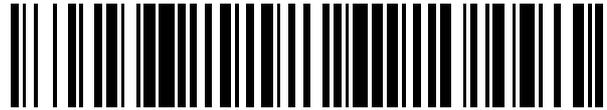


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 328**

51 Int. Cl.:

A61N 5/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2009 E 09006963 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2123327**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el marcado de un campo de irradiación sobre la superficie del cuerpo de un paciente**

30 Prioridad:

24.05.2008 DE 102008025014

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

01.10.2013

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 2 424 328 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 el marcado de un campo de irradiación sobre la superficie del cuerpo de un paciente

5

La presente invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para el marcado de un campo de irradiación elaborado mediante un modelo tridimensional virtual del cuerpo de un paciente sobre la superficie del cuerpo del paciente. Tales campos de irradiación representan intersecciones teóricas de un haz de tratamiento usado especialmente para el tratamiento del cáncer y compuesto en su mayor parte de radiación ionizante con la superficie del cuerpo del paciente. En ello, se usan normalmente varios haces dirigidos hacia el cuerpo que ha de tratarse desde direcciones diferentes, de modo que se cortan en un isocentro. En este punto actúa la dosis de radiación acumulada y se minimizan los daños en el tejido circundante. Como primer paso en una radioterapia, normalmente se realiza una tomografía, por ejemplo, tomografía computarizada (TC), de una región de interés del cuerpo de un paciente colocado y fijado sobre un elemento auxiliar de colocación, como una mesa de tratamiento, con el empleo de elementos auxiliares especiales de colocación y fijación. En ello se establece un punto de referencia para la tomografía mediante el marcado de la superficie de la piel del paciente con el sistema láser en la posición de referencia, principalmente, la posición cero. Mediante la tomografía se elabora un modelo tridimensional de la región de interés del cuerpo del paciente y se localiza el tumor que ha de tratarse. En el contexto de la planificación de la irradiación se delimitan los volúmenes de tratamiento, se calcula la dosis de irradiación y, en ello, se determinan especialmente el número y la posición de los campos de irradiación, de modo que el tumor sea irradiado como se desea.

La siguiente simulación es la transferencia al paciente real de las coordenadas (posición y forma) de los campos de irradiación calculados a partir del modelo elaborado, lo que normalmente comprende un marcado de los campos de irradiación sobre la piel del paciente, por ejemplo, con un lápiz marcador. Antes de la irradiación propiamente dicha, puede comprobarse la correcta posición del campo de irradiación por medio de un campo luminoso del aparato de irradiación que representa el haz de tratamiento. El proceso de marcado es la transferencia de las coordenadas del modelo tridimensional estático del paciente al paciente vivo. Dado que aquí se trata de personas vivas con estructuras corporales blandas y no de cuerpos rígidos, una colocación exacta y reproducible es complicada, especialmente en pacientes gravemente enfermos y obesos.

Para el marcado se usan sistemas de marcado por láser. Un sistema de marcado por láser conocido se describe en los documentos DE 4421315 A1 o DE 19524951 A1 y consta en total de cinco láseres que se mueven con motores y están montados en la sala del tomógrafo. Dos láseres de altura regulable, cada uno de los cuales proyecta una línea horizontal a lo largo de la mesa sobre la que se encuentra el paciente durante la tomografía, se sitúan a la derecha y a la izquierda de la mesa. Los otros tres láseres están montados en una placa o soporte que se encuentran por encima de la mesa. Uno de los láseres puede desplazarse transversalmente a la dirección longitudinal de la mesa y proyecta una línea a lo largo de la mesa. Dos de los láseres en la placa o el soporte están acoplados entre sí y proyectan una línea conjunta transversal al eje longitudinal de la mesa. A este respecto, se acoplan dos láseres para que, por la disposición lateral a lo largo del eje del paciente sobre la mesa, puedan representarse también sobre la piel aquellas coordenadas por debajo del diámetro transversal del paciente que de otro modo quedarían ensombrecidas por este. Un sistema láser semejante es comercializado por la empresa solicitante con el nombre "Dorado CT 4".

En el sistema de marcado por láser conocido, para el marcado de los campos de irradiación calculados, primeramente tiene lugar una colocación y fijación del paciente en una posición que coincide de la mejor manera posible con la posición del paciente durante la exploración tomográfica. Para comprobar la colocación del paciente se realiza una nueva tomografía (por ejemplo, TC) después del ajuste del plano de referencia (láser en la posición de referencia, en la mayoría de los casos en la posición cero). Si en este control de la posición se observan grandes diferencias, deberán repetirse o corregirse la colocación y la fijación del paciente. Para ello, el paciente puede volverse a colocar de la manera adecuada sobre la mesa de tratamiento que lo soporta. Una vez realizado en control de la posición, puede llevarse a cabo el marcado sobre la piel del paciente con ayuda del sistema de marcado por láser. Para ello, las coordenadas previamente calculadas de los campos de irradiación deseados pueden ponerse a disposición del sistema de marcado por láser. Después, las coordenadas pueden alcanzarse sucesivamente por medio del sistema de marcado por láser, con lo que se hacen visibles para un asistente que las marca manualmente sobre la piel, por ejemplo, con un lápiz marcador.

En el procedimiento conocido del estado de la técnica es desventajoso que, debido al control de la posición por medio de una nueva exploración tomográfica, el marcado debe tener lugar en la sala del equipo tomográfico. Esto ocupa un tiempo valioso en esta sala. Además, el nuevo control de la posición por medio de una exploración tomográfica conlleva una carga de radiación para el paciente.

Adicionalmente, en el documento EP 1640922 A2 se desvela un sistema con un acelerador lineal para la colocación de un paciente. En ello se realiza una transformación para ajustar una superficie modelo generada a una superficie almacenada.

A partir del estado de la técnica explicado, la invención se basa en el objetivo de hacer disponibles un dispositivo y un procedimiento del tipo mencionado al principio con los que sea posible el marcado de manera sencilla y económica y se minimicen los daños para la salud del paciente.

- 5 El objetivo se consigue según la invención por medio de los objetos de las reivindicaciones principales 1 y 14. Algunas configuraciones ventajosas se encuentran en las reivindicaciones subordinadas, así como en la descripción y las figuras.

