

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 157**

51 Int. Cl.:

A61N 5/10 (2006.01)

A61B 6/08 (2006.01)

A61B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2009 E 09011262 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2292300**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la representación de una figura geométrica sobre la superficie del cuerpo de un paciente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.09.2013

73 Titular/es:

**LAP GMBH LASER APPLIKATIONEN (100.0%)
Zeppelinstrasse 23
D-21337 Lüneburg, DE**

72 Inventor/es:

**KINDLEIN, JOHANN y
THURN, TIM**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 422 157 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

Dispositivo y procedimiento para la representación de una figura geométrica sobre la superficie del cuerpo de un paciente.

La invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para la representación de una figura geométrica sobre la superficie de un cuerpo de un paciente que se encuentra sobre un soporte, y aplica al campo de la terapia de radiación con radiación ionizante para el tratamiento de cáncer. Para ello se orientan habitualmente varios rayos desde diferentes direcciones sobre el cuerpo a tratar, de tal forma que se cortan en un isocentro. Ahí actúa la dosis de radiación sumada de los diferentes rayos ionizantes orientados sobre el isocentro. De este modo se minimizan los daños sobre el tejido adyacente.

10 Como primera fase de una terapia de radiación se elabora habitualmente en el marco de una planificación de radiación una toma de tomografía computerizada (TC) del paciente apoyado y fijado sobre un soporte, como una mesa de tratamiento. A partir de esta toma se elabora un modelo 3D del paciente y se localiza el tumor a tratar y se elabora un plan de radiación. Este comprende el contorneado del volumen final, así como el cálculo de la dosis de radiación y con esto particularmente la determinación del número y posición de los campos de radiación del equipo
15 de radiación, de tal forma que se radie el tumor tal y como se desea.

Después de la toma del paciente, el paciente ya no se encuentra sobre el soporte. Además, en el marco de una terapia de radiación que se realiza a continuación, tienen lugar una pluralidad de sesiones de radiación (habitualmente hasta de 30 fracciones). Por ello, es necesaria una transferencia repetida sobre el paciente real de los campos de radiación calculados sobre la base del modelo 3D elaborado del paciente. Esta fase también se
20 denomina "simulación". Particularmente es necesario situar al paciente sobre la mesa de tratamiento para la radiación de forma reproducible, tal y como estuvo situado para la elaboración de la toma TC.

Para ello se conoce un posicionamiento del paciente mediante toma 3D por rayos X ("Cone Beam"), en donde, por ejemplo, huesos del paciente constituyen los puntos de referencia para la orientación del paciente. La ventaja de este procedimiento es una elevada precisión. Además, no es necesario realizar ninguna marca de referencia o
25 similar sobre la piel del paciente. El inconveniente de este procedimiento es una elevada dosis de radiación de rayos X para el paciente, puesto que es necesario el posicionamiento por rayos X antes de cada fracción de tratamiento. En el marco de una terapia de radiación, esto también se puede producir habitualmente hasta 30 veces. Esta dosis de radiación aplicada sobre el cuerpo en un gran volumen puede inducir a largo plazo un nuevo cáncer, particularmente en pacientes más jóvenes.

30 De acuerdo con un procedimiento alternativo conocido, el paciente se puede posicionar sobre el soporte en base a tres puntos de referencia sobre su piel, formados mediante, por ejemplo, unos retroreflectores correspondientes. Un procedimiento de este tipo se conoce, por ejemplo, del documento DE4418216A1. Tras la realización de la planificación de radiación, se calculan los puntos de corte de los campos de radiación con la superficie de la piel, que son necesarios para la radiación deseada. Los puntos de corte se presentan de este modo en forma de una
35 tabla de coordenadas 3D. Después del nuevo posicionamiento del paciente a partir de las tres marcas de referencia, se pueden representar consecutivamente las coordenadas a partir de la tabla con un sistema láser sobre la superficie corporal del paciente. Un operario puede controlar el recorrido de las coordenadas mediante, por ejemplo, un sistema de infrarrojos teledirigido. Cada uno de los puntos representados por el láser se dibujan manualmente, por ejemplo, con un lápiz, sobre la piel del paciente. Mediante la unión de los puntos se obtiene el campo de corte
40 deseado para la radiación.

Un procedimiento de este tipo se conoce, por ejemplo, del documento DE4421315A1 o del documento DE19524951A1. El dispositivo láser empleado para ello está formado particularmente por cinco láseres móviles mediante un motor, en donde dos láseres ajustables en altura definen una línea horizontal sobre el paciente a lo largo de la mesa de tratamiento, respectivamente a la derecha e izquierda de la mesa de tratamiento. Los otros tres
45 láseres restantes están montados en una placa, que se encuentra situada por encima de la mesa de tratamiento, por ejemplo en una mesa de TC. Para ello un láser se puede desplazar perpendicularmente con respecto a la dirección longitudinal de la mesa y define una línea a lo largo del eje longitudinal de la mesa sobre el paciente. Los dos láseres restantes en la placa están acoplados entre sí y definen una línea común perpendicular al eje longitudinal de la mesa sobre el paciente. Mediante el acoplamiento de dos láseres se pueden representar también aquellas
50 coordenadas sobre la piel del paciente que de lo contrario quedarían a la sombra debajo del diámetro transversal del paciente. Mediante el sistema descrito es posible recorrer prácticamente cualquier coordenada sobre la piel del paciente, en donde cada una de las coordenadas se indica mediante una cruz de dos líneas de láser. La solicitante ofrece un sistema láser de este tipo bajo la denominación "Dorado CT4".

El procedimiento descrito es en todo caso proporcionalmente costoso en tiempo y con ello caro, puesto que el
55 tiempo de uso en la sala de TC es muy caro. Además de ello, el dibujo manual de los puntos no es siempre lo suficientemente preciso, particularmente en función de la adiposidad del paciente. Particularmente las marcas sobre la piel se pueden desplazar. Por ello, en la práctica, sólo se realizan parcialmente marcas de los campos de corte sobre la piel. Correspondientemente, la correcta radiación del paciente no está siempre garantizada con suficiente precisión.

