

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 389**

51 Int. Cl.:

A61N 5/00 (2006.01)

A61N 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05778946 .3**

96 Fecha de presentación: **20.07.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1778352**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.05.2007**

54 Título: **APLICADOR ADAPTATIVO DE BRAQUITERAPIA INTRACAVITARIA.**

30 Prioridad:
20.07.2004 US 589369 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.12.2011

73 Titular/es:
**THE BOARD OF REGENTS, THE UNIVERSITY OF
TEXAS SYSTEM
201 WEST 7TH STREET, SUITE 820
AUSTIN, TX 78701, US**

72 Inventor/es:
**MOURTADA, Firas;
HORTON, John;
EIFEL, Patricia;
JHINGRAN, Anuja y
SPOOL, Ira**

74 Agente: **Sugrañes Moline, Pedro**

ES 2 371 389 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

Aplicador adaptativo de braquiterapia intracavitaria

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

CAMPO DE LA INVENCION

10 La invención que se describe en este documento proporciona un aplicador adaptativo novedoso de braquiterapia intracavitaria (ICBT) compatible con la adquisición de imágenes con pantallas protectoras de colpóstato controladas de manera remota que pueden manipularse para minimizar los artefactos en imágenes de tomografía computarizada o para optimizar la distribución de dosis para las estructuras de tejido a tratar y sanas para procedimientos de braquiterapia contra el cáncer.

15 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA

Se espera que en 2003 se diagnostiquen más de 12.000 nuevos casos de cáncer cervical en los Estados Unidos (Sociedad Americana contra el Cáncer, datos y cifras sobre el cáncer en 2003). ICBT es una parte integrante del régimen de tratamiento para el cáncer cervical. También se utiliza en el tratamiento de otras malignidades ginecológicas, tales como el cáncer vaginal y endometrial. Juntos, estos tipos de cáncer suman aproximadamente 56.000 nuevos casos en los Estados Unidos cada año (Sociedad Americana contra el Cáncer, datos y cifras sobre el cáncer en 2003), de los cuales casi el 20% u 11.200 casos se tratarán con procedimientos ICBT. Además, a nivel mundial, más de 600.000 mujeres desarrollan cada año alguna forma de cáncer ginecológico, según la Organización Mundial de la Salud.

25 Tradicionalmente, muchos cánceres del cuello uterino se tratan con terapia de radiación. Entre 1996 y 2000, casi el 84% de estos tratamientos en los Estados Unidos se realizaron con fuentes de Cs-137 con una baja tasa de dosis (LDR), utilizando el resto Ir-192 con una alta tasa de dosis (HDR) (Eifel P, et al. *Patterns of Radiotherapy Practice for Patients with Carcinoma of the Cervix (1996-1999): A Patterns-of-Care Study*. Actas de la 45ª conferencia ASTRO anual; 2003). Una manera de suministrar tal radiación es a través de un procedimiento ICBT. En un procedimiento ICBT, las fuentes radiactivas se cargan manual o automáticamente dentro de aplicadores colocados en el interior del canal uterino durante una intervención quirúrgica a través de un procedimiento denominado como poscarga. ICBT puede administrarse, alternativa o adicionalmente, de manera preoperatoria o posoperatoria y puede complementarse con radioterapia de haces externos, quimioterapia, o ambas. Las células o tejido cancerosos a tratar se irradian normalmente mediante la utilización de un aplicador de braquiterapia. Los aplicadores actuales contienen ovoides o colpóstatos izquierdos y derechos y están hechos de acero inoxidable. Diversos tipos de estos aplicadores presentan además pantallas protectoras fijas especiales de wolframio diseñadas para reducir las complicaciones originadas por una irradiación inadvertida en el recto, en la vejiga o en otro tejido circundante. La práctica actual para colocar la alineación de las pantallas protectoras con respecto a la vejiga y el recto depende de la anatomía del paciente y de la pericia del médico.

Además, el tamaño, la forma, el grosor y la colocación de estas pantallas protectoras pueden tener un efecto importante en la dosis de radiación recibida por los tejidos sanos próximos a la zona tratada, en particular el recto en el caso de cáncer cervical, y se ha demostrado que la tasa de complicaciones depende directamente de la dosis recibida por estos órganos. Sin embargo, los sistemas de planificación de tratamientos clínicos utilizados actualmente no pueden dar cuenta de una manera precisa de los efectos de las pantallas protectoras, produciéndose errores del 30% o más en la dosis estimada en los órganos críticos (Mohan R, et al. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1985a; 11 (4):861-8.; Mohan R, et al. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1985b; 11 (4):823-30; Weeks KJ, *Med Phys* 1998; 25 (12):2288-92; Williamson JF, *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990; 19 (1): 167-78). Otros estudios han demostrado que las perturbaciones de dosis debidas al apantallamiento entre las fuentes y a los aplicadores también son importantes desde el punto de vista clínico y deben modelizarse. Fragoso et al. descubrieron que una tasa de error tan alta como el 20% puede deberse a no modelizar de manera explícita los aplicadores de ovoide de acero y los separadores de fuentes en los tratamientos LDR. (Fragoso M, et al. Actas de la conferencia anual AAPM de 2003; 2003). Gifford et al. concluyeron que también es importante la modelización explícita del aplicador de tándem. Se ha descubierto que la atenuación dentro de las fuentes y entre las fuentes y la presencia de un tornillo con punta tienen efectos importantes en el campo de dosis local (Gifford K, et al. Actas de la conferencia anual AAPM de 2003; 2003).

Un componente esencial para determinar la distribución de dosis que han de recibir las zonas a tratar y las zonas sanas es la colocación de pantallas protectoras contra la radiación dentro del ovoide. La planificación de distribución de dosis en ICBT implica normalmente el uso de una visualización tridimensional de las zonas a tratar y de las estructuras anatómicas circundantes para determinar la posición apropiada del aplicador implantado con el fin de maximizar una distribución de dosis de la radiación sobre las zonas a tratar. Técnicas tales como la tomografía computarizada (CT), la resonancia magnética (MR) o la tomografía de emisión de positrones (PET) se han utilizado en el pasado para generar un plan de tratamiento tridimensional para procedimientos ICBT. Tales técnicas están limitadas

por el hecho de que las pantallas protectoras utilizadas en los aplicadores ICBT pueden interferir con estos diversos procedimientos de planificación distorsionando las imágenes de la localización del implante y generando artefactos en forma de rayas, haciendo que sea muy difícil determinar la posición óptima del aplicador dentro de la cavidad corporal.

5 La patente U.S. No. 5.562.594 desvela un diseño de aplicador compatible con CT (el aplicador de "Weeks") que permite una dosimetría 3D CT (Weeks KJ y Montana GS, *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 37 (2):455-63). El ovoide de Weeks presenta portadores de fuente con pantallas protectoras de wolframio que se cargan después de la adquisición de imágenes CT. La forma externa del sistema de ovoides y de tándem de minicólpóstatos de Fletcher-Suit-Declos (FSD) es la base para la forma del aplicador de Weeks. Sin embargo, las pantallas protectoras fijas de tipo Fletcher han dejado de utilizarse y se han sustituido por pantallas protectoras de wolframio que se cargan manualmente junto con las fuentes de Cs-137.

15 El aplicador de Weeks se ha utilizado para desarrollar una técnica para una localización mejorada del aplicador basado en CT (Lerma FA y Williamson JF, *Med Phys* 2002; 29 (3):325-33). Este estudio demostró que es posible soportar una planificación de dosis en 3D utilizando cálculos de dosis detallados de Monte Carlo en 3D y modelizando de manera precisa las posiciones de las fuentes, el apantallamiento y el apantallamiento entre aplicadores. Sin embargo, el aplicador de Weeks tiene varios inconvenientes. Por ejemplo, el aplicador de Weeks no puede adaptarse a una poscarga remota (cargando la fuente radiactiva dentro del aplicador después de su introducción y colocación dentro de la cavidad corporal) aumentando de ese modo la exposición a la radiación de la braquiterapia LDR; y no puede utilizarse en absoluto para aplicaciones HDR o de tasa de dosis pulsada (PDR). Además, con el fin de alojar las pantallas protectoras de poscarga, los brazos conectados a los ovoides son mucho más voluminosos que los de un aplicador FSD estándar. El mayor tamaño de los brazos dificulta la introducción del relleno vaginal necesario para separar la vejiga y el recto de las fuentes de radiación. Este volumen añadido también tiene un efecto potencialmente negativo en la comodidad del paciente sometido al tratamiento.