10 Por un lado, la invención consigue el objetivo a través de un dispositivo para el marcado de un campo de irradiación elaborado mediante un modelo tridimensional virtual del cuerpo de un paciente sobre la superficie del cuerpo del paciente, con un sistema láser para la determinación de las coordenadas de al menos dos puntos de referencia sobre la superficie del cuerpo del paciente en un sistema de coordenadas local asignado al dispositivo, con un equipo de evaluación y control, diseñado para determinar, a partir de las coordenadas de los puntos de referencia en el sistema de coordenadas local y de las coordenadas de los puntos de referencia en un sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente, una matriz de transformación para transformar coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y en que el equipo de evaluación y control está diseñado además para, con la matriz de transformación, transformar coordenadas desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y poner las coordenadas transformadas a disposición del sistema láser.

20 Por otro lado, la invención consigue el objetivo a través de un procedimiento para el marcado de un campo de irradiación sobre la superficie del cuerpo de un paciente, elaborado mediante un modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente, en el que se determinan las coordenadas de al menos dos puntos de referencia sobre la superficie del cuerpo del paciente en un sistema de coordenadas local asignado al dispositivo, en el que, a partir de las coordenadas de los puntos de referencia en el sistema de coordenadas local y a partir de las coordenadas de los puntos de referencia en un sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente, se determina una matriz de transformación para transformar coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y en el que, con la matriz de transformación, se transforman coordenadas desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y se ponen a disposición para el marcado. El sistema láser puede ser especialmente un sistema de marcado por láser.

El equipo de evaluación y control puede estar diseñado para transformar al menos las coordenadas del isocentro de irradiación desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y poner las coordenadas transformadas a disposición del sistema láser. A este respecto, como isocentro de irradiación se designa el isocentro de un tumor que ha de irradiarse en el contexto de un tratamiento contra el cáncer. Alrededor de este isocentro gira durante la irradiación un aparato empleado para dicha irradiación (por ejemplo, un acelerador lineal). Este isocentro situado en el interior del paciente se marca normalmente por tres puntos sobre la piel del paciente. Estos puntos sirven para colocar al paciente en el aparato de irradiación. Si se determinan las coordenadas de estos puntos, por ejemplo, como puntos de referencia, a partir de aquí puede determinarse la matriz de transformación. El equipo de evaluación y control puede estar diseñado además para, con la matriz de transformación, transformar otras coordenadas desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y poner las coordenadas transformadas a disposición del sistema láser. De este modo pueden transformarse, por ejemplo, las coordenadas del contorno y/o de la superficie y/o de la forma del campo de irradiación desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y ponerse a disposición para el marcado. El campo de irradiación puede representar la intersección teórica de un haz de tratamiento (por ejemplo, radiación ionizante) con la piel de un paciente calculada para un modelo tridimensional virtual del paciente elaborado, por ejemplo, sobre la base de una tomografía (por ejemplo, TC). Por supuesto, a este respecto pueden preverse varios campos de irradiación para su marcado. El modelo tridimensional puede representar una región de interés del cuerpo del paciente o también la totalidad del cuerpo. Las coordenadas son especialmente coordenadas tridimensionales.

50 A diferencia del estado de la técnica, la idea básica de la invención no radica en colocar al paciente en la sala de marcado con el sistema láser mediante un traslado de la mesa de tratamiento así como del paciente para que adopte la misma posición que durante la tomografía para la planificación de la irradiación. En lugar de ello, según la invención se adaptan las coordenadas del campo de irradiación que ha de marcarse a la (nueva) posición del paciente en la sala de marcado. De este modo, el paciente mismo puede colocarse como se desee en amplios márgenes y, debido a la transformación de las coordenadas, su posición no debe adaptarse laboriosamente. En la sala de marcado, el paciente puede estar colocado en un elemento auxiliar de colocación. Sin embargo, por las razones mencionadas, no es imprescindible que dicho elemento pueda moverse.

60 Las coordenadas de los puntos de referencia alcanzados en la sala de marcado son conocidas en el sistema de coordenadas local del dispositivo después de alcanzarlos con las líneas del láser. Además, las coordenadas de los puntos de referencia también son conocidas en el sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente elaborado en el contexto de la planificación de la irradiación. A partir de esta base puede determinarse la matriz de transformación. A este respecto, la matriz de transformación se determina mediante una comparación de los puntos de referencia y, especialmente, la transformación de los puntos de referencia desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local. Por medio de los puntos de referencia, el paciente

sirve como transición entre el modelo tridimensional virtual de su cuerpo elaborado en el contexto de la planificación de la irradiación y su cuerpo en la posición adoptada en la sala de marcado. La matriz de transformación reproduce el modelo tridimensional del paciente y, especialmente, la superficie del modelo tridimensional, así como los correspondientes campos de irradiación, a partir del sistema de coordenadas virtual en el sistema de coordenadas local. En ello, a través de los puntos de referencia se tiene en cuenta una nueva posición del paciente en la sala de marcado frente a la posición adoptada para la elaboración del modelo tridimensional virtual de su cuerpo. Los puntos de referencia sirven, por así decir, de "puente" entre la posición adoptada por el paciente para la elaboración del modelo tridimensional virtual y la posición del paciente en el marcado.

- 10 Según la invención, es posible el marcado del paciente en una sala diferente de la del tomógrafo (por ejemplo, un aparato de TC) usado para la elaboración del modelo tridimensional virtual. De este modo, no se ocupa un tiempo valioso en la sala de tomografía para el marcado. La sala de marcado así propuesta, sin tomógrafo, es relativamente económica, ya que no tiene que satisfacer los exigentes requisitos de la protección frente a radiaciones. Además, el paciente no se somete a una carga de radiación adicional para el marcado según la invención, ya que no se necesita ninguna nueva tomografía.

Se sobreentiende que el sistema láser puede estar diseñado también para la determinación de las coordenadas de más de dos puntos de referencia, por ejemplo, tres puntos de referencia, sobre la superficie del cuerpo del paciente en el sistema de coordenadas local. El número de puntos de referencia que han de determinarse para la determinación de la matriz de transformación depende del número de grados de libertad del movimiento del paciente entre su posición durante la elaboración del modelo tridimensional virtual y su posición en el marcado. En principio, son posibles una traslación tridimensional y una rotación tridimensional del paciente. Para la determinación de la matriz se usa un, así denominado, "algoritmo de correspondencia". A partir del cambio de posición del paciente en los grados de libertad respectivos, se determina la transformación necesaria desde la posición del paciente durante la elaboración del modelo tridimensional virtual a la posición del paciente en el marcado. De aquí resultan los parámetros de traslación t_x , t_y , t_z en las tres direcciones del espacio, así como los ángulos de rotación α , β , γ para las tres rotaciones posibles alrededor de los correspondientes ejes X, Y, Z de las tres direcciones del espacio. La matriz de transformación para la corrección de las coordenadas del campo de irradiación tiene la forma general siguiente:

30

$$K = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

En ello, los parámetros t_x , t_y , t_z representan la traslación tridimensional del cuerpo del paciente entre el sistema de coordenadas virtual y el sistema de coordenadas local. Los otros parámetros r_{11} a r_{33} representan la rotación tridimensional del cuerpo del paciente. Esta matriz de corrección puede aplicarse después a cada punto de las coordenadas del campo de irradiación calculado en el contexto de la planificación virtual de la irradiación. Por lo tanto, matemáticamente, hay una transformación tridimensional en una matriz de transformación homogénea de un cuerpo no deformable, que se compone de rotación y traslación.