Además de ello existe un problema, consistente en que la posición del paciente entre la planificación de la radiación y particularmente una toma del cuerpo del paciente que se realiza durante la misma por un lado, y una sesión de radiación posterior por otro lado, no son necesariamente siempre idénticas, a pesar de la utilización de las mismas ayudas de apoyo sobre la mesa de tratamiento. Los procedimientos anteriormente descritos para el posicionamiento reproducible del paciente son, por ello, comparativamente costosos y no siempre logran en la práctica la precisión requerida.

La simulación no sólo es la transferencia del plan de radiación sobre el paciente, sino también un elemento importante en el marco del aseguramiento de la calidad. Por última vez antes de la terapia se comprueba la plausibilidad del plan de radiación y se determina si es posible ajustar los campos de radiación de forma reproducible sobre el volumen objetivo de planificación deseado.

Partiendo del estado de la técnica descrito, la invención tiene el objeto de preparar un dispositivo y un procedimiento del tipo mencionado en la introducción, mediante los cuales sea posible de forma fiable un posicionamiento preciso reproducible del paciente.

Este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante los objetos de las reivindicaciones independientes 1 y 9. En las reivindicaciones dependientes así como en la descripción y en las figuras se encuentran conformaciones ventajosas.

La invención resuelve el objetivo por un lado mediante un dispositivo para la representación de una figura geométrica sobre la superficie de un cuerpo de un paciente situado sobre un soporte, que comprende:

- al menos un dispositivo de proyección mediante el cual se puede proyectar una figura geométrica predeterminada sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente,

- al menos un dispositivo de mando y al menos un dispositivo de sensores ópticos, mediante el cual se puede registrar la figura geométrica proyectada sobre la superficie del cuerpo del paciente y se pueden proporcionar los datos registrados al dispositivo de mando, en donde el dispositivo de mando está conformado para determinar las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente a partir de los datos recogidos por el dispositivo de sensores,

- y en donde el dispositivo de mando está conformado para comparar las coordenadas tridimensionales obtenidas a partir de la figura geométrica proyectada sobre el paciente con unas coordenadas tridimensionales nominales.

Por otro lado, la invención resuelve el objetivo mediante un procedimiento para la representación de una figura geométrica sobre la superficie de un cuerpo de un paciente situado sobre un soporte, que comprende las siguientes fases:

- mediante un dispositivo de proyección se proyecta una figura geométrica predeterminada sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente,

- mediante un dispositivo de sensores ópticos se registra la figura geométrica proyectada sobre la superficie del cuerpo del paciente y los datos registrados se suministran a un dispositivo de mando, en donde el dispositivo de mando determina las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente a partir de los datos registrados por el dispositivo de sensores,

- el dispositivo de mando compara las coordenadas tridimensionales determinadas a partir de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente con unas coordenadas nominales.

La forma geométrica predeterminada puede estar para ello elegida de tal forma que la región corporal prevista sea radiada por la radiación de la forma deseada y calculada en el marco de la planificación de radiación. La figura geométrica puede ser por lo tanto un campo de corte nominal de un campo de radiación generado por un equipo de radiación con la superficie corporal del paciente. La figura depende de este modo de la forma de un colimador multiláminas de un equipo de radiación, por ejemplo, un acelerador lineal y/o la posición del isocentro de un tumor a tratar. También se pueden representar otras formas geométricas, en tanto se empleen varios rayos para la radiación que se deban de cortar en un isocentro localizado en el cuerpo del paciente.

De acuerdo con la invención se predefine una figura geométrica determinada, que se proyecta a continuación mediante el dispositivo de proyección sobre la superficie del paciente. La forma geométrica predeterminada puede ser, por ejemplo, un círculo, un rectángulo, una cruz o similar. El dispositivo de sensores recoge la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo real del paciente. El dispositivo de sensores puede disponer para ello de una o varias cámaras, por ejemplo cámaras CCD o CMOS. Mediante el uso de varias cámaras se pueden determinar las coordenadas tridimensionales con mayor seguridad, al registrar la figura geométrica desde diferentes ángulos visuales. Los datos de medición del dispositivo de sensores se suministran al dispositivo de mando y éste determina a partir de ellos de una forma por sí misma conocida las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica sobre el cuerpo del paciente. El dispositivo de mando compara las coordenadas tridimensionales determinadas de esta forma con las coordenadas nominales de la figura geométrica proporcionadas con anterioridad. Estas coordenadas