30 Otra opción disponible comercialmente es el "aplicador CT/MR estándar" basado en un diseño de Royal Marsden para la Nucletron Corporation. Está diseñado con tubos compuestos especiales para eliminar la distorsión en las imágenes CT o MR. Este aplicador está disponible en diferentes longitudes y diámetros de ovoide para optimizar la distribución de la dosis y reducir la dosis en las mucosas. Sin embargo, este aplicador no está diseñado para utilizarse con pantallas protectoras y, por lo tanto, su utilización da como resultado la exposición del recto, de la vejiga o de otro tejido circundante a dosis de radiación innecesariamente altas que pueden dar lugar a complicaciones clínicas.

35 El documento US 6416492 desvela un sistema de suministro de radiación que incluye un árbol de catéter que presenta un cabezal distal. Una fuente de radiación fija o extraíble está dispuesta de manera adyacente al cabezal distal. El cabezal distal incluye una pantalla protectora contra la radiación que presenta una ventana y un transductor ultrasónico. El transductor ultrasónico proporciona una señal que indica la posición relativa, la geometría del tejido y/o características del tejido, que puede utilizarse para determinar la colocación apropiada de la ventana de pantalla protectora contra la radiación de manera que solamente partes seleccionadas de la zona de tratamiento queden expuestas a la radiación. El sistema de suministro de radiación puede incluir un medio de accionamiento acoplado al cabezal distal para facilitar la rotación del mismo. El cabezal giratorio puede girar a una velocidad constante o a una velocidad que varía en función de la señal (por ejemplo, la distancia desde la pared vascular y/o el grosor estenótico).

45 El documento US 6283911 desvela un dispositivo para suministrar radiación a al menos una zona preseleccionada del sistema vascular de un paciente. El dispositivo incluye un tubo de catéter flexible alargado de un diámetro para su inserción en el sistema vascular del paciente y un alambre guía flexible dentro del tubo de catéter que puede moverse a lo largo de su longitud. Por lo tanto, existe la necesidad de un aplicador de braquiterapia que sea apto para la poscarga de fuentes de radiación pero que también pueda manipularse para permitir una adquisición de imágenes mejorada con una generación mínima de artefactos.

RESUMEN DE LA INVENCION

55 Un aspecto de la presente invención proporciona un aplicador de braquiterapia que comprende un lumen de fuente radiactiva, al menos una pantalla protectora asociada con el lumen de fuente de radiación, y un mecanismo mecánico conectado a la al menos una pantalla protectora que puede controlar el movimiento giratorio y lineal de la al menos una pantalla protectora con respecto al lumen de fuente radiactiva.

60 El aplicador de braquiterapia puede comprender además una junta pivotante, un tándem que presenta un lumen de fuente radiactiva, en el que el tándem está conectado a la junta pivotante a través de un brazo de tándem, donde al menos un ovoide presenta un lumen de fuente radiactiva, en el que el al menos un ovoide está conectado a la junta pivotante a través de un brazo de ovoide, y al menos una pantalla protectora asociada con al menos un ovoide, en el que la al menos una pantalla protectora puede moverse de manera remota.

La presente invención proporciona un aplicador adaptativo novedoso de braquiterapia que es compatible con la adquisición de imágenes e incluye una o más pantallas protectoras controladas de manera remota que pueden moverse de manera radial (rotación) y de manera lineal (traslación). Este nuevo aplicador puede utilizarse para braquiterapia LDR, PDR y/o HDR. Se espera que con la utilización de determinadas realizaciones de la presente invención se mejoren los resultados clínicos actuales de la braquiterapia, en particular reduciendo la tasa de complicaciones. En tales realizaciones, la capacidad de alterar la posición de las pantallas protectoras durante una adquisición de imágenes, tal como una exploración CT, puede reducir los artefactos en las imágenes, aumentando de ese modo la precisión con la que pueden delinearse estructuras anatómicas importantes. En realizaciones alternativas, el aplicador ICBT presenta una o más pantallas protectoras móviles que pueden proporcionar un mayor grado de libertad, permitiendo de ese modo que un sistema de planificación de tratamiento iterativo guiado por imágenes optimice o adapte la distribución de la dosis basándose en una relación geométrica entre el paciente y el aplicador. En tales realizaciones, el médico o el usuario puede maximizar la dosis suministrada al tejido a tratar (tal como un carcinoma cervical) reduciendo al mismo tiempo la exposición de los tejidos circundantes (tales como la pared del recto y la vejiga en caso de cáncer cervical). En realizaciones que contienen una o más pantallas protectoras, los criterios de movimiento de pantalla protectora de la presente invención (traslación y rotación) permitirán un tratamiento basado en la relación relativa paciente/aplicador derivada de una modalidad de imágenes. La integración de esta tecnología con un motor de dosis rápido (que actúa en minutos) que puede calcular de manera precisa la perturbación de la dosis en torno a una (varias) pantalla(s) protectora(s) puede optimizar adicionalmente la utilización de esta invención.

El aplicador de braquiterapia puede incluir además un carril de pantalla protectora que contiene la al menos una pantalla protectora, donde la pantalla protectora incluye una región de interacción de engranaje y un elemento contraroscado; un árbol de rotación que presenta un engranaje asociado que interactúa con la región de interacción de engranaje de la pantalla protectora; y un árbol lineal que presenta una parte roscada que interactúa con el elemento contraroscado del carril de pantalla protectora.

En determinadas realizaciones de los aplicadores de braquiterapia de la presente invención, el lumen de fuente radiactiva puede cargarse posteriormente con una fuente radiactiva. En realizaciones que contienen ovoides, la fuente radiactiva puede cargarse posteriormente a través del brazo de ovoide. En otras realizaciones determinadas, los aplicadores de braquiterapia de la presente invención pueden incluir además un capuchón que se monta sobre el lumen de la fuente. Algunos de estos aplicadores incluyen además marcadores de registro que están conectados al lumen de la fuente o que están presentes en o sobre un capuchón.

En determinadas realizaciones alternativas, la al menos una pantalla protectora puede ser interna a una envoltura exterior que envuelve al lumen de fuente radiactiva, y en algunas de estas realizaciones la(s) pantalla(s) protectora(s) está(n) compuesta(s) de wolframio o de una aleación de wolframio. En realizaciones alternativas, el movimiento de las pantallas protectoras puede ser lineal o giratorio. En algunas de estas realizaciones, un movimiento de rotación se controla a través de un árbol de rotación, mientras que un movimiento lineal se controla a través de un árbol lineal o longitudinal. Además, estos árboles pueden estar compuestos de níquel-titanio en determinadas realizaciones.

Determinadas realizaciones de la presente invención también pueden incluir un mecanismo manual para aplicar una fuerza de rotación al árbol de rotación o al árbol longitudinal. Sin embargo, realizaciones alternativas pueden incluir una estación de control que controla la fuerza de rotación aplicada al árbol de rotación o al árbol longitudinal. Además, en algunas de estas realizaciones, el movimiento de la(s) pantalla(s) protectora(s) del aplicador de braquiterapia puede controlarse de manera remota a través de una señal de telemetría. En otras realizaciones adicionales, la posición de la(s) pantalla(s) protectora(s) puede confirmarse a través de un mecanismo de realimentación para la confirmación, tal como un mecanismo optoelectrónico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La invención se entenderá mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que los mismos números de referencia identifican los mismos elementos, y en los que:

La FIGURA 1 ilustra la estructura básica de un aplicador de braquiterapia.

La FIGURA 2 ilustra la posición de un aplicador de braquiterapia dentro del paciente.

La FIGURA 3 es una representación esquemática de un ovoide de un aplicador de braquiterapia.

La FIGURA 4A es una representación esquemática del mecanismo interno de un ovoide de un aplicador de braquiterapia con una pantalla protectora adaptable.

La FIGURA 4B es una representación esquemática de los mecanismos internos de un ovoide de un aplicador de

braquiterapia con una pantalla protectora adaptable desde una vista proximal.

La FIGURA 4C ilustra la asociación de un árbol giratorio con un manguito/árbol.

5 La FIGURA 4D ilustra la asociación de un árbol giratorio con un lado plano.

La FIGURA 4E ilustra la asociación de un árbol giratorio con un resorte.

La FIGURA 5 muestra una representación esquemática de un carril de pantalla protectora.

10 La FIGURA 6A muestra la posición de una pantalla protectora con respecto a los mecanismos internos de un ovoide.

La FIGURA 6B es una representación esquemática que muestra la colocación de las pantallas protectoras con respecto a los mecanismos internos de un ovoide.

15 La FIGURA 7A ilustra la posición de alambres de registro en un capuchón de ovoide.

La FIGURA 8 ilustra una unidad de control basada en PC para un aplicador de braquiterapia.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un aplicador adaptativo novedoso de braquiterapia que es compatible con la adquisición de imágenes e incluye una o más pantallas protectoras controladas de manera remota que pueden moverse de manera radial (rotación) y lineal (traslación) dentro de un ovoide (o colpóstato), un tándem u otra estructura que contenga un lumen de fuente radiactiva. Este aplicador novedoso puede utilizarse para braquiterapia LDR, PDR y/o HDR. Se espera que con la utilización de determinadas realizaciones de la presente invención se mejoren los resultados clínicos actuales de ICBT, en particular reduciendo la tasa de complicaciones.