- 40 La forma general de la transformación es la siguiente:

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix}$$

o bien

45

$$P' = R \cdot P + T$$

En que X' , Y' y Z' o P' indican las coordenadas tridimensionales transformadas, por ejemplo, del campo de irradiación. X , Y y Z , o P indican las coordenadas del campo de irradiación en el sistema de coordenadas virtual. R representa la rotación. Si no se conocen los parámetros de transformación, a partir del producto matricial para cada punto de marcado tridimensional sobre la superficie del paciente resulta un sistema de ecuaciones con un total de

50

seis incógnitas linealmente independientes entre sí, es decir, tres ángulos de rotación α , β , γ , así como los parámetros de traslación t_x , t_y , t_z . Por lo tanto, en este caso, para la determinación de la matriz de transformación, se necesita la determinación de tres puntos de referencia tridimensionales sobre la superficie del cuerpo del paciente en el sistema de coordenadas local.

5

En caso de una rotación del cuerpo solo en un ángulo γ y de una traslación solo en un plano horizontal a lo largo de los ejes X e Y, la transformación se simplifica de la forma siguiente:

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix}$$

10

o bien

$$P' = R \cdot P + T$$

15 Si los parámetros de traslación son conocidos, solo deben alcanzarse dos puntos de referencia para la determinación de la matriz. Dado que el procedimiento para la determinación de la matriz de transformación es iterativo, una sobredeterminación del sistema de ecuaciones debida a la determinación de más puntos de referencia de los necesarios puede conducir a una mayor exactitud y, por este motivo, ser ventajosa.

20 A continuación, las coordenadas transformadas pueden ponerse a disposición del sistema láser. Entonces puede tener lugar el marcado de los campos de irradiación y de los puntos de corte con la piel del haz central que pasa por el isocentro sobre la piel del paciente, por ejemplo, manualmente, por medio de un lápiz marcador. La forma y la posición del campo de irradiación así marcado corresponden a la forma y la posición de los campos calculados en el contexto de la planificación de la irradiación para la nueva posición del paciente. El equipo de evaluación y control
25 puede estar diseñado además para dirigir el sistema láser de modo que los puntos de coordenadas transformados se alcancen sucesivamente con al menos un haz de láser. El acceso a los puntos de coordenadas puede dirigirse, por ejemplo, mediante un mando a distancia. Además de las coordenadas del contorno del campo de irradiación, pueden transformarse también especialmente las coordenadas de los puntos de corte de la piel con el haz central que pasa por el isocentro y ponerse a disposición del dispositivo para el marcado.

30

El dispositivo de marcado presenta al menos un láser y puede estar diseñado en combinación con el equipo de evaluación y control. El equipo de evaluación y control presenta un software adecuado para la realización de sus tareas. Para poder alcanzar fácilmente los puntos de referencia, pueden marcarse sobre el paciente en la elaboración del modelo tridimensional, indicando, por ejemplo, el isocentro de un equipo tomográfico (TC) usado
35 para la elaboración del modelo tridimensional. El área de marcado del paciente puede encontrarse en el origen del sistema de coordenadas local del dispositivo.

Los puntos de referencia posiblemente señalados sobre la piel del paciente como puntos de marcado de la piel en el contexto del primer marcado en la sala de tomografía pueden representar los puntos de corte de los ejes del sistema
40 de coordenadas del paciente asignado a dicho paciente y del sistema de tomografía con la superficie de la piel del paciente. A este respecto, en este primer marcado de puntos de referencia sobre el paciente, el origen del sistema de coordenadas del paciente asignado a dicho paciente puede coincidir con el origen del sistema de coordenadas del tomógrafo. Sin embargo, según se explica anteriormente, el origen del sistema de coordenadas del paciente en la posición de marcado puede diferir del origen del sistema de marcado, es decir, del sistema de coordenadas local
45 del dispositivo. Esta diferencia se calcula mediante la determinación de los puntos de referencia y se tiene en cuenta en la matriz de transformación.

El sistema láser comprende al menos dos láseres, cada uno de los cuales genera una línea de láser. Las coordenadas de los puntos de referencia en el sistema de coordenadas virtual del paciente son conocidas. La
50 determinación de las coordenadas locales de los puntos de referencia puede tener lugar fácilmente mediante la determinación de la traslación de las líneas de láser desde el punto cero del sistema de coordenadas local hasta los puntos de referencia. El punto cero del sistema de coordenadas local es conocido. Por medio de la traslación, ahora también son conocidas las coordenadas de los puntos de referencia alcanzados. A través del sistema láser tiene lugar la correspondiente respuesta de confirmación de las posiciones. Para hacer visibles los puntos de referencia
55 también en el modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente, elaborado, por ejemplo, en el contexto de una TC, pueden aplicarse sobre el paciente, por ejemplo, marcas de contraste (marcas de metales pesados) en los puntos de referencia.

Después de la tomografía y del primer marcado del paciente en los puntos de referencia, al paciente mismo se le
60 asignó también un sistema de coordenadas. No es necesario que este sistema de coordenadas del paciente

coincida con el isocentro del equipo tomográfico para una colocación cualquiera del paciente. Así, el paciente puede haberse sometido tanto a una traslación como a una rotación con respecto a su posición inicial. Sin embargo, siempre que se conozcan las coordenadas de un número suficiente de puntos de referencia en el sistema de coordenadas local y las coordenadas virtuales de los puntos de referencia en el sistema de coordenadas virtual, puede determinarse la matriz de transformación de manera inequívoca.