- nominales son aquellas coordenadas de la figura geométrica sobre la superficie del cuerpo del paciente situado sobre el soporte que se obtendrían si el paciente se hubiera posicionado sobre el soporte en una posición de referencia fijada con anterioridad y el dispositivo de proyección proyectase la figura geométrica de la misma forma que en la proyección sobre el cuerpo real del paciente sobre el cuerpo del paciente que se encuentra situado en la posición de referencia. La posición de referencia es aquella posición que debe adoptar el cuerpo para la radiación. Si las coordenadas determinadas difieren de las coordenadas nominales, el cuerpo del paciente no se encuentra por lo tanto en la posición correcta. Tal y como se ha descrito, el paciente se posiciona sobre el soporte mediante unos dispositivos de posicionamiento adecuados o ayudas para el posicionamiento, que pueden ser, por ejemplo, una mesa de tratamiento. Sin embargo, tal y como también se ha descrito anteriormente, a pesar del uso de las mismas ayudas para el posicionamiento no se puede garantizar que el paciente adopte siempre la misma posición. Esto se puede tener en cuenta o corregir en base a la comparación de acuerdo con la invención de las coordenadas de una forma que se describirá más adelante con mayor detalle. De acuerdo con la invención se establece por lo tanto una relación directa entre el paciente virtual en el ordenador, por ejemplo, sobre la base de una imagen TC, y el paciente real.
- 15 El dispositivo de acuerdo con la invención puede estar dispuesto en la sala de radiación con el equipo de radiación, por ejemplo un acelerador lineal ("LINAC"), en la sala de TC con un equipo de TC o en una sala aparte. Correspondientemente puede estar previsto junto al dispositivo también un equipo de radiación o uno de TC. Particularmente se pueden elaborar las coordenadas nominales de la figura geométrica proporcionadas por el dispositivo de mando de una forma que se describe más detalladamente más adelante sobre la base de una toma TC del paciente. Además de ello, el dispositivo puede presentar un sistema de ordenador con una representación gráfica de imágenes y software (algoritmos) para la simulación virtual de una radiación de un paciente sobre la base de imágenes TC con interfaces para la transmisión de datos de imágenes, datos de radiación, contornos de campo de radiación, etc. Este sistema de ordenador puede ser una parte del dispositivo de mando. Los diferentes dispositivos del dispositivo se pueden conectar a través de una red local. El intercambio de los datos se puede realizar de una forma especialmente sencilla a través del estándar de imágenes digitales y comunicaciones en medicina (DICOM y DICOM RT). De este modo, el sistema puede adjudicar diferentes funcionalidades y permisos en diferentes salas. Todos los archivos de datos se pueden almacenar en un servidor de ficheros para el control de calidad.

- También es posible un marcado del paciente con un lápiz o similar a lo largo de la figura geométrica proyectada sobre la superficie corporal, si bien no es necesariamente requerido. Tal y como se ha indicado, la figura geométrica puede ser un campo de corte nominal de un campo de radiación generado por un equipo de radiación con la superficie corporal del paciente. Sobre la base de la proyección, el campo de corte nominal representado se puede marcar sobre la piel de una forma especialmente sencilla, por ejemplo mediante un lápiz o similar. El dispositivo no tiene que estar en este caso necesariamente dispuesto en la sala de radiación. En su lugar, la simulación se puede realizar en una sala independiente, cuyo uso es más económico que el de la sala de radiación o TC. Además de ello, la sala de radiación o TC no se tiene que reequipar con el montaje del dispositivo de acuerdo con la invención. Después del marcado del paciente se puede orientar en la sala de radiación con el equipo de radiación en el campo de tratamiento un campo luminoso de simulación sobre el paciente, y orientar al paciente de tal forma que el marcado y el campo luminoso coincidan entre sí. Esto puede ocurrir de forma manual o automática, tal y como se explicará detalladamente más adelante.

- De una forma particularmente conforme a la práctica puede estar previsto que el dispositivo de proyección presente al menos una fuente de luz, particularmente al menos un láser, en donde la figura geométrica se puede proyectar sobre la superficie del cuerpo del paciente, al poder guiar al menos un haz de luz generado por la fuente de luz, particularmente al menos un rayo láser generado por el láser, de forma suficientemente rápida a lo largo de las coordenadas, de tal forma que se genera la impresión de un contorno cerrado a lo largo de las coordenadas. Mediante un proyector láser a modo de sistema óptico se recorren por lo tanto los puntos de forma consecutiva de la forma geométrica. Para ello el rayo láser recorre los puntos con tal rapidez, que para un observador humano y también para una cámara aparece un contorno completo a lo largo de la figura sobre la piel. Para ello no es necesario ningún recorrido manual que requiera mucho tiempo de coordenadas de una tabla de la planificación de la radiación. No es necesario el uso de radiación de rayos X nociva para la salud. Además, de este modo, por ejemplo en una disposición del dispositivo en la sala de radiación con un equipo de radiación, no es necesario un marcado manual de la figura geométrica que representa un campo de corte nominal del equipo de radiación sobre la piel del paciente. Más bien durante la proyección se puede de una forma sencilla hacer coincidir un campo de cruce luminoso generado por el equipo de radiación y la radiación generada por el equipo para la radiación con el campo de corte nominal proyectado. La proyección se puede realizar de una forma especialmente sencilla cuando el dispositivo de proyección presenta al menos dos espejos giratorios, mediante los cuales se refleja un rayo láser sobre la superficie del cuerpo del paciente y se puede conducir a lo largo del contorno de la figura geométrica. Los espejos pueden ser, por ejemplo, espejos galvanométricos accionados eléctricamente. Con esta conformación se logra una precisión especialmente elevada en la proyección.

- 60 Para que el sistema tenga capacidad de funcionamiento es necesario llevar a cabo una calibración del dispositivo de proyección, poniendo a disposición unas coordenadas de calibración que se controlan a través del dispositivo de mando, determinando de este modo los parámetros de calibración. Se tienen que controlar al menos seis puntos.

Uno de los puntos de calibración que se utilizan para la calibración se encuentra situado para ello en el isocentro de una instalación TC o de un acelerador lineal.