25 La capacidad para alterar la posición de las pantallas protectoras durante una adquisición de imágenes, tal como una exploración CT, puede reducir los artefactos en las imágenes, aumentando de ese modo la precisión con la que pueden delinearse estructuras anatómicas importantes. La mejora en la precisión de la delineación objetivo puede permitir ajustar la dosis mínima objetivo y la forma de la superficie de isodosis de prescripción. Además, una (varias) pantalla(s) protectora(s) móvil(es) puede(n) proporcionar un mayor grado de libertad, permitiendo de ese modo que un sistema de planificación de tratamiento iterativo guiado por imágenes optimice o adapte la distribución de la dosis de radiación basándose en una relación geométrica entre el paciente y el aplicador, maximizando de ese modo la dosis suministrada a la zona enferma a tratar, reduciendo al mismo tiempo la dosis recibida por el tejido protegido por las pantallas protectoras. Por ejemplo, al tratar un carcinoma cervical, la dosis para el carcinoma puede maximizarse mientras que el apantallamiento reduce las dosis de radiación en la pared del recto y en la vejiga. En determinadas realizaciones, los criterios de movimiento de pantalla protectora de la presente invención pueden permitir un tratamiento basado en la relación relativa paciente/aplicador derivada de una modalidad de imágenes.

30 En otras realizaciones, la integración de esta tecnología con un motor de dosis rápido (que actúa en minutos) que puede calcular de manera precisa la perturbación de la dosis en torno a una (varias) pantalla(s) protectora(s) puede optimizar la utilización de esta invención. En este aspecto también pueden utilizarse procedimientos de Monte Carlo rápidos o de ordenadas discretas.

35 La introducción de pantallas protectoras que pueden moverse de manera remota en un dispositivo de braquiterapia como el proporcionado por la presente invención puede adaptarse a casi cualquier tipo de dispositivo de braquiterapia. Por ejemplo, el cáncer ginecológico, torácico, de cabeza y de cuello, gastrointestinal y de pecho puede tratarse con los aplicadores de braquiterapia de la presente invención. Determinadas realizaciones del dispositivo de braquiterapia de la presente invención incluyen un lumen de fuente radiactiva, el cual puede contener una fuente radiactiva, y pantallas protectoras que se utilizan para reducir o evitar la radiación que emana desde el lumen de la fuente en determinadas direcciones. Además, estas realizaciones incluyen un mecanismo para dirigir la colocación de la pantalla protectora con respecto al lumen de la fuente después de que el aplicador se haya introducido en una cavidad corporal. Las pantallas protectoras de estos aplicadores pueden ser internas al lumen de la fuente o pueden ser externas al lumen de la fuente (por ejemplo, montadas a lo largo de un árbol de ovoide de un aplicador de braquiterapia de tipo FSD). Las pantallas protectoras solo necesitan poder colocarse entre la fuente radiactiva y el área de tejido que va protegerse de la radiación. Algunas de estas realizaciones pueden tener más de una pantalla protectora.

40 En determinadas realizaciones, la colocación de la pantalla protectora con respecto a la fuente radiactiva o al lumen de la fuente puede manipularse a través de un mecanismo mecánico tal como un alambre o cinta de alta resistencia a la torsión. En tales realizaciones, el alambre o la cinta pueden extenderse desde el aplicador hasta una posición fuera del cuerpo del paciente. En determinadas realizaciones, el alambre o la cinta pueden estar dentro de un tubo

externo que forma un árbol de tipo revestimiento de alambre/cinta. Puede aplicarse una fuerza de rotación sobre el alambre o la cinta para proporcionar un control de rotación sobre la ubicación de la pantalla protectora. Por ejemplo, un mecanismo de engranaje puede acoplarse a la pantalla protectora para proporcionar un control de rotación. Como alternativa, el alambre o la cinta pueden conectarse a un elemento roscado de manera que la aplicación de una fuerza de rotación al alambre provocará el movimiento lineal de un elemento contraroscado acoplado a la pantalla protectora. Por lo tanto, en determinadas realizaciones puede controlarse la posición de las pantallas protectoras de manera radial o lineal (o ambas). En determinadas realizaciones, el dispositivo de braquiterapia incluye además un mecanismo de bloqueo para garantizar la inmovilidad de la pantalla protectora en la ubicación/orientación deseada. En otras realizaciones adicionales, un indicador de realimentación de bucle cerrado (pasivo o activo), que utiliza por ejemplo mecanismos optoelectrónicos (incluyendo fibras ópticas, LED, fotodiodos o similares), se implementa para confirmar al usuario la ubicación de las pantallas protectoras. Algunas realizaciones incluyen además una posición "inicial" por defecto de la(s) pantalla(s) protectora(s) que se define en función del concepto actual de ovoide FSD.

Realizaciones alternativas de la presente invención pueden utilizar un mecanismo de control remoto asociado con las pantallas protectoras y que no se extiende de manera proximal fuera del cuerpo del paciente. En tales realizaciones, la posición de las pantallas protectoras puede controlarse a través de una señal externa, la cual activa o desactiva un mecanismo mecánico asociado con el aplicador para manipular la posición de la(s) pantalla(s) protectora(s). Tales señales pueden incluir, pero sin limitarse a, ondas de radio, ondas infrarrojas y ondas de sonido u otros procedimientos de telemetría.

La Figura 1 ilustra la estructura de una realización de un aplicador ICBT de tipo FSD de la presente invención. Esta realización del aplicador incluye un tándem 2 conectado a una junta pivotante 4 a través de un brazo de tándem 2a y un par de colpóstatos/ovoides 3 que están conectados a la junta pivotante 4 a través de un par de brazos de ovoide 5. En determinadas realizaciones, la junta pivotante 4 sirve solamente para conectar el brazo de tándem 2a al brazo de ovoide 5, mientras que en otras realizaciones determinadas, la junta pivotante 4 no sólo funciona como un punto de conexión sino que también permite alteraciones del ángulo entre el brazo de tándem 2a y el brazo de ovoide 5. El tándem 2 y los ovoides 3 están diseñados para albergar una (varias) fuente(s) radiactiva(s) durante la irradiación a un paciente. En determinadas realizaciones, el brazo de tándem 2a y/o los brazos de ovoide 5 pueden adaptarse para permitir que la(s) fuente(s) radiactiva(s) se cargue(n) a través de los mismos dentro del tándem y de los ovoides, respectivamente. Esto puede realizarse después de que el aplicador se haya colocado dentro de la cavidad corporal en un proceso denominado como poscarga.

La Figura 2 ilustra la colocación de un aplicador ICBT de tipo FSD de la presente invención durante el tratamiento de un paciente que tiene un cáncer cervical. El tándem 2 se introduce en el útero 7 mientras que los ovoides 3 se colocan en la vagina de manera proximal al cuello uterino.

En un tratamiento de braquiterapia intracavitaria puede utilizarse una realización de tipo FSD de la presente invención (como la mostrada en la Figura 1). Las fuentes radiactivas pueden colocarse dentro del tándem 2 y de los ovoides 3 para proporcionar una distribución de dosis en forma de pera que rodea un volumen específico, con su eje largo a lo largo del eje del tándem. En determinadas realizaciones de la presente invención, la(s) fuente(s) radiactiva(s) pueden cargarse posteriormente dentro del aplicador. En algunas de estas realizaciones, la fuente radiactiva se introduce en los ovoides 3 a través de los brazos de ovoide 5 y la fuente radiactiva se carga dentro del tándem 2 a través del brazo de tándem 2a. Antes de cargar la fuente radiactiva durante tales procedimientos, el aplicador se coloca normalmente en la cavidad corporal, requiriéndose imágenes, tales como películas de rayos X ortogonales, exploraciones CT, exploraciones MR y/o exploraciones PET, para confirmar su ubicación. Estas imágenes también pueden utilizarse para determinar y verificar que los aplicadores se hayan colocado de manera óptima con respecto a la ubicación anatómica y la dosis de radiación que se suministrará al área a tratar.

La Figura 3 proporciona una representación esquemática de un ovoide 3 que contiene una pantalla protectora rectal 9, una pantalla protectora de vejiga 10 y un lumen de fuente radiactiva 11. Estas pantallas protectoras pueden estar compuestas de cualquier material que atenúe, parcial o totalmente, la radiación procedente de la fuente y que avanza hacia las mismas. Un ejemplo típico de un material de este tipo es el wolframio, aleaciones de wolframio, titanio, platino o cualquier elemento con un número atómico alto adecuado. Además, la(s) pantalla(s) protectora(s) puede(n) tener diversos tamaños, formas y grosores. Un experto en la materia elegirá el tamaño, la forma y el grosor basándose en el tejido que va a tratarse, en el paciente, en la fuente de radiación y en otros factores relevantes. En algunas realizaciones de la presente invención, la(s) pantalla(s) protectora(s) puede(n) intercambiarse, de manera que el oncólogo que atiende al paciente puede elegir una pantalla protectora de un tamaño, una forma y un grosor específicos que proporcione el apantallamiento óptimo con relación a la anatomía del paciente, el volumen objetivo delineado, las estructuras críticas delineadas, la fuente radiactiva utilizada u otros factores.