Según otra configuración, el sistema láser puede comprender al menos dos equipos de proyección de láser, en que los puntos de referencia pueden determinarse por el corte de dos de los haces de láser generados por los equipos de proyección de láser, respectivamente, sobre la superficie del paciente. Entonces es posible diseñar el equipo de evaluación y control para dirigir los equipos de proyección de láser de tal modo que las coordenadas o puntos transformados, por ejemplo, el contorno del campo de irradiación, pueden proyectarse sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente guiando al menos uno de los haces de láser generados por al menos uno de los equipos de proyección de láser a lo largo de los puntos de las coordenadas transformadas sobre el cuerpo del paciente con la suficiente rapidez para producir sobre la superficie la impresión de un contorno cerrado (por ejemplo alrededor del campo de irradiación). La representación de los campos de irradiación por medio de tales equipos de proyección de láser es objeto de la solicitud de patente alemana paralela de la empresa solicitante con el número de referencia 102008012496.6. La posición de los equipos de proyección en la sala es conocida y está definida. Los puntos de referencia pueden marcarse sobre el paciente, por ejemplo, por medio de reflectores. Si ahora se dirigen dos haces de proyección sobre un punto del reflector, puede determinarse la posición (coordenadas tridimensionales) del punto en el espacio tridimensional mediante el punto de corte de los haces. A partir de la determinación de las coordenadas locales de todos los puntos de referencia, que son asimismo conocidas en el sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente, pueden determinarse a su vez los elementos de la matriz de transformación. Los equipos de proyección pueden presentar, respectivamente, al menos dos espejos giratorios (galvanométricos), con los que los haces de láser se reflejan a la superficie del cuerpo del paciente y pueden guiarse a los puntos de referencia o a lo largo del contorno del campo de irradiación. A su vez, mediante la proyección del contorno sobre la superficie, pueden marcarse sobre la piel, por ejemplo manualmente, con un lápiz marcador, el campo de irradiación, así como los puntos de corte con la piel del haz central que pasa por el isocentro.

Puede preverse un sistema de registro de la superficie, con el que puede elaborarse un modelo tridimensional local del cuerpo del paciente en el sistema de coordenadas local. Un sistema tal puede ser, por ejemplo, un sistema láser o un sistema de bandas de luz. Según otra configuración de la invención, el sistema láser puede presentar al menos un láser que genera una línea de láser y al menos un equipo detector, en que el equipo de evaluación y control está diseñado para guiar con el láser una línea de láser de manera sucesiva sobre la superficie del cuerpo del paciente, detectar la luz láser reflejada por medio del equipo detector y, a partir de la luz láser detectada, elaborar, por ejemplo por el procedimiento de triangulación, un modelo tridimensional local del cuerpo del paciente en el sistema de coordenadas local. Se sobreentiende que, a este respecto, también puede elaborarse un modelo tridimensional de una parte de interés del cuerpo del paciente. En particular, pueden preverse dos láseres, cada uno de los cuales genera una línea de láser, que estén acoplados entre sí para poder alcanzar cualquier región del cuerpo del paciente. De la manera más sencilla, el equipo detector puede ser una cámara. Los procedimientos de corte de láser o corte de luz basados en triangulación son conocidos de por sí. En estos se usa principalmente una cámara y un plano de láser fijo. Allí donde la luz alcanza al objeto que se mide, es decir, en el plano de corte visible entre el plano de láser y la superficie del objeto, los haces de luz se reflejan en el espacio de manera difusa. La luz reflejada es registrada por una cámara desplazada lateralmente. Mediante una calibración de la cámara y otra calibración en la que se determina la disposición recíproca de la cámara y el plano de láser y con un software de evaluación adecuado, puede llevarse a cabo el cálculo de las coordenadas de los puntos de la superficie iluminados por la luz láser. De aquí se obtiene una información bidimensional sobre la forma del objeto. Si se desea una medición tridimensional del objeto, debe desplazarse la línea de láser sobre la superficie del objeto o el objeto de manera definida a través del área de medición. Independientemente del procedimiento utilizado, para cada punto de tiempo de la medición debe conocerse la disposición del plano de láser y la cámara.

El plano de láser puede moverse con un motor a lo largo del eje longitudinal, por ejemplo, de una mesa para la colocación del paciente. El barrido de láser puede tener lugar, por ejemplo, guiando una línea de láser orientada de manera transversal al paciente sobre el paciente o la región de interés del paciente. Por medio del registro simultáneo del haz de láser reflejado con el equipo detector se obtiene un barrido de láser. Por lo tanto, en esta configuración de la invención, se determinan numerosos puntos de referencia, especialmente un número infinito de ellos, al elaborar un modelo tridimensional local del cuerpo del paciente. En ello, los puntos de referencia pueden ser todos los puntos registrados de la superficie del cuerpo. A su vez, estos puntos de la superficie son conocidos también como puntos de referencia en el sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual. Los modelos tridimensionales del paciente elaborados aquí en el sistema de coordenadas local pueden ponerse también a disposición de otros sistemas, por ejemplo, aparatos de diagnóstico o tratamiento, como superficie de referencia para un control de la posición del paciente.

El equipo de evaluación y control puede determinar después la matriz de transformación a partir de una comparación del modelo tridimensional local del cuerpo del paciente con el modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente. Por lo tanto, el modelo tridimensional local elaborado con el barrido de láser se compara con el modelo

tridimensional virtual de la planificación de la irradiación, elaborado, por ejemplo, en el contexto de una tomografía. En ello, puede medirse la distancia entre los dos modelos tridimensionales para numerosos puntos y hacer solapar los dos modelos tridimensionales de tal modo que para toda la superficie se alcance una distancia mínima entre los modelos (preferentemente, una distancia nula). A partir de la traslación/rotación del modelo tridimensional virtual, necesaria para ello, se elabora la matriz de transformación. En esta configuración de la invención, que se caracteriza por una precisión especialmente elevada, no es imprescindible un marcado de los puntos de referencia sobre la piel del paciente en el contexto de la exploración tomográfica.

El sistema láser puede comprender al menos cinco láseres, cada uno de los cuales genera una línea de láser, en que se prevén dos láseres de altura regulable a los lados de una mesa para la colocación del paciente, cada uno de los cuales proyecta una línea horizontal a lo largo de la mesa de colocación y tres láseres por encima de la mesa de colocación, en que un láser está dispuesto de manera que puede desplazarse transversalmente a la dirección longitudinal de la mesa de colocación y proyecta una línea de láser en la dirección longitudinal de dicha mesa y en que los otros dos láseres están dispuestos de manera desplazable en la dirección longitudinal de la mesa de colocación y, acoplados entre sí, proyectan una línea de laser conjunta transversal a la dirección longitudinal de la mesa de colocación. Este sistema, conocido de por sí (documentos DE 4421315 A1 o DE 19524951 A1) y comercializado por la empresa solicitante con el nombre "Dorado CT 4" puede emplearse según la invención de una nueva manera. Así, por el acoplamiento de los dos láseres y la disposición lateral a lo largo del eje del paciente sobre la mesa de tratamiento, pueden representarse sobre la piel del paciente también aquellas coordenadas por debajo del diámetro transversal del mismo que de otro modo quedarían ensombrecidas por el propio paciente. Ahora, el sistema solo necesita ampliarse mediante un equipo detector adecuado, por ejemplo, una cámara.