- Las coordenadas nominales se pueden determinar o haberse determinado previamente de acuerdo con otra conformación diferente en el marco de una planificación de radiación o simulación virtual, en la que se genera una representación virtual de al menos la superficie del cuerpo del paciente. Como coordenadas nominales se predeterminan en este caso aquellas coordenadas de la figura geométrica que se obtendrían en el caso de que el dispositivo de proyección proyectase la figura geométrica sobre el cuerpo virtual del paciente. En el marco de la planificación de la radiación se puede generar por ejemplo una toma por TC del paciente. A partir de ello se puede generar un cuerpo virtual del paciente y particularmente una superficie virtual del cuerpo del paciente. Las coordenadas tridimensionales del cuerpo virtual son conocidas, puesto que la disposición del dispositivo de registro, por ejemplo un dispositivo de TC, es conocida en el sistema de coordenadas correspondiente. La posición del cuerpo en la planificación de radiación sirve entonces como posición de referencia para la radiación posterior para el tratamiento del cáncer. El dispositivo de proyección está dispuesto u orientado de forma definida, por ejemplo calibrado sobre el isocentro de un equipo de radiación. También es conocida la posición relativa del dispositivo de proyección con respecto al soporte. La disposición u orientación del dispositivo de proyección definida de forma fija durante la proyección de la figura geométrica sobre el cuerpo real del paciente también se utiliza como base para la planificación de radiación anterior. Particularmente, para la proyección virtual de la figura sobre el cuerpo del paciente se adopta la misma disposición del dispositivo de proyección que se encontrará presente en la proyección real posterior sobre el cuerpo del paciente.
- 20 Se determinan ahora al menos las coordenadas 3D de la figura geométrica que se obtendría cuando el dispositivo de proyección dispuesto u orientado de forma definida proyectase la figura sobre el cuerpo virtual. Naturalmente, la figura geométrica también se puede representar virtualmente sobre el cuerpo virtual. El paciente se posiciona concretamente durante la toma del cuerpo virtual con las mismas ayudas de apoyo sobre la mesa de tratamiento que en la radiación posterior. A pesar de ello, se producen necesariamente desviaciones en la posición (eventualmente también debidas a variaciones corporales tales como aumento o pérdida de peso). Por ello, cuando el dispositivo de proyección proyecta la figura geométrica sobre el cuerpo real se obtiene una deformación de la figura y por lo tanto una desviación de las coordenadas de esta figura con respecto a aquellas de la figura virtual sobre el cuerpo virtual del paciente. Esta desviación se determina de acuerdo con la invención y se puede tener en cuenta, y, en particular, corregirse.
- 30 Es posible proyectar la forma geométrica en el paciente virtual sobre el isocentro de un tumor (virtual). Para ello se puede determinar la orientación necesaria del dispositivo real de proyección y ajustarse correspondientemente durante la proyección real posterior. La forma geométrica virtual permanece de este modo sin deformación, por ejemplo, un círculo es también un círculo sobre la superficie del cuerpo virtual. A continuación se puede desplazar el paciente virtual con el isocentro del tumor virtual hacia el isocentro de un equipo de radiación utilizado en una terapia que se realice a continuación. Con ello se deforma la figura geométrica. Un círculo se convierte, por ejemplo, en una elipse o similar. Las coordenadas de esta figura deformada se pueden utilizar de este modo como coordenadas nominales, de tal forma que también se desplaza el paciente real con el isocentro del tumor hacia el isocentro del equipo de radiación. De acuerdo con la invención se asegura que a una radiación se le presenta la misma posición del paciente que estuvo presente durante la planificación de radiación y particularmente durante la toma del cuerpo virtual del paciente. De este modo se logra una radiación correcta.

- A partir de la comparación de las coordenadas determinadas con las coordenadas nominales, el dispositivo de mando puede calcular un vector de desplazamiento para el soporte, para hacer coincidir las coordenadas determinadas con las coordenadas nominales. El soporte se puede seguir desplazando mediante unos accionamientos de ajuste adecuados a lo largo de uno o varios grados de libertad. El soporte se puede desplazar particularmente a lo largo de al menos tres grados de libertad, que pueden ser, por ejemplo, tres ejes orientados ortogonalmente entre sí. En cualquier caso también puede ser posible una capacidad de ajuste a lo largo de más de tres grados de libertad, por ejemplo según seis grados de libertad, de tal forma que es posible, por ejemplo, una rotación de la mesa. De este modo, el dispositivo de mando puede controlar los accionamientos de ajuste de tal forma que el soporte se desplace de acuerdo con el vector de desplazamiento calculado, por lo tanto el paciente que se encuentra sobre el soporte se desplaza a la posición de referencia predeterminada. El dispositivo de mando dispone de un algoritmo de evaluación correspondiente para llevar a solapar las coordenadas 3D correspondientes mediante un desplazamiento del soporte ("Matching"). Los parámetros para el ajuste del soporte se pueden transmitir a los accionamientos de ajuste de forma automática o mediante introducción por parte de un operario.

- El dispositivo puede presentar un software de visualización, mediante el cual se pueden representar las coordenadas de la figura geométrica predeterminada y la figura obtenida a partir de ello, así como las coordenadas nominales y la figura nominal obtenida a partir de ello. Preferentemente se pueden representar en diferentes vistas. El dispositivo de mando, si bien preferentemente un usuario del dispositivo, puede, de una forma especialmente sencilla y confortable sobre la base de la representación de las coordenadas de la figura geométrica predeterminada y de la figura obtenida a partir de ello así como de las coordenadas nominales y de la figura nominal obtenida a partir de ello, hacer coincidir ambas figuras en la representación mediante el software de visualización y mediante un desplazamiento preferentemente iterativo del soporte.

De acuerdo con otra conformación, el dispositivo de sensores puede elaborar varias veces por segundo una toma de la figura geométrica y suministrar los datos recogidos al dispositivo de mando. El dispositivo de mando puede a continuación también varias veces por segundo determinar a partir de los datos recogidos las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente y, compararlas con las coordenadas nominales. Particularmente, los datos recogidos por el dispositivo de sensores se pueden transmitir en tiempo real o prácticamente en tiempo real al dispositivo de mando, y ser evaluados por éste de nuevo en tiempo real o prácticamente en tiempo real. Mediante esta conformación es posible un control del movimiento del paciente en alta resolución, en función del número de mediciones y evaluaciones por segundo. Particularmente se puede realizar, por ejemplo, mediante una proyección de la figura geométrica sobre la caja torácica del paciente, un control del ciclo de respiración. La toma y evaluación de la figura geométrica se puede realizar por ejemplo más de 10 veces, preferentemente más de 20 veces por segundo. Correspondientemente, se puede realizar un nuevo posicionamiento con alta resolución (en tiempo real o prácticamente en tiempo real) del paciente en función de su movimiento, por ejemplo, un movimiento de su caja torácica, al calcular el dispositivo de mando varias veces por segundo el vector de desplazamiento y controlar los accionamientos de ajuste del soporte de tal forma que el soporte se desplace de acuerdo con el vector de desplazamiento calculado.

