



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 070**

51 Int. Cl.:
A61F 2/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05738517 .1**

96 Fecha de presentación : **18.04.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1737385**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.01.2007**

54 Título: **Filtro retirable para vena cava con características de anclaje que provoca un trauma reducido.**

30 Prioridad: **16.04.2004 US 563192 P**
16.04.2004 US 562813 P
16.04.2004 US 562909 P
16.04.2004 US 563176 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.04.2011

73 Titular/es: **COOK INCORPORATED**
750 Daniel's Way P.O. Box 489
Bloomington, Indiana 47402-0489, US
WILLIAM COOK EUROPE A.p.s.

72 Inventor/es: **Osborne, Thomas, A.;**
Molgaard-Nielsen, Arne y
Hendriksen, Per

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 357 070 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).

DESCRIPCION

Filtro retirable para vena cava con característica de anclaje que provoca un trauma reducido.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

El presente invento se refiere a dispositivos para uso médico. Más particularmente, el invento se refiere a un filtro retirable para coágulos en la vena cava, que puede implantarse y retirarse por vía percutánea de la vena cava de un paciente.

Hace más de treinta años que puede disponerse de dispositivos filtrantes que se implantan por vía percutánea en la vena cava. La necesidad de los dispositivos filtrantes tiene su origen en pacientes que han sufrido traumas, pacientes sometidos a cirugía ortopédica, pacientes de neurocirugía o en pacientes cuyas condiciones médicas exigen su inmovilidad o se permanencia en cama. En tales condiciones médicas, surge la necesidad de implantar dispositivos filtrantes debido a la probabilidad de trombosis en la red vascular periférica de los pacientes en los que se desprenden trombos de la pared de un vaso, por lo que existe el riesgo de un embolismo o una embolización aguas abajo. Por ejemplo, dependiendo del tamaño, tales trombos suponen un serio riesgo de embolismo pulmonar cuando coágulos de sangre migran desde la red vascular periférica a través del corazón y a los pulmones.

En la vena cava de un paciente puede desplegarse un dispositivo filtrante cuando, por ejemplo, la terapia con anticoagulantes está contraindicada o a fracasado. Típicamente, los dispositivos filtrantes son implantes permanentes, cada uno de los cuales queda implantado en el paciente de por vida, aún cuando haya desaparecido la condición o el problema médico que hizo necesario el dispositivo. Más recientemente, se han utilizado o considerado filtros en pacientes en preparación para ser operados y en pacientes predispuestos a una trombosis que ponga al paciente en riesgo de sufrir un embolismo pulmonar.

Los beneficios que aporta un filtro para vena cava están bien establecidos, pero pueden introducirse mejoras. Por ejemplo, los filtros no han sido considerados como retirables del paciente debido a la probabilidad de endoteliosis del filtro durante el tratamiento. Tras la implantación de un filtro en un paciente, las células íntimas proliferantes comienzan a acumularse en torno a los tirantes del filtro que están en contacto con la pared del vaso. Transcurrido un cierto tiempo, dicho crecimiento impide la retirada del filtro sin correr el riesgo de que se produzca un trauma, siendo necesario dejar el filtro implantado en el paciente. Como resultado de ello, existe la necesidad de un filtro efectivo que pueda ser retirado una vez superada la condición médica subyacente.

Comúnmente, los filtros usuales se descentran o se inclinan con respecto al cubo del filtro y al eje longitudinal del vaso en que han sido implantados. A consecuencia de ello, el filtro, incluyendo el cubo y el gancho de recuperación, se aplica con la pared del vaso en toda su longitud y, potencialmente, se integran en su endotelio. Esta condición se representa en la figura 1a, ilustrativa de la técnica anterior, en la que un filtro 113 perteneciente a la técnica anterior ha sido implantado mediante una funda de implantación 125 a través del vaso 150 de un paciente. En caso de que ocurra esto, hay una gran probabilidad de que el filtro se integre en el endotelio del vaso sanguíneo en toda una longitud sustancial del alambre del filtro. Como resultado, el filtro se convierte en un implante permanente en un período de tiempo más corto que de otra manera.

Un filtro típico se describe en el documento US-A-5242462.