El dispositivo según la invención puede estar situado en una sala distinta de la del equipo tomográfico usado para la determinación del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente. De este modo se ahorra un valioso tiempo en la sala de tomografía. En ambas salas pueden preverse los mismos elementos auxiliares de colocación y fijación del paciente. Sin embargo, se sobreentiende que el dispositivo según la invención también puede estar situado en la misma sala que el equipo tomográfico usado para la determinación del modelo tridimensional virtual (por ejemplo, un equipo de TC).

Cuando se marcan los puntos de referencia sobre la piel del paciente en el contexto de la exploración tomográfica y, especialmente, de la elaboración del modelo tridimensional virtual, pueden usarse para el primer marcado en la sala de tomografía láseres fijos en la sala, instalados de modo que se correspondan con el isocentro del tomógrafo. Después de su indicación con el láser, el marcado de los puntos de referencia sobre la piel del paciente puede llevarse a cabo con un lápiz marcador coloreado y al mismo tiempo con elementos de contraste (esferas o cruces o similares) que sean visibles en una tomografía.

El dispositivo según la invención puede ser adecuado para la realización del procedimiento según la invención.

Un ejemplo de realización de la invención se explica a continuación en más detalle mediante figuras. Se muestra esquemáticamente:

en la figura 1, un dispositivo según la invención según una primera configuración,

en la figura 2, un dispositivo según la invención según una segunda configuración y

en la figura 3, un dispositivo según la invención según una tercera configuración.

Mientras no se indique lo contrario, en las figuras los mismos signos de referencia designan los mismos objetos. En la figura 1 se muestra un dispositivo para el marcado de un campo de irradiación sobre la superficie del cuerpo de un paciente representado solo de forma esquemática 10. En el ejemplo de realización de la figura 1, el dispositivo está situado en la misma sala que un tomógrafo 12 (por ejemplo, un aparato de TC), con el que se elabora un modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente 10 para la planificación de la irradiación. El dispositivo en la figura 1 comprende un sistema láser con un total de cinco láseres desplazables mediante motores. En ello, se prevén dos láseres de altura regulable 14 a los lados derecho e izquierdo de una mesa para la colocación del paciente que no se representa con mayor detalle, cada uno de los cuales puede proyectar una línea horizontal a lo largo de la mesa de tomografía. En una instalación de soporte 16 situada por encima de la mesa de tomografía se prevén otros tres láseres (no representados con mayor detalle). Uno de estos láseres está dispuesto de manera que puede desplazarse transversalmente con respecto a la dirección longitudinal de la mesa y proyecta una línea no representada en la dirección longitudinal de la mesa de tomografía. Los otros dos láseres en el soporte 16 están acoplados entre sí y proyectan una línea de láser 18 transversal al eje longitudinal de la mesa de tomografía sobre el cuerpo del paciente 10. El sistema láser comprende además un equipo detector 20 en forma de una cámara 20, en este caso una cámara CCD 20. El campo de visión detectado por la cámara 20 se representa en la figura 1 con el número 22.

Por medio del equipo de evaluación y control 24 se dirige la línea de láser 18 de manera sucesiva sobre la región de interés de la superficie del cuerpo del paciente 10. En ello, la línea de láser 18 se mantiene en el área de detección

22 de la cámara 20. La radiación láser reflejada por el cuerpo del paciente 10 es detectada por la cámara 20. A partir del resultado de la detección, el equipo de evaluación y control 24 determina de manera en sí conocida, según el procedimiento de triangulación, un modelo tridimensional del cuerpo del paciente en el sistema de coordenadas local del dispositivo. Por lo tanto se determina un número prácticamente infinito de puntos de referencia sobre la superficie del cuerpo del paciente 10 en el sistema de coordenadas local asignado al dispositivo. A continuación, el equipo de evaluación y control 24 compara el modelo tridimensional local del cuerpo del paciente con un modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente 10 elaborado previamente en el contexto de la planificación de la irradiación a partir de los registros obtenidos con el tomógrafo. En ello, especialmente se mide puntualmente la distancia entre los dos modelos tridimensionales para numerosos puntos de la superficie en la envoltura de los modelos tridimensionales y los dos modelos tridimensionales se hacen solapar mediante un software adecuado, de manera que en la totalidad de la superficie de los modelos tridimensionales haya una distancia mínima entre dichos modelos tridimensionales. Para ello, el modelo tridimensional virtual se desplaza o gira adecuadamente. A partir de la traslación o rotación del modelo tridimensional virtual, necesarias para ello, el equipo de evaluación y control 24 determina una matriz de transformación para transformar coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual de la planificación de la irradiación al sistema de coordenadas local. A continuación, las coordenadas del isocentro de irradiación y del contorno del campo de irradiación o campos de irradiación determinados en el contexto de la planificación de la irradiación se transforman al sistema de coordenadas local por medio de la matriz de transformación. Después, las coordenadas transformadas se ponen a disposición del sistema láser. Por ejemplo, las coordenadas transformadas pueden ser alcanzadas por el láser del sistema láser por medio de un mando a distancia y después marcarse manualmente con un lápiz marcador sobre la piel del paciente para la posterior irradiación.

La figura 2 muestra una configuración alternativa del dispositivo según la invención. En este caso, el sistema láser presenta al menos dos láseres no representados con mayor detalle, cada uno de los cuales genera una línea de láser. Sobre el cuerpo del paciente 10 se marcan tres puntos de referencia 26 en el contexto la planificación de la irradiación. En este caso, estos se han hecho visibles por medio de un lápiz marcador, así como por medio de las correspondientes marcas de metales pesados para la realización de una TC de planificación de la irradiación. Los puntos de referencia 26 pueden ser alcanzados por el sistema láser a través de las líneas de láser 28. En ello, se determinan las coordenadas de los puntos de referencia en el sistema de coordenadas local del dispositivo a través de una determinación de la traslación de las líneas de láser desde el punto cero del sistema de coordenadas local a los puntos de referencia 26. De este modo, las coordenadas de los puntos de referencia 26 son conocidas en el sistema de coordenadas local.