El dispositivo puede presentar asimismo un equipo de radiación para la generación de radiación ionizante para la terapia de radiación. Mediante el equipo de radiación se puede generar una radiación luminosa que se corresponda con la radiación generada por el equipo de radiación. El equipo de radiación sirve para el tratamiento de tumores y puede ser, por ejemplo, un acelerador lineal. De este modo es posible que el dispositivo de mando mande al equipo de radiación varias veces por segundo, cada vez para la generación de la radiación ionizante, cuando la comparación entre las coordenadas calculadas y las coordenadas nominales tome un valor nominal. Se puede realizar entonces en esta conformación un denominado "Gating" del equipo de radiación, activando éste sólo cuando la comparación dé el valor nominal o se acerque a éste al menos lo suficiente. Naturalmente se pueden predeterminar valores límite superior e inferior alrededor de un valor determinado, de tal forma que se encuentre presente un intervalo de valor nominal. Cuando el valor comparado se encuentre en este intervalo de valor nominal, se activa el equipo de radiación, y se desactiva en caso contrario. De este modo se puede, por ejemplo, sólo radiar cuando la caja torácica y con ello, por ejemplo, un tumor que se encuentre en la zona del tórax, se encuentre en una posición determinada del ciclo de respiración. De este modo se realiza un mando prácticamente en tiempo real o en tiempo real del equipo de radiación en función del movimiento del paciente.

De acuerdo con la invención pueden estar previstos varios dispositivos de proyección láser, por ejemplo dos, para poder representar la figura geométrica en todas las posiciones del cuerpo del paciente. De este modo pueden estar previstos, por ejemplo, respectivamente, al menos un proyector a izquierda y derecha del soporte que recoge al paciente dispuesto por encima del soporte. Sin embargo, también es posible que el dispositivo de proyección esté dispuesto de forma móvil a lo largo de un raíl sustancialmente circular alrededor de un soporte que recoge al paciente. Particularmente entonces es suficiente un proyector láser que se puede desplazar sobre un raíl circular por encima y/o por debajo del soporte, de tal forma que alcance todas las regiones corporales de un paciente y pueda representar la figura sobre el mismo. Las posiciones correspondientes de detención del proyector sobre el raíl necesarias para la representación de una figura pueden ser determinadas por el dispositivo de mando o por el programa virtual de simulación correspondientemente empleado, y mandar un dispositivo de accionamiento para el desplazamiento correspondiente del dispositivo de proyección.

El dispositivo de acuerdo con la invención puede ser especialmente adecuado para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención. Correspondientemente, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede realizar con el dispositivo de acuerdo con la invención.

A continuación se describe más detalladamente un ejemplo de realización de la invención en base a un dibujo. Muestran esquemáticamente:

la fig. 1 un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con una primera conformación,

la fig. 2 un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con una segunda conformación,

la fig. 3 un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con una tercera conformación, y

la fig. 4 una representación esquemática para la representación del modo de funcionamiento del dispositivo de acuerdo con la invención.

En tanto no se indique lo contrario, los mismos símbolos de referencia identifican a los mismos objetos en las diferentes figuras. En la fig. 1 se encuentra representado un dispositivo 1 de acuerdo con la invención para la representación de una figura geométrica sobre la superficie de un cuerpo de un paciente. El dispositivo presenta un soporte 2 apoyado de forma desplazable a lo largo de al menos tres ejes mediante unos accionamientos de ajuste no representados más detalladamente, en el ejemplo una mesa de TC 2. Sobre la mesa de TC 2 está representado de forma muy esquemática un cuerpo 3, por ejemplo un cuerpo de un paciente 3. El dispositivo 1 comprende además un equipo de tomografía computerizada 4 dispuesto en una carcasa. En este equipo de TC 4 se pueden elaborar de forma por sí misma conocida tomas TC y en base a ellas una imagen tridimensional de sección de un

paciente. A continuación se realiza en el marco de una planificación de radiación una determinación del volumen final para la radiación con la radiación ionizante. En un dispositivo de mando 5 se calculan en base al volumen final elaborado a partir de la imagen de sección tridimensional del paciente, por ejemplo, las coordenadas de un campo de corte nominal correspondiente de un campo de terapia previsto para la terapia de radiación sobre la superficie del cuerpo del paciente 3.

El dispositivo representado en la fig. 1 comprende dos dispositivos de proyección 6, cada uno de los cuales presenta un láser. Los dispositivos de proyección 6 están dispuestos para ello de forma fija en la sala que acoge al dispositivo y previstos para ello en un ángulo tal con respecto al cuerpo del paciente, que el láser de los dispositivos de proyección 6 puede alcanzar conjuntamente todas las regiones del cuerpo del paciente 3. Desde al menos uno de los dispositivos de proyección 6 se proyecta una figura geométrica predeterminada sobre la superficie del cuerpo del paciente 3, al conducir un rayo láser 9 generado por el láser lo suficientemente rápido a lo largo de la figura geométrica de tal forma que para un observador humano se genera la impresión de un contorno completo. El rayo láser 9 se conduce a lo largo de la figura mediante dos espejos galvanométricos accionados eléctricamente.

En la fig. 2 está representada otra conformación del dispositivo de acuerdo con la invención. Ésta se diferencia del dispositivo de la fig. 1 tan solo en que en lugar de dos dispositivos de proyección 6 dispuestos de forma fija tan solo está previsto un dispositivo de proyección 6, que se puede desplazar mediante unos accionamientos de ajuste no representados en mayor detalle a lo largo de un raíl 7 circular que discurre por encima de la mesa de tratamiento 2, tal y como indica esquemáticamente la flecha 8. La posición de detención correspondiente del dispositivo de proyección 6 a lo largo del raíl 7 se puede controlar a través del dispositivo de mando 5 en función de la figura geométrica correspondientemente elegida y controlar correspondientemente los accionamientos de ajuste. Mediante esta conformación tan sólo se requiere un dispositivo de proyección 6 para poder representar la figura geométrica sobre la superficie completa del cuerpo del paciente 3.