Además, pueden introducirse otras mejoras relacionadas con la implantación o la recuperación de filtros para vena cava. Para la implantación de filtros en la vena cava, un sistema introductor que tiene un tubo introductor, puede insertarse por vía percutánea en la vena cava de un paciente a través de la vena femoral o la yugular. Parte de un conjunto introductor 120 se ilustra en la fig. 1b, perteneciente a la técnica anterior, en la que el filtro 113 de la técnica anterior se lleva por vía percutánea a través de la yugular 154 de una funda interna 122 extendiéndose los ganchos de anclaje 116 del filtro 113 más allá del extremo distal 121. Sobre la funda interna 122 se dispone entonces una funda externa 126 para evitar que, indeseablemente, los ganchos de anclaje 116 rayen o arañen el tubo introductor 130. Las fundas interna y externa 122, 126, junto con un miembro empujador 132, son desplazados, entonces, conjuntamente a través del tubo introductor 130 para llevar el filtro 113 a la vena cava del paciente. El diseñar un filtro para vena cava dotado de características que disminuyesen la preocupación de que los ganchos de anclaje rayasen o arañasen indeseablemente las paredes exteriores de un tubo introductor o del vaso sanguíneo, conservando al mismo tiempo la eficacia del filtro, ha constituido un desafío.

Además, también es un reto el proporcionar un filtro retirable para vena cava dotado de una característica de anclaje que impida su migración hacia el corazón, permitiendo a la vez una retirada fácil, no traumática, cuando deja de existir la condición médica del paciente. Un filtro para vena cava puede verse sometido a fuerzas considerables cuando el filtro está sustancialmente obstruido por coágulos y el paciente se esfuerza o realiza una maniobra de Valsalva. Ello tiende a dilatar la vena cava y a forzar el desplazamiento de un gran volumen de sangre hacia el corazón. Se han producido incidencias cuando filtros diseñados para su implantación permanente han sido desalojados y han migrado al corazón cuando se han visto sometidos a tal enfrentamiento. Por ejemplo, la figura 1c muestra el resultado cuando el filtro 113 es movido llevándolo de un estado expandido a un estado aplastado para su retirada. Como el flujo de sangre tiende a empujar al filtro 113 hacia el corazón, la punta 123 del gancho 113 penetra más profundamente en la pared 150

del vaso. A consecuencia de ello, la retracción del tirante 138 hace que la punta 123 del gancho 113 corte o rasgue el tejido de la pared 150 del vaso.

BREVE RESUMEN DEL INVENTO

5 El presente invento proporciona un filtro retirable para vena cava, para capturar trombos en un vaso sanguíneo y el alcance del invento se establece en las reivindicaciones adjuntas. El filtro comprende una pluralidad de tirantes principales que tienen primeros extremos unidos juntos a lo largo del eje geométrico longitudinal del filtro. Cada tirante tiene un miembro de cuerpo que se extiende desde el primer extremo a lo largo del eje longitudinal hasta un gancho de anclaje definiendo un eje geométrico del tirante. Cada tirante está configurado para moverse a lo largo de un trayecto del tirante con relación al eje longitudinal, entre un estado expandido, para aplicarse con el vaso sanguíneo y un estado aplastado para la implantación o la retirada del filtro. Cada gancho de anclaje forma un ángulo de unos 90 grados con relación al eje geométrico del tirante.

15 En otra realización, el miembro de cuerpo es un segmento arqueado. En estado aplastado, cada tirante principal está configurado para cruzarse con otro tirante principal a lo largo del eje longitudinal, de tal modo que los segmentos arqueados ocupen un primer diámetro mayor que un segundo diámetro ocupado por los ganchos de anclaje para la recuperación o la implantación del filtro. En estado expandido, cada segmento arqueado se extiende en arco a lo largo de un eje longitudinal y linealmente con relación a un eje radial desde el primer extremo hasta el gancho de anclaje.

20 En otra realización, el filtro retirable incluye una pluralidad de tirantes secundarios que tienen extremos conectados unidos entre sí a lo largo del eje longitudinal. Cada tirante secundario tiene un primer arco que se extiende desde el extremo conectado y un segundo arco que se extiende desde el primer arco hasta un extremo libre. El segundo arco está configurado para aplicarse con el vaso sanguíneo con el fin de centrar el filtro en estado expandido en el vaso sanguíneo.