Durante la fase de planificación del tratamiento se calcula la correcta orientación del apantallamiento máximo del tejido que no va a tratarse, tal como la vejiga y el recto en caso de cáncer cervical. En las aplicaciones de la técnica anterior, las pantallas protectoras se fijaban normalmente en una posición permanente antes de introducir el dispositivo en la cavidad corporal o se fijaban a un vehículo de suministro de algún tipo y se suministraban al aplicador junto

con la fuente radiactiva (tal como en el aplicador de Weeks). Sin embargo, la presente invención desvela aplicadores que incluyen mecanismos para ajustar la posición de las pantallas protectoras después de que el aplicador, incluyendo las pantallas protectoras, se haya introducido en la cavidad corporal.

5 La Figura 4A ilustra una representación esquemática de una realización de un ovoide de la presente invención que incluye una pantalla protectora de posición ajustable. Esta pantalla protectora puede colocarse para proteger tejidos que no van a tratarse, tales como el recto o la vejiga, preferentemente el recto en el caso del cáncer cervical. Esta
 10 realización de la presente invención incluye un capuchón de ovoide 3a que rodea al lumen de fuente radiactiva 11. El capuchón de ovoide 3a proporciona un alojamiento para un carril de pantalla protectora 12 que está asociado con una pantalla protectora 9. El carril de pantalla protectora 12 y la pantalla protectora 9 pueden moverse de manera longitudinal o lineal con respecto a los ejes centrales del propio ovoide 3, mientras que la pantalla protectora 9 también puede moverse de manera radial con respecto al eje central del ovoide. El carril de pantalla protectora 12 puede engancharse de manera funcional mediante un árbol roscado 13, un árbol de rotación 14 o ambos. El árbol roscado
 15 13 puede incluir una sección roscada 13a en o cerca de su extremo y puede mover el carril de pantalla protectora 12 de manera lineal hacia arriba y hacia abajo (distal a proximal) con respecto al ovoide 3. El árbol de rotación 14 puede hacer girar la pantalla protectora 9 de manera radial con respecto al centro longitudinal del ovoide 3.

En determinadas realizaciones, el árbol de rotación o el árbol roscado están compuestos de un alambre o una cinta de una aleación con memoria de forma tal como níquel-titanio o similar, aunque también puede usarse otro material que posea una alta resistencia a la torsión. Como alternativa, el árbol de rotación o el árbol roscado pueden fabricarse con filamentos metálicos trenzados o con filamentos trenzados o sólidos de fibras sintéticas de gran resistencia.

En determinadas realizaciones, la posición de una pantalla protectora 9 puede ajustarse manualmente a través de una interacción mecánica del árbol roscado y/o de rotación 13/14 (como se muestra en la Figura 4A) con el carril de pantalla protectora 12 o con la pantalla protectora 9/10 respectivamente. Tal y como se ilustra en la Figura 4B, un engranaje 16 asociado con el árbol de rotación 14 en o cerca de su extremo distal puede engranarse a la pantalla protectora 9/10 de tal manera que una fuerza de rotación (momento de torsión) aplicada al árbol de rotación 14 haga que el engranaje 16 mueva la pantalla protectora 9/10 radialmente. De manera similar, la fuerza de rotación (momento de torsión) aplicada al árbol roscado 13 puede enganchar un alojamiento contraroscado 18 (ilustrado en la Figura 5) asociado con el carril de pantalla protectora 12 provocando que el carril de pantalla protectora 12 se desplace longitudinalmente con respecto al árbol de ovoide 11a. En determinadas realizaciones, el carril de pantalla protectora puede contener topes mecánicos para limitar los grados de rotación a través de los cuales pueden desplazarse el carril de pantalla protectora 12 y la pantalla protectora 9/10.

35 Cuando la pantalla protectora 9 se mueve de manera lineal (proximal o distal), el "árbol giratorio" 14a puede deslizarse dentro de su tubo 14b (similar al modo en que un alambre puede salir de su aislamiento) de tal manera que se mantenga el contacto entre el engranaje 16 y la pantalla protectora 9 (como se muestra en la Figura 4C). En realizaciones alternativas (como se muestra en la Figura 4D) puede utilizarse un árbol giratorio que tenga un lado plano 14c que se extienda a través del engranaje 16 hacia el extremo distal del capuchón de ovoide 3a. En estas realizaciones, el engranaje 16 puede deslizarse de manera lineal a lo largo del árbol giratorio 14 junto con la pantalla protectora 9/10 y el carril de pantalla protectora 12 para mantener su interacción con la pantalla protectora 9/10. En otras realizaciones adicionales, una parte cargada mediante resorte del árbol giratorio 14d puede utilizarse para mantener la interacción del engranaje 16 con la pantalla protectora 9/10 a medida que el carril de pantalla protectora se mueve linealmente a lo largo del ovoide 3 (como se muestra en la Figura 4E).

45 El carril de pantalla protectora 12, el engranaje 16 o la sección roscada del árbol roscado 13 (las "partes móviles") pueden fabricarse con cualquier material adecuado. En determinadas realizaciones, el material utilizado para fabricar estas partes móviles se basará en la resistencia mecánica (a la tensión y al corte), en la equivalencia de características de radiación al tejido, en la fatiga y en propiedades térmicas para permitir múltiples ciclos de esterilización. En algunas realizaciones, estas partes móviles se fabrican con polisulfona, con policarbonato o con otro material equivalente al tejido que contribuya a una perturbación mínima en la distribución de la dosis en comparación con los aplicadores de transición.

55 La Figura 6A proporciona una vista interna del ovoide 3 con la pantalla protectora 9/10 y el carril de pantalla protectora 12 mostradas en la Figura 4B, extraídas por motivos de claridad. En determinadas realizaciones, el árbol de rotación 14 y el árbol roscado 13 pueden extenderse a través de y soportarse mediante soportes de ovoide 17 que también se enganchan a la envoltura del lumen 11a de la fuente. En realizaciones alternativas de la presente invención, como se ilustra en la Figura 6B, el ovoide puede alojar un árbol roscado 13 y un árbol de rotación 14 para más de una pantalla protectora 9/10. En tales realizaciones puede haber una pantalla protectora rectal 9, una pantalla protectora de vejiga 10 o ambas, presentando cada una su propio carril de pantalla protectora 12 independiente. En algunas de estas realizaciones, el carril de pantalla protectora 12 asociado con la pantalla protectora rectal 9 puede estar en una posición más cercana al extremo distal del ovoide 3 en comparación con la pantalla protectora de vejiga 10. Tales realizaciones deben poder colocar de manera independiente, tanto radial como linealmente, la pantalla protectora rectal 9 y la pantalla protectora de vejiga 10.

Realizaciones alternativas pueden incluir más de una pantalla protectora, donde una o más de las pantallas protectoras pueden fijarse con respecto a su posición relativa a la fuente radiactiva y no pueden engancharse mediante los mecanismos posicionales dentro del ovoide 3. Por ejemplo, en una realización, una pantalla protectora de vejiga puede fijarse al árbol de ovoide 11a, mientras que la pantalla protectora rectal 9 puede moverse de manera posicional mediante el árbol de rotación 14 a través del engranaje de rotación 16 y el árbol roscado 13 a través del alojamiento contra-roscado 18 a través de su asociación con un carril de pantalla protectora 12. Otras realizaciones adicionales pueden permitir configuraciones opuestas en las que una pantalla protectora de vejiga 10 está asociada con un carril de pantalla protectora 12, mientras que una pantalla protectora rectal es fija.

En determinadas realizaciones, el ovoide 3 puede tener un capuchón de ovoide extraíble 3a que puede separarse del ovoide para exponer la pantalla protectora y otras partes móviles para permitir una inspección visual que garantiza la calidad o para llevar a cabo un mantenimiento correctivo. En otras realizaciones adicionales, el capuchón de ovoide 3a de la presente invención puede adaptarse para aumentar el tamaño global del ovoide 3 para ajustarse a la anatomía de un paciente dado. En otras realizaciones determinadas, el aplicador adaptativo de la presente invención tendrá el perfil global del agarradero del ovoide (tubo proximal) similar al conjunto de aplicador HDR Fletcher-Williamson de Nuclotron (diámetro de tubo externo de 5mm aproximadamente) para proporcionar una perfecta integración en la clínica. En otras realizaciones adicionales, el perfil del aplicador adaptativo puede ser ligeramente más grande para alojar canales para el árbol roscado y el árbol de rotación 13/14 (diámetro de tubo externo de 7 mm aproximadamente).