En la fig. 3 está representado un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con otra conformación. De acuerdo con esta conformación están dispuestos dos dispositivos de proyección 6 dispuestos de forma fija junto con el dispositivo de mando 5 en la sala de radiación utilizada para la terapia de radiación. De nuevo se muestra un cuerpo de un paciente 3 de forma extremadamente esquemática sobre un soporte 2, que está apoyado sobre el suelo 11 de la sala de tratamiento mediante un zócalo 10. El dispositivo en la fig. 3 muestra además dos láseres 12 fijos y dispuestos enfrentados entre sí a ambos lados del cuerpo del paciente 3. Estos sirven de forma por sí misma conocida para un posicionamiento del cuerpo del paciente 3 sobre el soporte 2 en base a las marcas dispuestas en el cuerpo del paciente 3. A continuación se realiza un mando del soporte 2 de tal forma que el cuerpo del paciente 3 se mueve en la medida de lo posible a la posición predeterminada y adoptada durante la planificación de radiación.

Alternativamente o además de los láseres 12, puede estar también previsto un sistema de escáner lineal 13 representado en la fig. 3 tan sólo de forma esquemática u otro sistema diferente para la adquisición de la superficie corporal. Por ejemplo, la solicitante ofrece un sistema de este tipo bajo la denominación "Galaxy".

El dispositivo representado en la fig. 3 comprende además un equipo de radiación 14, en el presente caso un acelerador lineal (LINAC). El equipo de radiación 14 genera una radiación ionizante para el tratamiento de un tumor en el cuerpo del paciente 3. En el dispositivo de acuerdo con la fig. 3, el dispositivo de proyección proyecta de nuevo la figura geométrica predeterminada con radiación láser 9 sobre el cuerpo del paciente 3. La proyección de la figura se realiza para ello tal y como ya se ha descrito en relación con las figuras 1 y 2. Al mismo tiempo, el equipo de radiación 14 genera una radiación luminosa 15 que se corresponde con la radiación ionizante generada por el equipo de radiación. Esta radiación luminosa 15 genera sobre el cuerpo del paciente 3 un campo de corte luminoso. La figura geométrica puede ser un campo de corte nominal de la radiación del equipo de radiación 14 con la superficie del paciente. En este caso, se tiene que hacer coincidir el campo de corte luminoso que se corresponde con el campo de corte de la superficie del paciente de la radiación ionizante a generar por el equipo de radiación 14 con la figura geométrica. A partir de una comparación de la figura proyectada por el dispositivo de proyección 6 sobre la superficie del cuerpo del paciente con el campo de corte luminoso generado por el equipo de radiación 14 se puede controlar por lo tanto la orientación correcta del paciente. Requisito para ello es, no obstante, que el paciente esté posicionado exactamente igual que en la toma de TC realizada con anterioridad. A continuación se describe más detalladamente la comprobación de este posicionamiento.

A pesar de que ello no esté representado en las fig. 1 a 3, los dispositivos representados en ellas presentan además un dispositivo de sensores 20, que se muestra, por ejemplo, en la fig. 4. El dispositivo de sensores 20 dispone de una o preferentemente varias cámaras, mediante las cuales se recoge la figura geométrica proyectada correspondientemente por el o los dispositivos de proyección 6 sobre la superficie del paciente 3. El campo visual de la(s) cámara(s) 20 se representa esquemáticamente mediante las flechas 21, 22. Los datos recogidos se transmiten desde el dispositivo de sensores 20 al dispositivo de mando 5, que determina a partir de ellos las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente 3. Antes de la proyección de la figura geométrica sobre el cuerpo del paciente 3 se elaboró una toma tridimensional del cuerpo del paciente 3 mediante el equipo de TC 4 mostrado por ejemplo en las fig. 1 y 2. A partir de esta toma se realizó a continuación la planificación de radiación para el tumor que se encuentra en el cuerpo. Particularmente se localizó el tumor y se determinó al menos un campo de corte nominal de un equipo de radiación con la superficie corporal. Este campo de

5 corte nominal se predeterminó a continuación como figura geométrica. Mediante el dispositivo de mando 5 se calcularon a continuación en base a ello y para una disposición fija predeterminada del (de los) dispositivo(s) de proyección 6 las coordenadas 3D de esta figura como campo de corte nominal sobre la superficie virtual corporal. El dispositivo de mando 5 predeterminó estas coordenadas como coordenadas nominales. La posición del cuerpo del paciente durante la toma de TC sirve por lo tanto como posición de referencia. Las coordenadas determinadas por el dispositivo de mando 5 del campo de corte nominal proyectado de forma real sobre el cuerpo 3 se comparan a continuación con las coordenadas nominales.

10 A este respecto, en la fig. 4 además se puede apreciar que para el dispositivo de proyección 6 y para el equipo de radiación 14 aplican sistemas de coordenadas K1, K2 diferentes. Sus orígenes de coordenadas se pueden convertir entre sí mediante un vector de transformación R. En el ejemplo representado en la fig. 4, el cuerpo real del paciente 3 está retirado de la posición de referencia 16 del cuerpo del paciente 3. El isocentro para la radiación se muestra mediante 17 para la posición nominal 16 del cuerpo del paciente 3. Debido a la desviación del cuerpo real del paciente 3 con respecto a la posición de referencia 16, no coinciden el campo de corte nominal 18 proyectado por el dispositivo de proyección 6 sobre el cuerpo del paciente 3 y el campo de corte nominal virtual 19 sobre el cuerpo 15 virtual del paciente, tal y como se muestra esquemáticamente en la fig. 4. Para la corrección de esta desviación se puede controlar, por ejemplo, el soporte 2 o sus accionamientos de ajuste, para llevar al cuerpo del paciente 3 a la posición correcta, concretamente la posición de referencia.