25 En todavía otra realización, el filtro retirable incluye, además, un cubo conectado para alojar axialmente los primeros extremos de la pluralidad de tirantes principales y los extremos conectados de los tirantes secundarios. El filtro comprende, también, un gancho de recuperación que se extiende desde el cubo en oposición a la pluralidad de tirantes principales, para retirar el filtro del vaso sanguíneo.

30 En ciertas realizaciones, pares de tirantes secundarios están posicionados entre pares de tirantes principales. Cada par de tirantes secundarios se retuercen, juntos, cerca de los extremos conectados de los tirantes secundarios, para formar una sección retorcida. Las secciones retorcidas de los tirantes secundarios rigidizan efectivamente los tirantes para mejorar su capacidad de centrado a fin de impedir que el filtro se incline cuando se le despliega en el vaso sanguíneo. Por ello, la aplicación entre los tirantes y el vaso sanguíneo se reduce al mínimo, lo que disminuye el potencial de que los tirantes se integren endotelialmente dentro del vaso sanguíneo. Otra característica de las secciones retorcidas es que impiden o, al menos, reducen al mínimo, la posibilidad de que los tirantes secundarios se enreden con los tirantes principales.

35 Otros aspectos, características y ventajas del invento se pondrán de manifiesto a partir la consideración de la siguiente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, cuando se toman en conexión con los dibujos anejos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1a es una vista lateral de un filtro de la técnica anterior desplegado a través de la red vascular de un paciente;

40 la figura 1b es una vista lateral de un conjunto introductor que incluye el filtro de la técnica anterior para ser implantado en la vena cava de un paciente;

la figura 1c es una vista agrandada de un gancho de anclaje del filtro de la técnica anterior rodeado por el círculo 1c en la figura 1a, siendo retirado el filtro de la pared de un vaso;

45 la figura 2 es una ilustración de la anatomía de las venas renales, las venas ilíacas y la vena cava, en la que se ha desplegado una realización del filtro para vena cava del presente invento;

la figura 3a es una vista lateral, en perspectiva, de un filtro para vena cava en estado expandido;

la figura 3b es una vista agrandada del filtro para vena cava, que muestra un gancho de anclaje en el círculo 3b;

50 la figura 3c es una vista lateral del filtro para vena cava de la figura 3a en estado aplastado y dispuesto en un tubo introductor;

la figura 4 es una vista agrandada de parte de una segunda porción arqueada de un tirante principal en el círculo 3b;

la figura 5 es una vista en sección transversal de un cubo del filtro de la figura 3, tomada por la línea 5-5;

la figura 6a es una vista en sección transversal de la vena cava, que muestra el filtro parcialmente desplegado con el gancho de retirada por delante;

5 la figura 6b es una vista en sección transversal de la vena cava, que muestra el filtro parcialmente desplegado con los ganchos de anclaje por delante;

la figura 7a es una vista en sección transversal de la vena cava, en la que el filtro de la figura 3 ha sido desplegado;

la figura 7b es una vista agrandada del filtro de la figura 7a que representa, en el círculo 7b, un gancho de anclaje de acuerdo con el invento, aplicado en la pared de un vaso;

10 la figura 7c es una vista de parte de un filtro, que ilustra otra realización de un gancho de anclaje en aplicación con la pared de un vaso;

la figura 7d es una vista de parte del filtro que representa todavía otra realización de un gancho de anclaje en aplicación con la pared de un vaso;

la figura 8a es una vista en sección transversal de la vena cava de la figura 7a, tomada por la línea 8-8;

15 la figura 8b es una vista en sección transversal de la vena cava de la figura 7a, tomada por la línea 8-8, que representa otra realización del filtro;

la figura 9a es una vista en sección transversal de un vaso sanguíneo en el que una funda de recuperación se aplica con los tirantes principales del filtro de la figura 3, para retirarlo;

20 la figura 9b es una vista en sección transversal de un vaso sanguíneo en el que la funda de recuperación incluye el filtro en estado aplastado, para su retirada;

la figura 10 es una vista en sección transversal de un vaso sanguíneo que muestra un filtro para vena cava desplegado dentro del vaso sanguíneo, de acuerdo con otra realización del invento; y

la figura 11 es una vista del vaso sanguíneo y del filtro de la figura 10, tomada por la línea 11-11.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL INVENTO