Además, dado que pueden reconocerse en la TC, las coordenadas virtuales de los puntos de referencia 26 son igualmente conocidas en el sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional del cuerpo del paciente elaborado en el contexto de la planificación de la irradiación. Sobre esta base y por medio del equipo de evaluación y control 24, puede determinarse la matriz de transformación para transformar coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual X, Y, Z del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente al sistema de coordenadas local asignado al dispositivo. Para la transformación se usa un vector de desplazamiento correspondiente 30 que representa la traslación entre los sistemas de coordenadas virtual y local. Los parámetros de rotación que representan una rotación tridimensional del paciente se determinan por medio de las coordenadas de los puntos de referencia.

Las coordenadas del isocentro y del contorno del campo de irradiación teórico calculado pueden transformarse entonces con la matriz de transformación al sistema de coordenadas local asignado al dispositivo y a continuación, ponerse a disposición del sistema láser. A su vez, las coordenadas transformadas pueden alcanzarse sucesivamente sobre la piel del paciente, por ejemplo, por el corte de dos líneas de láser 28 y marcarse manualmente, por ejemplo, con un lápiz marcador.

En la figura 3 se representa una configuración más del dispositivo según la invención. El sistema láser representado en la figura 3 presenta dos equipos de proyección de láser 32. Por medio del corte de dos haces de láser 34 generados respectivamente por los equipos de proyección de láser 32 sobre la superficie del cuerpo del paciente 10, pueden alcanzarse los puntos de referencia 26 marcados sobre la superficie del cuerpo del paciente. Debido a las posiciones definidas de los equipos de proyección de láser 32 en la sala del dispositivo, de esta manera pueden determinarse las coordenadas de los puntos de referencia 26 en el espacio tridimensional. Esto lo realiza el equipo de evaluación y control 24. Dado que, a su vez, las coordenadas de los puntos de referencia 26 son asimismo conocidas en el modelo tridimensional del cuerpo del paciente a partir de la TC para la planificación de la irradiación, sobre esta base, el equipo de evaluación y control 24 puede determinar la matriz de transformación para transformar coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local. A continuación, el equipo de evaluación y control 24 puede transformar con la matriz de transformación las coordenadas del isocentro y del contorno del campo de irradiación o de los campos de irradiación al sistema de coordenadas local y ponerlas a disposición del sistema láser.

En el ejemplo de realización representado en la figura 3, el equipo de evaluación y control 24 dirige los equipos de proyección de láser 32 para el marcado de manera que el campo de irradiación se proyecta sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente 10. En ello, especialmente, al menos uno de los equipos de proyección de

- láser 32 se dirige de tal modo que el haz de láser 34 generado por este equipo 32 se guía a lo largo de las coordenadas transformadas sobre la superficie del cuerpo del paciente 10 con la suficiente rapidez para producir la impresión de un contorno cerrado alrededor del campo de irradiación sobre la superficie 10. El campo de irradiación proyectado de este modo sobre la superficie del cuerpo del paciente 10 puede marcarse después, por ejemplo, 5 manualmente. Si el sistema láser de la figura 3 se encuentra ya en la sala de irradiación empleada para la irradiación, es posible incluso comparar directamente el campo de irradiación proyectado con el campo luminoso visualizado por el haz del aparato de irradiación. En este caso ya no se necesita un marcado del campo de irradiación sobre la superficie del cuerpo del paciente por medio de un lápiz marcador o similar.
- 10 Con todos los dispositivos según la invención es posible el marcado de un campo de irradiación que representa la intersección teórica de un haz de tratamiento con la superficie de cuerpo del paciente para una radioterapia, por ejemplo, para tratamiento del cáncer, de manera sencilla, económica e inocua desde el punto de vista médico. Para ello, se transforman las coordenadas del campo de irradiación calculadas en cada caso en el contexto de la planificación de la irradiación mediante un modelo tridimensional virtual del paciente generado con un tomógrafo, 15 desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local. Mediante la determinación de las coordenadas de los puntos de referencia sobre la superficie del cuerpo del paciente se tiene en cuenta el cambio de posición del paciente con respecto a su posición durante la tomografía. De este modo no es necesario volver a colocar al paciente en la sala de marcado. Más bien se transforman las coordenadas del campo de irradiación según su cambio de posición.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el marcado de un campo de irradiación elaborado mediante un modelo tridimensional virtual del cuerpo de un paciente sobre la superficie del cuerpo del paciente, con un sistema láser para la
5 determinación de las coordenadas de al menos dos puntos de referencia (26) sobre la superficie del cuerpo del paciente (10) en un sistema de coordenadas local asignado al dispositivo, con un equipo de evaluación y control (24) que está diseñado para, a partir de las coordenadas de los puntos de referencia (26) en el sistema de coordenadas local y de las coordenadas de los puntos de referencia (26) en un sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10), determinar una matriz de transformación para transformar
10 coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y **caracterizado porque** el equipo de evaluación y control (24) está diseñado además para, con la matriz de transformación, transformar coordenadas desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y poner las coordenadas transformadas a disposición del sistema láser, en que el equipo de evaluación y control (24) está diseñado para dirigir el sistema láser de tal manera que los puntos de las coordenadas transformadas sean
15 alcanzados sucesivamente con al menos un haz de láser.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el equipo de evaluación y control (24) está diseñado para transformar al menos las coordenadas del isocentro de irradiación desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y poner las coordenadas transformadas a disposición del
20 sistema láser.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el equipo de evaluación y control (24) está diseñado para transformar con la matriz de transformación al menos las coordenadas del contorno del campo de irradiación desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y
25 poner las coordenadas transformadas a disposición del sistema láser.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sistema láser comprende al menos dos láseres, cada uno de los cuales genera una línea de láser (28).
- 30 5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado porque** las coordenadas locales de los puntos de referencia (26) pueden ser determinadas por el sistema láser a través de una determinación de la traslación de las líneas de láser (28) desde el punto cero del sistema de coordenadas local a los puntos de referencia (26).
6. Dispositivo según una de las referencias 1 a 3, **caracterizado porque** el sistema láser comprende al
35 menos dos equipos de proyección de láser (32), en que los puntos de referencia (26) pueden determinarse por un corte de dos haces de láser (24) generados respectivamente por los equipos de proyección de láser (32) sobre la superficie del paciente (10).
7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el equipo de evaluación y control (24)
40 está diseñado para dirigir los equipos de proyección de láser (32) de tal modo que las coordenadas transformadas pueden proyectarse sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente (10) guiando al menos un haz de láser (34) generado por al menos uno de los equipos de proyección de láser (32) a lo largo de los puntos de las coordenadas transformadas sobre la superficie del cuerpo del paciente (10) con la suficiente rapidez para producir sobre la superficie la impresión de un contorno cerrado.
45
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los puntos de referencia (26) están marcados sobre la piel del cuerpo del paciente (10).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** se prevé un sistema de
50 registro de la superficie, con el que puede elaborarse un modelo tridimensional local del cuerpo del paciente (10) en el sistema de coordenadas local.
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7 o según la reivindicación 9, **caracterizado porque**
55 el sistema láser presenta al menos un láser que genera una línea de láser y al menos un equipo detector (20), en que el equipo de evaluación y control (24) está diseñado para guiar con el láser una línea de láser (18) de manera sucesiva sobre la superficie del cuerpo del paciente (10), detectar la luz láser reflejada por el cuerpo del paciente (10) con el equipo detector (20) y, a partir de la luz láser detectada, elaborar un modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10) en el sistema de coordenadas local.
- 60 11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado porque** el equipo de evaluación y control (24) está diseñado para determinar la matriz de transformación a partir de una comparación del modelo tridimensional local del cuerpo del paciente (10) con el modelo tridimensional virtual del modelo del cuerpo del paciente (10).
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sistema láser
65 comprende al menos cinco láseres (14), cada uno de los cuales genera una línea de láser, en que se prevén dos láseres de altura regulable (14) a los lados de una mesa para la colocación del paciente, cada uno de los cuales