En determinadas realizaciones, el ángulo de un eje lineal del ovoide con respecto al brazo de ovoide 5 puede ajustarse. En algunas de estas realizaciones, el ángulo puede ajustarse entre 15° y 45°. En otras realizaciones adicionales, un alambre/cinta puede interactuar con un mecanismo accionado por engranaje que permite alteraciones controladas de manera remota de la forma o el tamaño de la pantalla protectora.

Además, determinadas realizaciones de la presente invención pueden incluir marcadores de registro. Estos marcadores de registro proporcionan marcadores durante la adquisición de imágenes que permiten determinar o verificar ubicaciones posicionales de las pantallas protectoras con respecto a la anatomía del paciente. Estos marcadores de registro pueden componerse de cualquier sustancia radiopaca y, en algunas realizaciones, pueden tener forma de alambre. Los marcadores de registro pueden estar incluidos en o sobre varias partes de los aplicadores de la presente invención, incluyendo el lumen de la fuente, el tándem o el ovoide. La Figura 7 ilustra una realización de un ovoide 3 que presenta alambres de registro 32 paralelos y diagonales al ovoide. En una realización de este tipo, los alambres de registro 32 pueden colocarse en un ángulo con respecto al plano en que se tomarán fragmentos de imagen 33. Otras realizaciones de la presente invención pueden tener una variedad de otras configuraciones de los marcadores de registro. En determinadas realizaciones, los marcadores de registro pueden asociarse con la ubicación por defecto de la(s) pantalla(s) protectora(s). En estas realizaciones, las imágenes adquiridas tendrán marcas de registro que identifican, directa o indirectamente, la ubicación por defecto de la(s) pantalla(s) protectora(s), permitiendo de ese modo una determinación más precisa de los movimientos de pantalla protectora necesarios para conseguir una colocación opcional de las pantallas protectoras.

En determinadas realizaciones, los marcadores de registro pueden estar embebidos en la envoltura para el lumen de la fuente o el árbol de ovoide 11a. En otras realizaciones, los marcadores de registro pueden estar en o sobre capuchones que pueden colocarse sobre el propio ovoide 3.

En determinadas realizaciones, una simulación dosimétrica de ordenadas discretas o de Monte Carlo del aplicador adaptativo de la presente invención puede utilizarse para determinar la selección final del alcance de movimiento lineal/angular para la pantalla protectora del recto, la pantalla protectora de la vejiga o ambas. Además, la capacidad de la presente invención de ajustar internamente la ubicación de una pantalla protectora tanto longitudinal como radialmente, permite el movimiento de la pantalla protectora durante la adquisición de imágenes CT, o en cualquier otro tipo de adquisición de imágenes, permitiendo de ese modo al operador reducir los artefactos producidos por el apantallamiento en un aplicador de braquiterapia y proporcionar imágenes más precisas y mejoradas para su utilización en la planificación de tratamiento. Por ejemplo, el aplicador puede introducirse en una cavidad corporal y las imágenes pueden adquirirse posteriormente con la(s) pantalla(s) protectora(s) desplazada(s) hasta una posición más proximal a lo largo del eje de ovoide. Un único escáner CT de fragmentos de imagen podrá adquirir entonces un primer conjunto de imágenes antes de alcanzar la ubicación de la pantalla protectora desplazada. La adquisición del escáner puede interrumpirse después brevemente para desplazar la pantalla protectora hasta la ubicación más distal antes de reanudar la adquisición del resto de fragmentos de imagen CT. Una imagen de exploración inicial del simulador CT puede generarse para seleccionar la posición de interrupción entre los dos conjuntos de imágenes. Además de permitir la captura de imágenes mejoradas, determinadas realizaciones de la presente invención permiten una planificación de tratamiento inverso del régimen de tratamiento. Por ejemplo, la fuente radiactiva puede cargarse dentro del aplicador con la pantalla protectora en una posición predeterminada y después puede(n) ajustarse la(s) posición(es) de la pantalla protectora durante la exposición a la radiación con el fin de manipular la distribución de dosis de una manera más precisa.

- 5 En determinadas realizaciones, el aplicador de la presente invención también incluye un mecanismo manual para aplicar una fuerza de rotación al árbol roscado 13 o al árbol de rotación 14. Estos mecanismos manuales pueden incluir acoplamientos mecánicos simples para el árbol, tales como una conexión de destornillador para el árbol. En otras realizaciones adicionales, la rotación del árbol de rotación o del árbol roscado puede controlarse utilizando indicadores de cuadrante por motivos de simplicidad. En tales realizaciones, cada cuadrante mecánico puede tener una escala para mostrar la ubicación y la orientación de la pantalla protectora que está ajustándose. Además, los cuadrantes pueden diseñarse para un acceso quirúrgico pertinente.
- 10 Realizaciones alternativas de la presente invención pueden utilizar un ordenador 27 como estación de control. En algunas de estas realizaciones, los componentes de hardware pueden incluir un ordenador portátil con software LabVIEW 28, una tarjeta de controlador de movimiento PCI 29 de National Instruments, Austin, Texas (www.ni.com), y una unidad de accionamiento de control de movimiento 30 que presenta múltiples ejes. La posición de la(s) pantalla(s) protectora(s) puede controlarse a través de una estación de control 27 como la ilustrada en la Figura 8. Esta
- 15 estación de control puede controlar la posición de rotación de una pantalla protectora dada a través de un control de rotación 24 y la posición lineal a través de un control lineal 25. En determinadas realizaciones, la pantalla protectora rectal y la pantalla protectora de vejiga pueden tener estaciones de control independientes (23 y 23a). Las estaciones de control, en determinadas realizaciones, pueden controlar la actividad de un motor 22 que proporciona la fuerza de rotación al árbol de rotación o al árbol roscado.
- 20 En determinadas realizaciones, la estación de control o el propio aplicador pueden tener una posición inicial automática (por defecto) que imite las ubicaciones de pantalla protectora del aplicador FSD (para LDR) o del aplicador de Flecher-Williamson (para HDR/PDR).
- 25 En determinadas realizaciones, la estación de control puede utilizarse para colocar la pantalla protectora en la ubicación apropiada antes de cargar la fuente radiactiva dentro del aplicador, o la fuente radiactiva puede cargarse dentro del aplicador con la pantalla protectora en una posición predeterminada y después ajustarse la(s) posición(es) de pantalla protectora durante la exposición a la radiación con el fin de manipular la distribución de la dosis de una manera más precisa para adaptar la superficie de isodosis prescrita en forma de pera al volumen objetivo delineado.
- 30 También pueden utilizarse algoritmos de planificación de tratamiento con histogramas de volúmenes de dosis corregidos de manera radiobiológica para optimizar adicionalmente la ubicación de la pantalla protectora a lo largo del transcurso del tratamiento.

REIVINDICACIONES

1. Un aplicador de braquiterapia, que comprende:
- 5 un lumen de fuente radiactiva (11);
- al menos una pantalla protectora (9, 10) asociada con el lumen de fuente de radiación (11), y
- 10 un mecanismo mecánico conectado a la al menos una pantalla protectora (9, 10) que puede controlar el movimiento de rotación y el movimiento lineal de la al menos una pantalla protectora (9, 10) con respecto al lumen de fuente radiactiva (11).
2. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 1, en el que una fuente radiactiva se carga posteriormente dentro del lumen de fuente radiactiva (11).
- 15 3. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la al menos una pantalla protectora (9, 10) está dentro del lumen (11) de la fuente.
4. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el mecanismo mecánico se controla de manera remota a través de una señal de telemetría.
- 20 5. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un mecanismo de realimentación para confirmar la posición de la al menos una pantalla protectora (9, 10).
- 25 6. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 5, en el que el mecanismo de realimentación comprende mecanismos optoelectrónicos.
7. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un marcador de registro conectado al lumen (11) de la fuente.
- 30 8. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un capuchón (3a) que se monta sobre el lumen (11) de la fuente.
9. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 8, que comprende además al menos un marcador de registro en el capuchón (3a).
- 35 10. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 8, que comprende además al menos un marcador de registro sobre el capuchón (3a).
- 40 11. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 1, que comprende además:
- una junta pivotante (4);
- 45 un tándem (2) que presenta el lumen de fuente radiactiva (11), donde el tándem (2) está conectado a la junta pivotante (4) a través de un brazo de tándem (2a); y
- al menos un ovoide (3) que presenta el lumen de fuente radiactiva (11), donde el al menos un ovoide (3) está conectado a la junta pivotante (4) a través de un brazo de ovoide (5);
- 50 en el que la al menos una pantalla protectora (9, 10) está asociada con al menos un ovoide (3), y en el que el movimiento de rotación y el movimiento lineal de la al menos una pantalla protectora (9, 10) puede controlarse de manera remota.
12. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 11, en el que el lumen de fuente radiactiva (11) del al menos un ovoide (3) se carga posteriormente con una fuente radiactiva.
- 55 13. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 12, en el que la fuente radiactiva se carga posteriormente dentro del lumen de fuente radiactiva (11) a través del brazo de ovoide (5).
- 60 14. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el al menos un ovoide (3) comprende además una envoltura exterior y la al menos una pantalla protectora (9, 10) es interna a la envoltura exterior del al menos un ovoide (3).
15. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende además:

un carril de pantalla protectora (12) que contiene la al menos una pantalla protectora (9, 10), donde la pantalla protectora (9, 10) incluye una región de interacción de engranaje y un elemento contraroscado;

5 un árbol de rotación (14) con un engranaje asociado (16) que interactúa con la región de interacción de engranaje de la pantalla protectora (9, 10); y

un árbol lineal (13) con una parte roscada (13a) que interactúa con el elemento contraroscado del carril de pantalla protectora (12).