25 De acuerdo con una realización, la figura 2 ilustra un filtro 10 para vena cava implantado en la vena cava 50 con el fin de destruir o capturar los trombos transportados por la sangre que circula por las venas ilíacas 54, 56 hacia el corazón y a la arterias pulmonares. Como se muestra, las venas ilíacas se juntan en la unión 58 en la vena cava 50. Las venas renales 60 procedentes de los riñones 62 se unen con la vena cava 50 aguas abajo de la unión 58. La parte de la vena cava 50 comprendida entre la unión 58 y las venas renales 60 define la vena cava inferior 52, en la que se ha desplegado, por vía percutánea a través de la vena femoral, el filtro 10 para vena cava. De preferencia, el filtro 10 para vena cava tiene una longitud menor que la longitud de la vena cava inferior 52. Si la parte inferior del filtro penetra en las venas ilíacas, la eficacia del filtrado de verás comprometida y, si los alambres del filtro cruzan el origen de las venas renales, los alambres podrían interferir con el flujo de sangre procedente de los riñones.

30 Esta realización se describirá con mayor detalle haciendo referencia a las figuras 3-9, en las que se muestra el filtro 10. La figura 3a ilustra el filtro 10 en estado expandido, el cual comprende cuatro tirantes principales 12, cada uno de los cuales tiene un primer extremo, que parten de un cubo 11. El cubo 11 se une recalando juntos los primeros extremos 14 de los tirantes principales 12 en un punto central A para formar un haz compacto a fin de definir un eje geométrico central o longitudinal, X, del filtro, como se muestra en la figura 3a. El cubo 11 tiene un diámetro mínimo para el tamaño del alambre utilizado para formar los tirantes.

35 40 Preferiblemente, los tirantes principales 12 están formados de material superelástico, alambre de acero inoxidable, aleación de cobalto-cromo-níquel-molibdeno-hierro, Nitinol, titanio, aleación de cobalto-cromo, polímeros termocurables y termoplásticos o cualquier material adecuado que proporcione como resultado un filtro que se abra o que se expanda automáticamente. En esta realización, los tirantes principales 12 están formados, preferiblemente, de alambre de sección transversal redonda o casi redonda, con un diámetro de, al menos, unos 0,381 mm (0,015 pulgadas). Naturalmente, no es necesario que los tirantes principales tengan sección transversal redonda. Por ejemplo, los tirantes principales 12 podrían adoptar cualquier forma de bordes redondeados a fin de mantener un flujo de sangre no turbulento a su través.

45 Cada tirante principal 12 incluye un miembro de cuerpo 15. En esta realización, el miembro de cuerpo 15 es un segmento arqueado 16 que tiene forma de S poco marcada en estado expandido. En estado expandido, cada segmento arqueado 16 está formado con una primera parte curva 20 configurada para curvarse suavemente separándose del eje longitudinal o central X del filtro 10 y una segunda parte curva 23 que está configurada para acercarse suavemente hacia el eje longitudinal del filtro 10. Debido a la suave curvatura de cada segmento arqueado 16, se evita

sustancialmente la formación de una prominencia o de un punto de inflexión en el tirante principal 12, facilitándose la aplicación no traumática con la pared del vaso.

Como se muestra en las figuras 3a y 3b, cada tirante principal 12 termina en un gancho de anclaje 26 que tiene una punta 29 que define un eje geométrico S de tirante del respectivo tirante principal 12. Los ganchos de anclaje 26 se anclarán en la pared del vaso cuando se despliegue el filtro 10 en un lugar de implantación en el vaso sanguíneo. Cada tirante principal 12 está configurado para moverse a lo largo de un trayecto P del tirante, entre un estado expandido, para aplicación de los ganchos de anclaje 26 con el vaso sanguíneo, y un estado aplastado para la recuperación o la implantación del filtro. En esta realización, el trayecto del tirante forma un ángulo comprendido entre unos 20° y unos 40° con el eje longitudinal del filtro.