- proyecta una línea horizontal a lo largo de la mesa de colocación y tres láseres por encima de la mesa de colocación, en que un láser está dispuesto de manera que puede desplazarse transversalmente a la dirección longitudinal de la mesa de colocación y proyecta una línea de láser en la dirección longitudinal de dicha mesa y en que los otros dos láseres están dispuestos de manera desplazable en la dirección longitudinal de la mesa de colocación y, acoplados entre sí, proyectan una línea de laser conjunta (18) transversal a la dirección longitudinal de la mesa de colocación.
13. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el dispositivo está situado en una sala distinta a la del equipo tomográfico (12) utilizado para la determinación del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10).
14. Procedimiento para el marcado de un campo de irradiación elaborado mediante un modelo tridimensional virtual del cuerpo de un paciente sobre la superficie del cuerpo del paciente, en el que se determinan las coordenadas de al menos dos puntos de referencia (26) sobre la superficie del cuerpo del paciente (10) en un sistema de coordenadas local asignado al dispositivo, en el que, a partir de las coordenadas de los puntos de referencia (26) en el sistema de coordenadas local y de las coordenadas de los puntos de referencia (26) en un sistema de coordenadas virtual del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10), se determina una matriz de transformación para transformar coordenadas cualesquiera desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y **caracterizado porque** con la matriz de transformación se transforman coordenadas desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y se ponen a disposición para el marcado y en que los puntos de las coordenadas transformadas se alcanzan sucesivamente con al menos un haz de láser.
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** con la matriz de transformación se transforman al menos las coordenadas del isocentro de irradiación desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y se ponen a disposición para el marcado.
16. Procedimiento según la reivindicación 14 o la reivindicación 15, **caracterizado porque** con la matriz de transformación se transforman al menos las coordenadas del contorno del campo de irradiación desde el sistema de coordenadas virtual al sistema de coordenadas local y se ponen a disposición para el marcado.
17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizado porque** el sistema láser comprende al menos dos láseres, cada uno de los cuales genera una línea de láser (28).
18. Procedimiento según la reivindicación 17, **caracterizado porque** las coordenadas locales de los puntos de referencia (26) se determinan mediante la determinación de la traslación de las líneas de láser (28) desde el punto cero del sistema de coordenadas local a los puntos de referencia (26).
19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizado porque** los puntos de referencia (26) pueden determinarse mediante el corte de dos haces de láser (34) generados respectivamente por al menos dos equipos de proyección de láser (32) sobre la superficie del paciente.
20. Procedimiento según la reivindicación 19, **caracterizado porque** las coordenadas transformadas se proyectan sobre la superficie tridimensional del cuerpo del paciente (10) guiando al menos un haz de láser (34) generado por al menos uno de los equipos de proyección de láser (32) sobre la superficie del cuerpo del paciente (10) con la suficiente rapidez para producir sobre dicha superficie la impresión de un contorno cerrado.
21. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 20, **caracterizado porque** los puntos de referencia (26) se marcan sobre la piel del cuerpo del paciente (10) al elaborar el modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10).
22. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 20, **caracterizado porque** se elabora un modelo tridimensional local del cuerpo del paciente (10) en el sistema de coordenadas local con un sistema de registro de la superficie.
23. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 20 o según la reivindicación 22, **caracterizado porque** se guía con al menos un láser una línea de láser (18) de manera sucesiva sobre la superficie del cuerpo del paciente (10), la luz láser reflejada por el cuerpo del paciente (10) se detecta con al menos un equipo detector (20) y, a partir de la luz láser detectada, se elabora un modelo tridimensional local del cuerpo del paciente (10) en el sistema de coordenadas local.
24. Procedimiento según la reivindicación 23, **caracterizado porque** la matriz de transformación se determina a partir de una comparación del modelo tridimensional local del cuerpo del paciente (10) con el modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10).
25. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 24, **caracterizado porque** se prevén cinco láseres (14), cada uno de los cuales genera una línea de láser, en que se prevén dos láseres de altura regulable

(14) dispuestos a los lados de una mesa para la colocación del paciente, cada uno de los cuales proyecta una línea horizontal a lo largo de la mesa de colocación y los otros láseres están dispuestos por encima de la mesa de colocación, en que un láser está dispuesto de manera que puede desplazarse transversalmente a la dirección longitudinal de la mesa de colocación y proyecta una línea de láser en la dirección longitudinal de dicha mesa y en
5 que los otros dos láseres están dispuestos de manera desplazable en la dirección longitudinal de la mesa de colocación y, acoplados entre sí, proyectan una línea de laser conjunta (18) transversal a la dirección longitudinal de la mesa de colocación.

26. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 25, **caracterizado porque** el procedimiento se
10 realiza en una sala diferente de la de la determinación del modelo tridimensional virtual del cuerpo del paciente (10).