20 En ello también es posible que el dispositivo de sensores 20 adquiera varias veces por segundo la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente 3 y se transmitan al dispositivo de mando 5 los datos de medición correspondientes. Este puede sustancialmente determinar a su vez a partir de ellos en tiempo real varias veces por segundo las coordenadas 3D de la figura proyectada y comparar ésta correspondientemente con las coordenadas nominales. Concretamente cuando se proyecta la figura geométrica en la zona de la caja torácica sobre el cuerpo del paciente, es posible de este modo un control del ciclo de respiración del paciente. Correspondientemente se puede activar, por ejemplo, el equipo de radiación sólo para una posición determinada de la caja torácica, esto es, 25 en una determinada posición del ciclo de respiración, y desactivarse en cualquier otro caso. Mediante este proceso de Gating se garantiza que en todo momento se radian las secciones corporales deseadas, incluso en caso de variaciones de posición de los órganos y, con ello, probablemente también del tumor, debidas a una respiración del paciente.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la representación de una figura geométrica sobre la superficie de un cuerpo de un paciente situado sobre un soporte, que comprende:
 - al menos un dispositivo de proyección (6) mediante el cual se puede proyectar una figura geométrica predeterminada sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente (3),
 - al menos un dispositivo de mando (5) y al menos un dispositivo de sensores ópticos (20), mediante el cual se puede registrar la figura geométrica proyectada sobre la superficie del cuerpo del paciente (3) y se pueden proporcionar los datos registrados al dispositivo de mando (5), en donde el dispositivo de mando (5) está conformado para determinar las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente a partir de los datos recogidos por el dispositivo de sensores (20),
 - y en donde el dispositivo de mando (5) está conformado para comparar las coordenadas tridimensionales obtenidas a partir de la figura geométrica proyectada sobre el paciente con unas coordenadas tridimensionales nominales.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de proyección (6) presenta al menos una fuente de luz, particularmente al menos un láser, en donde la figura geométrica se puede proyectar sobre la superficie del cuerpo del paciente (3), al hacer que al menos un rayo luminoso (9) generado por la fuente de luz, particularmente al menos un rayo láser (9) generado por el láser, se puede guiar lo suficientemente rápido a lo largo de las coordenadas, de tal forma que se genera la impresión de un contorno cerrado a lo largo de las coordenadas.
3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque las coordenadas nominales se determinaron en el marco de una planificación de radiación o de una simulación virtual, en la que se elaboró una representación virtual de al menos la superficie del cuerpo del paciente (3), en donde las coordenadas nominales son aquellas coordenadas de la figura geométrica que se obtendrían cuando el dispositivo de proyección (6) proyectase la figura geométrica sobre el cuerpo virtual del paciente.
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque el dispositivo presenta un software de visualización, mediante el cual se pueden representar las coordenadas de la figura geométrica predeterminada y la figura que se obtiene a partir de ellas, así como las coordenadas nominales y la figura nominal que se puede obtener a partir de ellas, preferentemente se pueden representar en diferentes perspectivas.
5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque mediante el dispositivo de mando (5) se puede calcular un vector de desplazamiento para el soporte (2) a partir de la comparación de las coordenadas determinadas con las coordenadas nominales, para hacer coincidir las coordenadas determinadas con las coordenadas nominales.
6. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque el soporte (2) se puede desplazar a lo largo de uno o varios grados de libertad mediante unos accionamientos de ajuste adecuados, y el dispositivo de mando (5) está conformado para controlar los accionamientos de ajuste de tal forma que el soporte (2) se desplace de acuerdo con el vector de desplazamiento calculado.
7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque el dispositivo de sensores (20) está conformado para elaborar varias veces por segundo una toma de la figura geométrica y proporcionar al dispositivo de mando (5) los datos recogidos, y porque el dispositivo de mando (5) está conformado para obtener, también varias veces por segundo a partir de los datos recogidos, las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente (3) y compararlas con las coordenadas nominales.
8. Dispositivo según las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque el dispositivo de mando (5) está conformado para calcular el vector de desplazamiento varias veces por segundo y controlar los accionamientos de ajuste de tal forma que el soporte (2) se desplace de acuerdo con el vector de desplazamiento calculado.
9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado porque presenta un equipo de radiación (14) para la generación de radiación ionizante para una terapia de radiación del cuerpo del paciente, y porque el dispositivo de mando (5) está conformado para controlar el equipo de radiación (14) varias veces por segundo para la generación de la radiación ionizante siempre que la comparación entre las coordenadas determinadas y las coordenadas nominales toma un valor nominal.
10. Procedimiento para la representación de una figura geométrica sobre la superficie de un cuerpo de un paciente situado sobre un soporte, que comprende las siguientes fases:
 - mediante un dispositivo de proyección (6) se proyecta una figura geométrica predeterminada sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente (3),

- mediante un dispositivo de sensores ópticos (20) se registra la figura geométrica proyectada sobre la superficie del cuerpo del paciente (3) y los datos registrados se suministran a un dispositivo de mando (5), en donde el dispositivo de mando (5) determina las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente a partir de los datos registrados por el dispositivo de sensores (20),