En estado expandido, cada segmento arqueado 16 se extiende en arco a lo largo de un eje longitudinal X (como se muestra en la figura 3a) y linealmente con relación a un eje radial R (como se muestra en la figura 8a) desde el primer extremo 14 hasta el gancho de anclaje 26. Como se muestra en la figura 8a, los tirantes principales 12 se extienden radialmente desde los primeros extremos 14, definiendo el eje radial R. En esta realización, los tirantes principales 12 se extienden linealmente con relación al eje radial R y se evita que se enreden con otros tirantes.

Como se describe con mayor detalle en lo que sigue, las suaves curvas de cada segmento arqueado 16 permiten que cada tirante principal 12 se cruce con otro tirante principal 12 a lo largo del eje longitudinal X en estado aplastado de tal modo que cada gancho de anclaje 26 mire hacia dentro o esté posicionado a lo largo del eje longitudinal X separándose de la pared de un vaso sanguíneo para la recuperación o la implantación del filtro.

De acuerdo con el invento, cada gancho de anclaje 26 se extiende desde el segmento arqueado 16 hasta la punta 29 a lo largo del trayecto P del tirante hasta, aproximadamente, un punto T de tangencia en el trayecto P del tirante. El gancho 26 incluye una curva 31 que forma un ángulo de hasta 90 grados con relación al eje S del tirante. Se ha encontrado que, formando la curva 31 del gancho 26 de manera que el gancho 26 se extienda hasta, aproximadamente un punto T de tangencia en el trayecto P del tirante, cada gancho 26 puede ser retraído de la pared del vaso de forma no traumática, sin arrastrar sustancialmente tejido alguno del mismo. Para conseguir esto, se ha encontrado también que el arco o curva 31 del gancho 26 está limitado a 90 grados con respecto al eje S del tirante. Ha de observarse que este principio podría aplicarse a cualquier diseño de filtro en tanto el gancho o la punta de éste coincida con el trayecto del tirante. Como se muestra, cada gancho 26 incluye una cara extrema 33 que tiene un rebajo que es aproximadamente paralelo al eje longitudinal del filtro 10.

Los ganchos de anclaje 26 están diseñados para permitir la retirada fácil, no traumática, del filtro de la vena cava cuando se ha solucionado la condición del paciente que ha exigido la implantación del filtro. Al mismo tiempo, los ganchos de anclaje 26 impiden que el filtro 10 migre desde el lugar de implantación en el vaso sanguíneo donde ha sido depositado. Cuando se despliega el filtro 10 en un vaso sanguíneo, los ganchos de anclaje 26 se aplican con las paredes del vaso sanguíneo para definir una primera parte axial para asegurar el filtro en el vaso sanguíneo.

Los tirantes principales 12 están configurados y dimensionados de tal modo que, cuando el filtro 10 está completamente expandido, el filtro 10 tenga un diámetro de entre unos 25 mm y unos 45 mm y una longitud de entre unos 3 cm y unos 7 cm. Por ejemplo, el filtro 10 puede tener un diámetro de unos 35 mm y una longitud de unos 5 cm cuando se expande libremente. Los tirantes principales 12 tienen suficiente resistencia elástica para que, cuando se despliegue el filtro, los ganchos de anclaje 26 se anclen en la pared del vaso.

En esta realización, el filtro 10 incluye una pluralidad de tirantes secundarios 30 que tienen extremos 32 conectados que, también, salen del cubo 11. El cubo 11 se forma uniendo mediante recalcado los extremos 32 conectados en el punto central A de los tirantes secundarios 30 junto con los tirantes principales 12. En esta realización, cada tirante principal 12 tiene dos tirantes secundarios 30 en relación yuxtapuesta con el tirante principal 12. Los tirantes secundarios 30 se extienden desde los extremos 32 conectados hasta los extremos libres 34 para centrar el filtro 10, en estado expandido, en el vaso sanguíneo. Como se muestra, cada tirante secundario 30 se extiende en arco a lo largo del eje longitudinal y linealmente con relación al eje radial desde el extremo 32 conectado hasta el extremo libre 34 para aplicar el gancho de anclaje 26 con el vaso sanguíneo. Como los tirantes principales 12, los tirantes secundarios 30 se extienden linealmente con relación al eje radial y se evita así que se enreden con otros tirantes.

