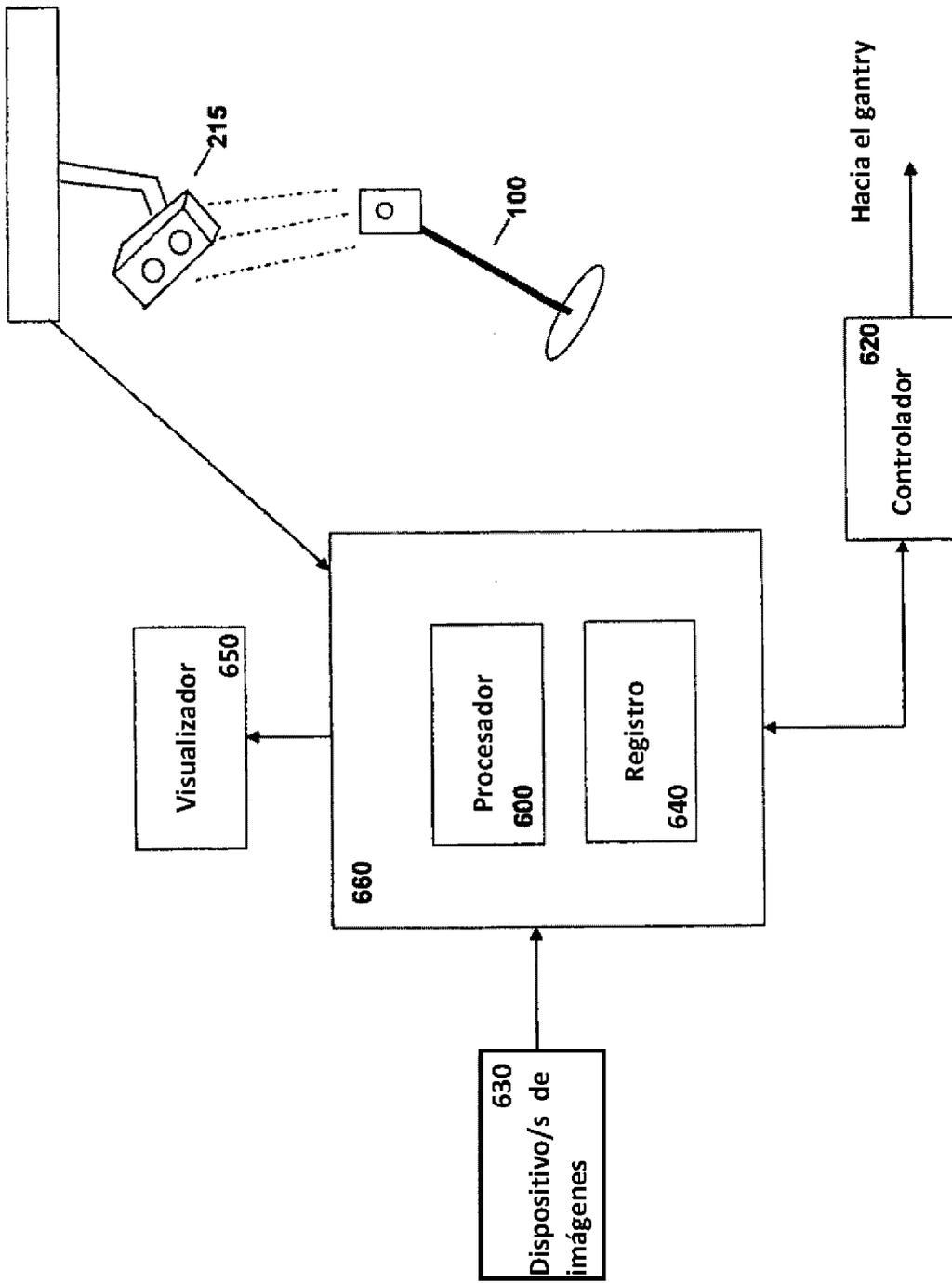


**FIG. 3**





**FIG. 5**



**FIG. 6**