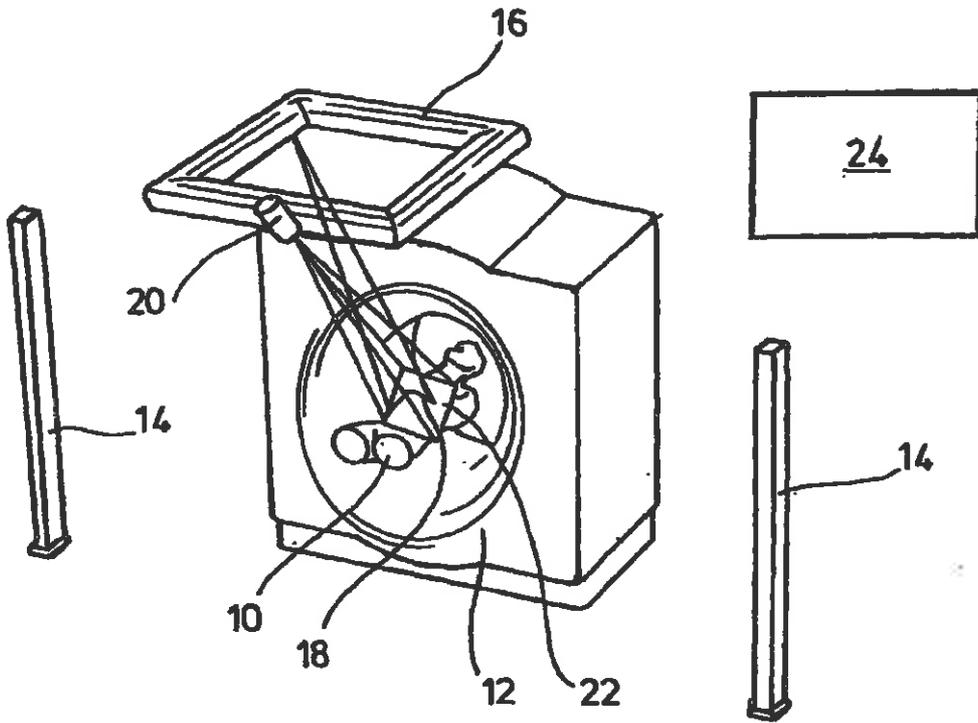


FIG. 1

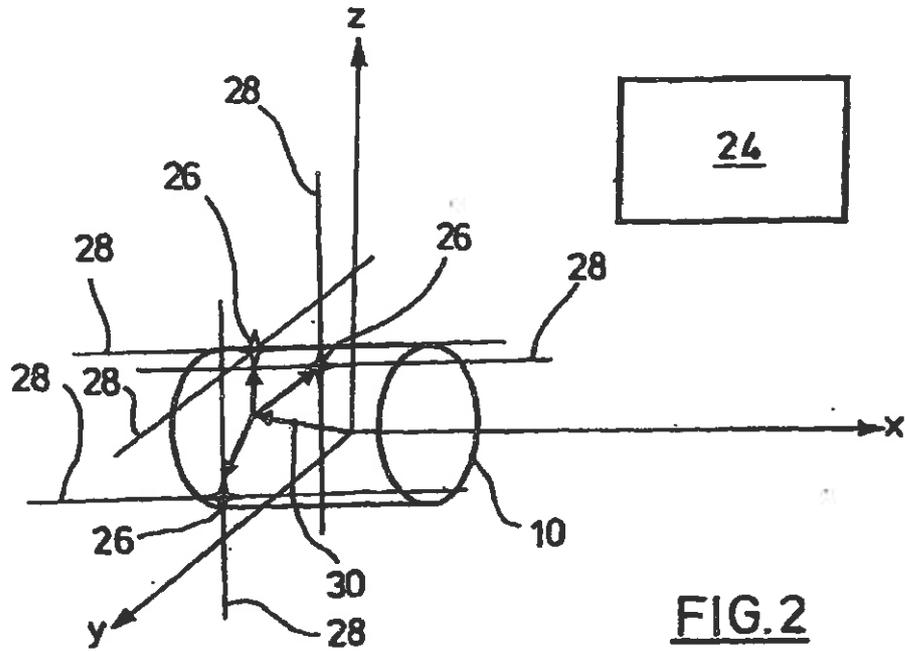


FIG. 2

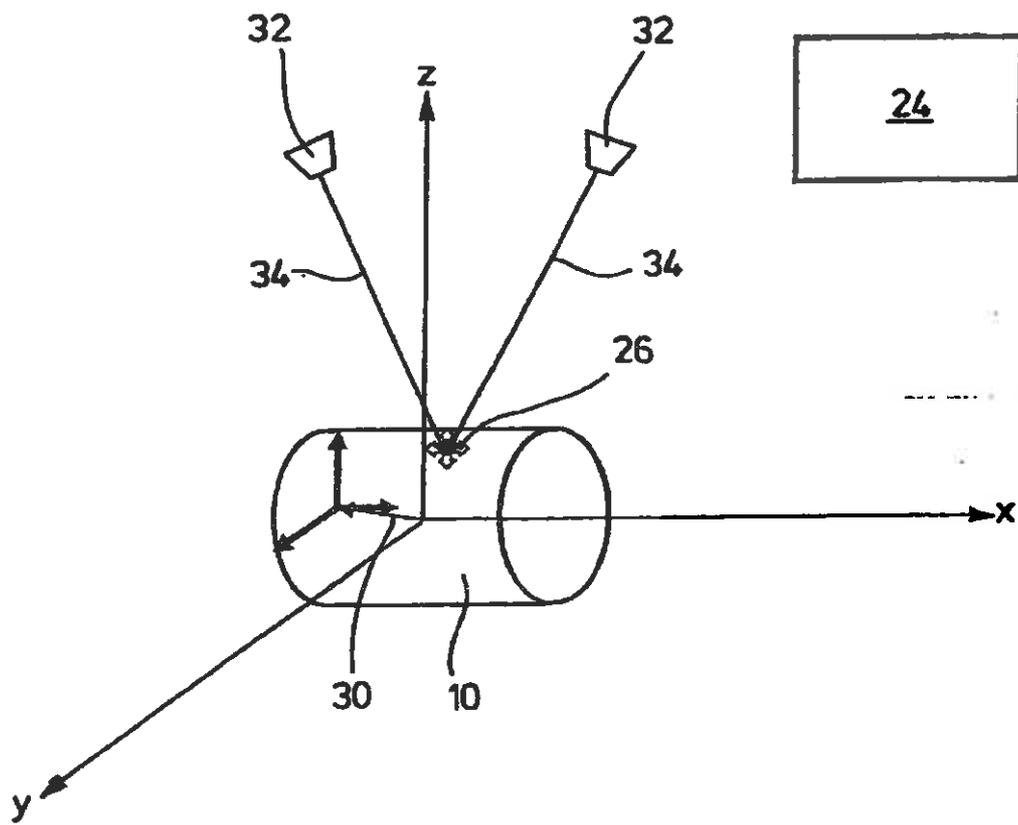


FIG.3