5 - el dispositivo de mando (5) compara las coordenadas tridimensionales determinadas a partir de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente con unas coordenadas nominales.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque la figura geométrica se proyecta sobre la superficie del cuerpo del paciente (3), al guiar al menos un rayo luminoso (9), particularmente al menos un rayo láser (9), lo suficientemente rápido a lo largo de las coordenadas, de tal forma que se genera la impresión de un contorno cerrado a lo largo de las coordenadas.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado porque las coordenadas nominales se determinan previamente en el marco de una planificación de radiación o simulación virtual, en la que se elabora una representación virtual de al menos la superficie del cuerpo del paciente (3), en donde se predeterminan como coordenadas nominales aquellas coordenadas de la figura geométrica que se obtendrían cuando el dispositivo de proyección (6) proyectase la figura geométrica sobre el cuerpo virtual del paciente.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque las coordenadas de la figura geométrica predeterminada y la figura que se obtiene a partir de ellas, así como las coordenadas nominales y la figura nominal que se obtiene a partir de ellas se representan mediante un software de visualización, preferentemente se representan en diferentes perspectivas.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque sobre la base de la representación mediante el software de visualización de las coordenadas de la figura geométrica predeterminada y de la figura que se obtiene a partir de ellas, así como de las coordenadas nominales y de la figura nominal que se obtiene a partir de ellas, y mediante particularmente un movimiento iterativo del soporte, se hacen coincidir ambas figuras en la representación.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado porque a partir de la comparación de las coordenadas determinadas con las coordenadas nominales se calcula un vector de desplazamiento para el soporte (2), para hacer coincidir las coordenadas determinadas con las coordenadas nominales.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque el soporte (2) se puede desplazar a lo largo de uno o varios grados de libertad y el dispositivo de mando (5) controla los accionamientos de ajuste de tal forma que el soporte (2) se desplaza de acuerdo con el vector de desplazamiento calculado.

17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, caracterizado porque el dispositivo de sensores (20) elabora varias veces por segundo una toma de la figura geométrica y suministra los datos recogidos al dispositivo de mando (5), y porque el dispositivo de mando (5) determina, también varias veces por segundo, las coordenadas tridimensionales de la figura geométrica proyectada sobre el cuerpo del paciente (3) a partir de los datos recogidos, y las compara con las coordenadas nominales.

18. Procedimiento según las reivindicaciones 15 a 17, caracterizado porque el dispositivo de mando (5) calcula varias veces por segundo el vector de desplazamiento y controla los accionamientos de ajuste de tal forma que el soporte (2) se desplaza de acuerdo con el vector de desplazamiento calculado.

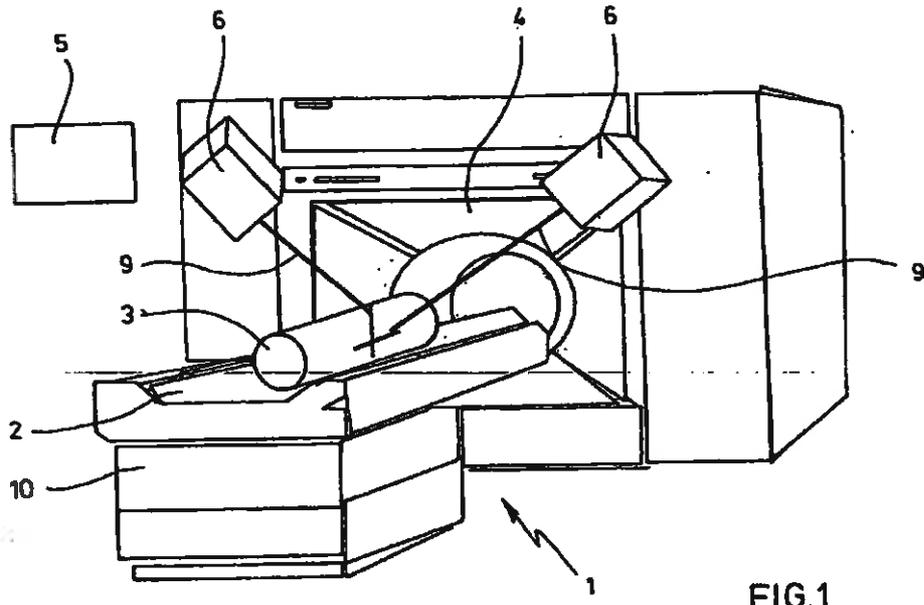


FIG.1

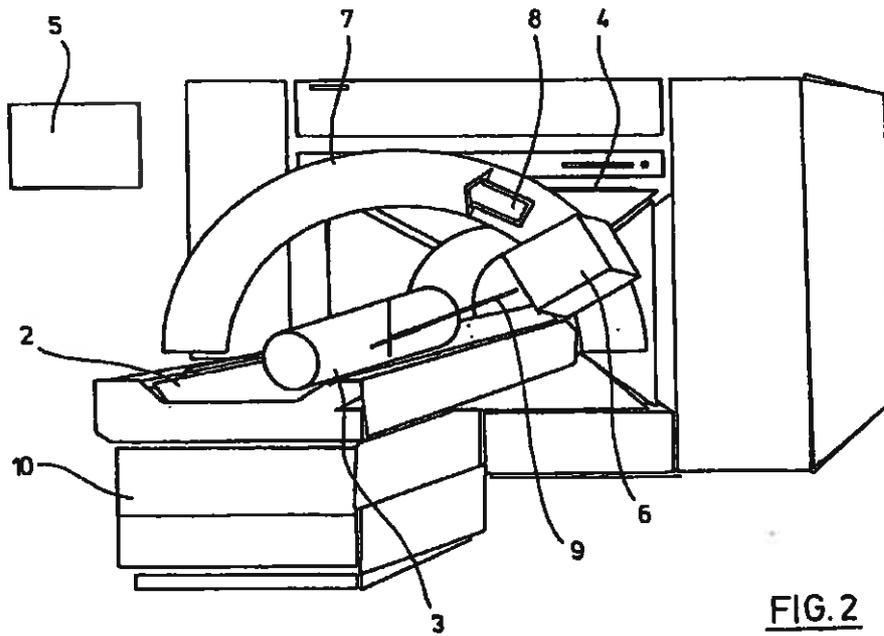


FIG.2