10 16. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 15, en el que el lumen de fuente radiactiva (11) del al menos un ovoide (3) puede cargarse posteriormente con una fuente radiactiva.

15 17. El aplicador de braquiterapia según la reivindicación 15 o la reivindicación 16, en el que la fuente radiactiva se carga posteriormente dentro del lumen de fuente radiactiva (11) a través del brazo de ovoide (5).

20 18. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que el al menos un ovoide (3) comprende además una envoltura exterior y la al menos una pantalla protectora (9, 10) es interna a la envoltura exterior del al menos un ovoide (3).

19. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en el que la al menos una pantalla protectora (9, 10) está compuesta de wolframio o de una aleación de wolframio.

25 20. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, en el que el árbol de rotación (14) o el árbol lineal (13) está compuesto de níquel-titanio.

21. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 20, que comprende además un mecanismo manual para aplicar una fuerza de rotación al árbol de rotación (14) o al árbol lineal (13).

30 22. El aplicador de braquiterapia según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, que comprende además una estación de control (27) que controla la fuerza de rotación aplicada al árbol de rotación (14) o al árbol lineal (13).

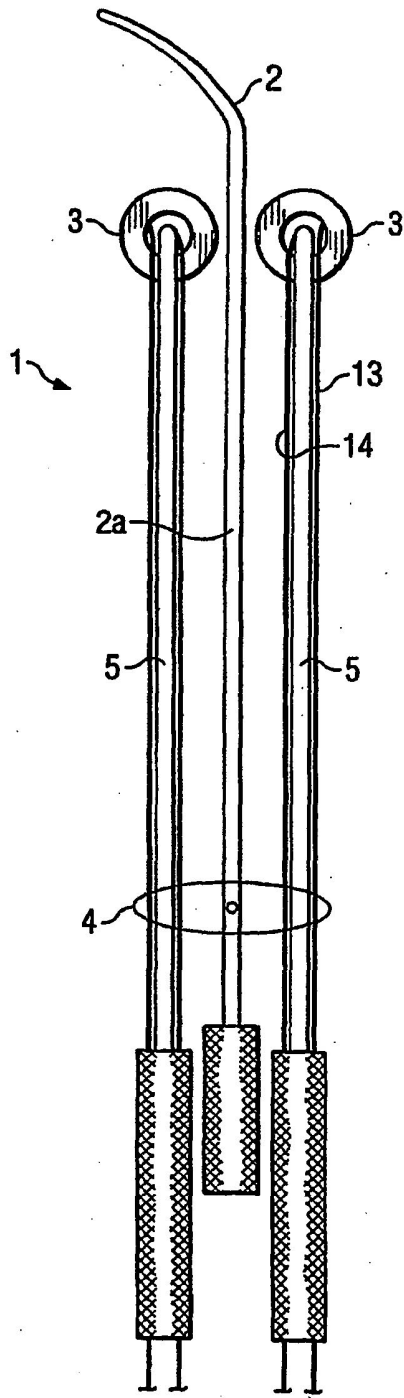


FIG. 1

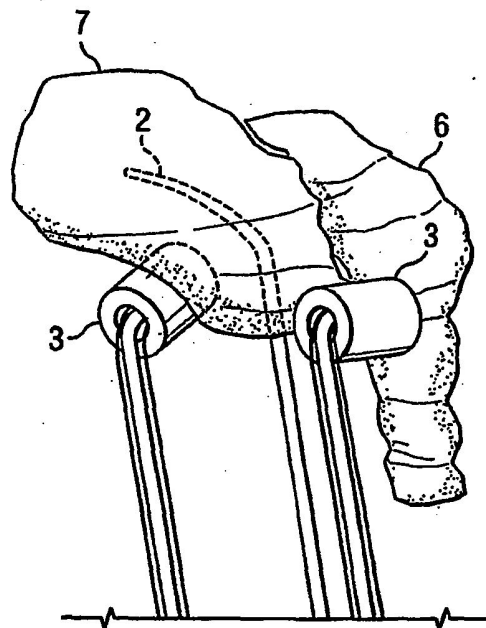


FIG. 2

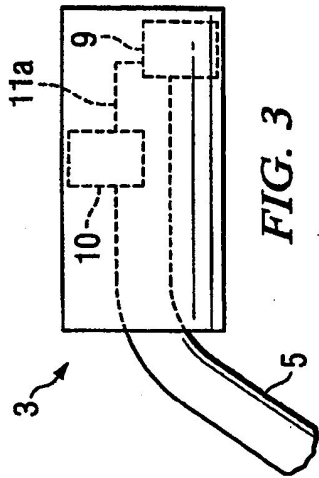


FIG. 3

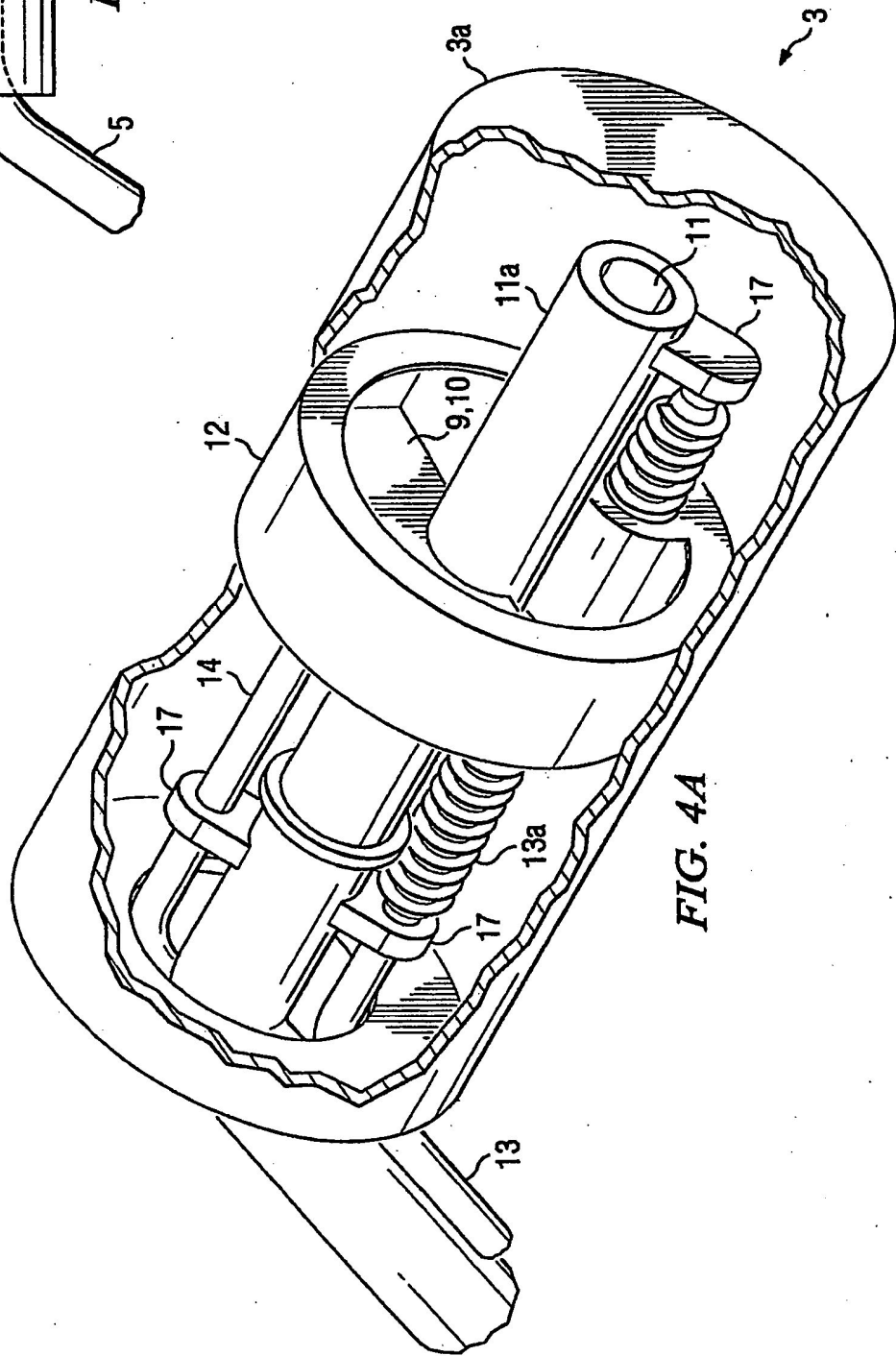
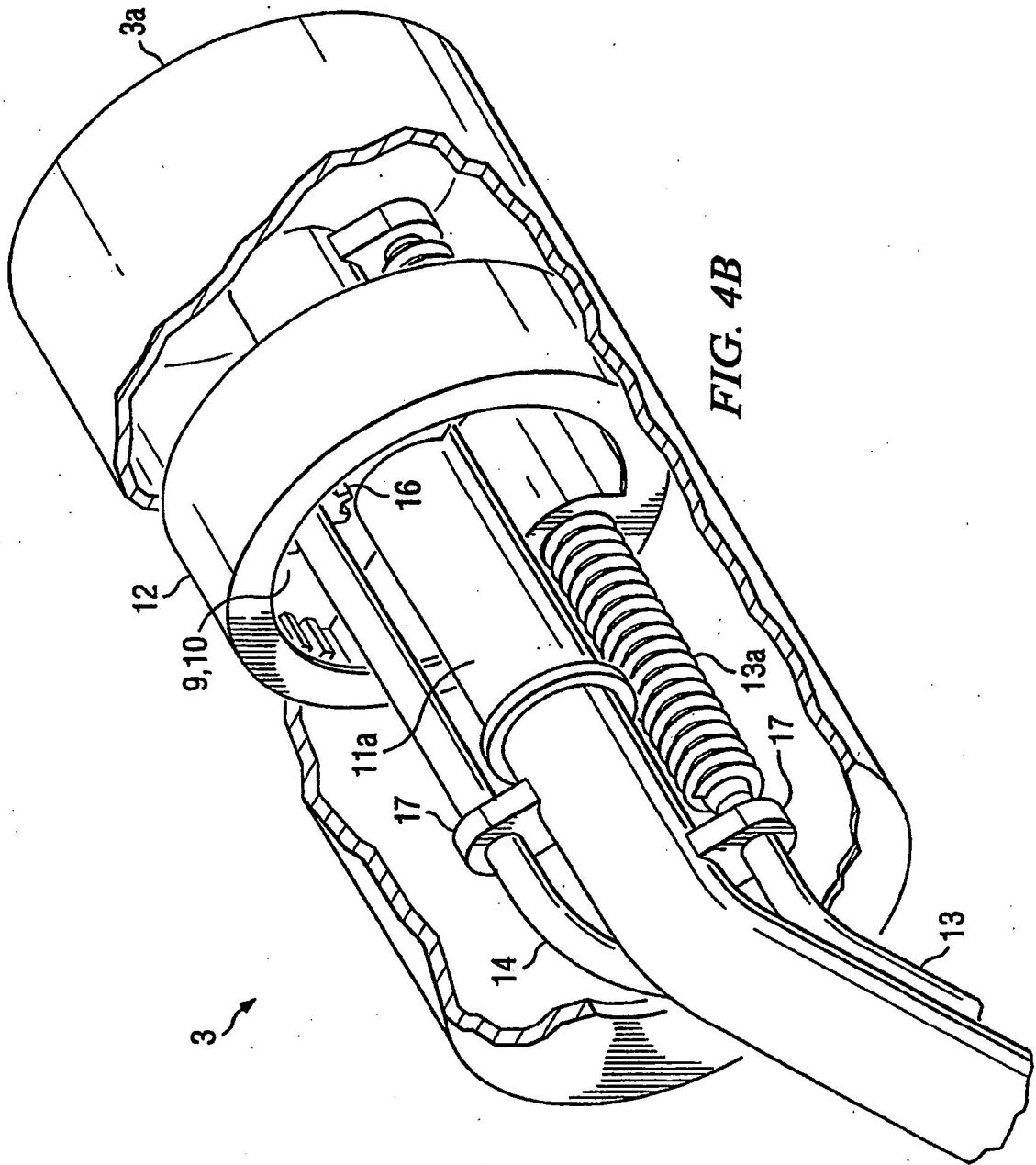


FIG. 4A



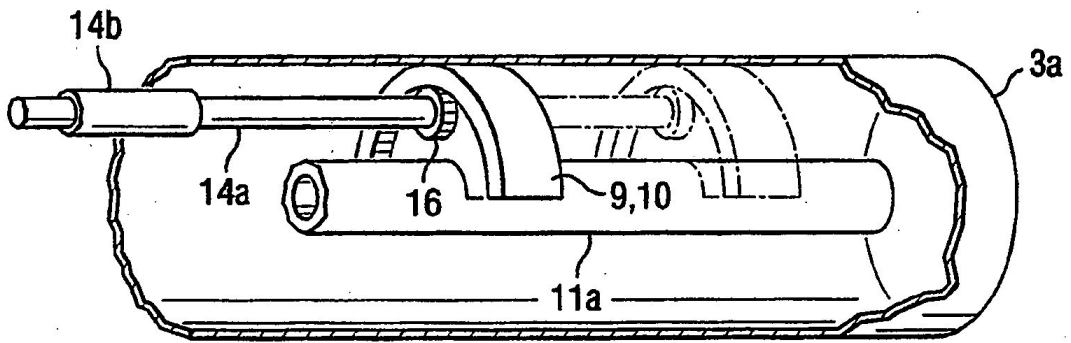


FIG. 4C

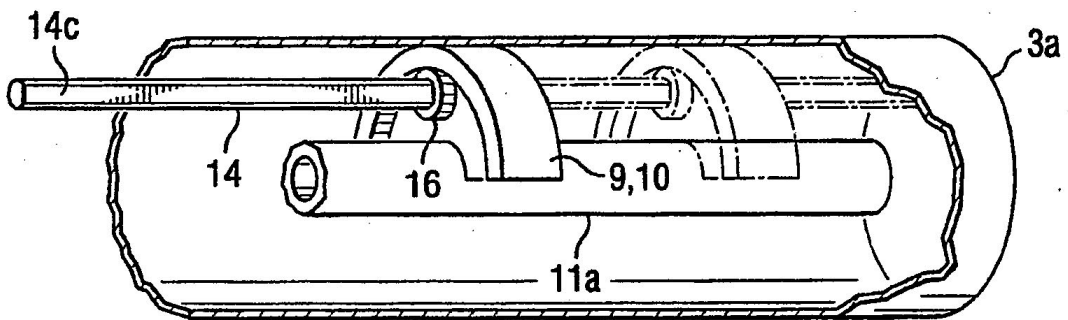


FIG. 4D

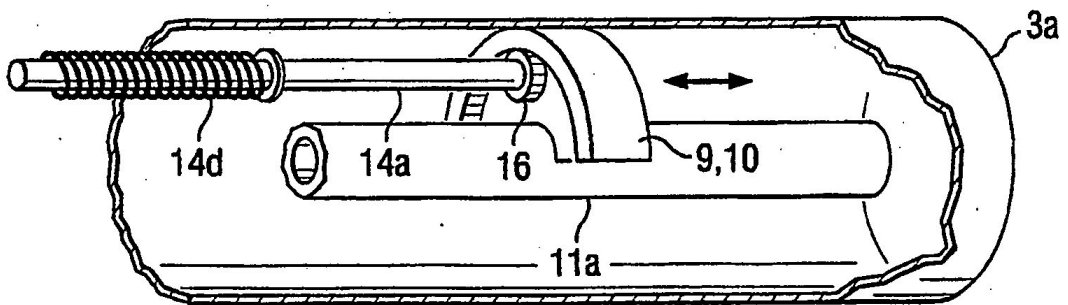
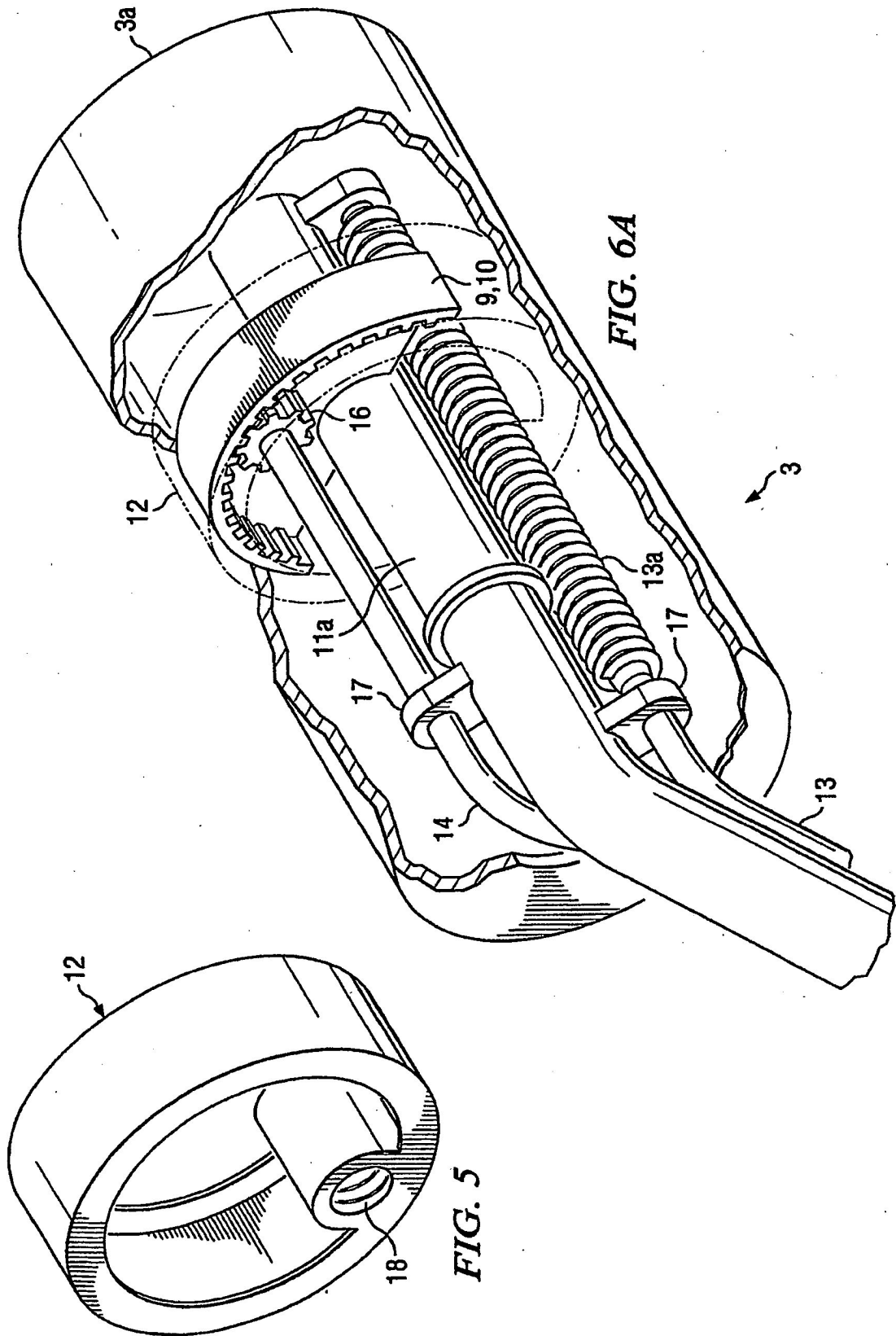
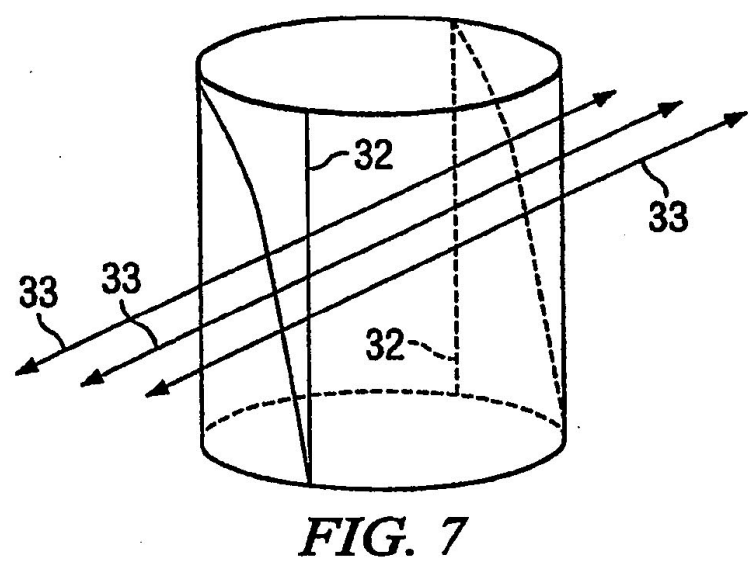
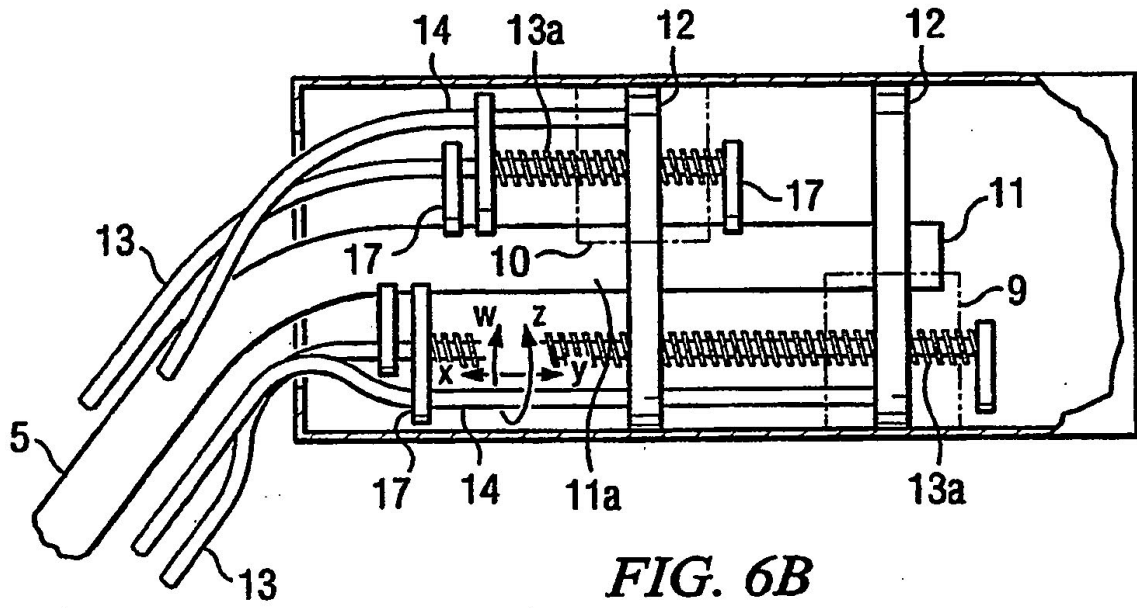


FIG. 4E





21

UNIVERSIDAD DE TEXAS
CENTRO CONTRA EL
CÁNCER MD ANDERSON
Hacemos que el cáncer sea historia

Estación de control de aplicador adaptativo

Software Rev 1.0

ENCENDER/APAGAR

Introduzca el nombre del paciente

Apellido

Introduzca el número del paciente

F

Seleccione aplicador

Ovoide izquierdo ▾

Generar informe

Menú de configuración de motor paso a paso

Control de pantalla protectora rectal ENCENDER/APAGAR

25 23

Desplazar pantalla protectora rectal, mm.

-10 0 10

Posición real, mm.

Girar pantalla protectora rectal, grados

80.0 100.0 120.0 140.0 160.0 180.0 20.0 40.0 60.0

24

Ángulo de rotación real, grados

Control de pantalla protectora de vejiga ENCENDER/APAGAR

25 23a

Desplazar pantalla protectora de vejiga, mm.

-10 0 10

Posición real, mm.

Girar pantalla protectora de vejiga, grados

80.0 100.0 120.0 140.0 160.0 180.0 20.0 40.0 60.0

24

Ángulo de rotación real, grados

Indicador de progreso de movimiento de pantalla protectora

Parar

CAMPO ESTÉRIL

```

    graph TD
        subgraph Sterile_Field [CAMPO ESTÉRIL]
            OVOIDE2[OVOIDE2]
            OVOIDE1[OVOIDE1]
        end
        Motor[MOTOR PASO A PASO 22]
        Drive[ACCIONAMIENTO DE MOTOR PASO A PASO DE 8 EJES 30]
        Controller[CONTROLADOR DE MOVIMIENTO NI PCI 7334 29]
        LabVIEW[VENTANA labVIEW 28]
        
        OVOIDE2 --> Motor
        OVOIDE1 --> Motor
        Drive --> Motor
        Controller <--> LabVIEW
        Controller --> Drive
    
```

FIG. 8

18