Los tirantes secundarios 30 pueden estar hechos del mismo tipo de material que los tirantes principales 12. Sin embargo, los tirantes secundarios 30 pueden tener un diámetro menor, por ejemplo, al menos unos 0,305 mm (0,012 pulgadas), que los tirantes principales 12. En esta realización, cada uno de los tirantes secundarios 30 está formado por un primer arco 40 y un segundo arco 42. El primer arco 40 se extiende desde el extremo conectado 32 separándose del eje longitudinal X. El segundo arco 42 se extiende desde el primer arco 40 hacia el eje longitudinal X. Como se muestra, dos tirantes secundarios 30 están situados a cada lado de un tirante principal 12 para formar parte de una configuración de rejilla del filtro 10. En esta realización, el cubo 11 está hecho, preferiblemente, del mismo material que los tirantes principales y secundarios, a fin de reducir la posibilidad de corrosión galvánica o de cambios moleculares del material debido a una soldadura.

Cuando se expanden libremente, los extremos libres 34 de los tirantes secundarios 30 se expandirán radialmente hacia fuera hasta adoptar un diámetro de entre unos 25 mm y unos 45 mm, para aplicarse con la pared del

vaso. Por ejemplo, los tirantes secundarios 30 pueden expandirse radialmente hacia fuera hasta adoptar un diámetro de entre unos 35 mm y unos 45 mm. Los arcos secundarios 42 de los extremos libres 34 se aplican con la pared de un vaso sanguíneo para definir una segunda parte axial donde se produce la aplicación con la pared del vaso. Los tirantes secundarios 30 funcionan para estabilizar la posición del filtro 10 alrededor del centro del vaso sanguíneo en el que es desplegado. Como resultado, el filtro 10 tiene dos capas o partes de tirantes que se aplican longitudinalmente con la pared del vaso sanguíneo. La longitud del filtro 10 esté definida, preferiblemente, por la longitud de un tirante principal 12. Además, el diámetro del cubo 11 está definido por el tamaño del haz que contiene los tirantes principales 12 y los tirantes secundarios 30. En esta realización, los ocho tirantes secundarios 30 incrementan mínimamente el diámetro del cubo 11 o la longitud global del filtro 10, debido al diámetro reducido de cada tirante secundario 30. Esto se consigue al mismo tiempo que se mantiene el filtro 10 en condición centrada con relación a la pared del vaso y formado como parte de la configuración de rejilla del filtro 10. Como se muestra, el gancho de retirada 46 se extiende desde el cubo 11 en oposición a los tirantes principales y secundarios 12 y 30.

En esta realización, cada segmento arqueado 16 tiene un grosor de, al menos, unos 0,381 mm (0,015 pulgadas) y una resistencia a la tracción de entre 1,97 y 2,28 GPa (285000 libras por pulgada cuadrada (psi) y 330000 psi), aproximadamente. Cada gancho de anclaje 26 es enterizo con el segmento arqueado 16 y tiene el grosor y la resistencia a la tracción del segmento arqueado. Cada tirante secundario 30 tiene un grosor de, al menos, 0,305 mm (0,012 pulgadas), aproximadamente y una resistencia a la tracción comprendida entre 1,97 y 2,28 GPa (285000 psi y 330000 psi), aproximadamente.

La figura 3c ilustra el filtro 10 en estado aplastado dispuesto en un tubo 94 de implantación/recuperación, para su implante o recuperación. Como se muestra, el filtro 10 está formado de modo que cada tirante principal 12 se cruce con otro tirante principal 12 a lo largo del eje longitudinal X. Como resultado, en estado aplastado, los ganchos de anclaje 26 están configurados para ser invertidos o posicionados u orientados hacia dentro a lo largo del eje longitudinal X y separándose a las paredes de un vaso sanguíneo para la recuperación y la implantación del filtro 10. Esta configuración invertida u orientada hacia dentro de los ganchos de anclaje 26 permite una implantación y una recuperación simplificadas del filtro 10. Por ejemplo, se elimina la preocupación de que los ganchos de anclaje 26 puedan, en estado aplastado, rascar, rayar o desgarrar la pared interna de un tubo de implantación/recuperación, ya que el filtro 10 del presente invento está configurado para que los ganchos de anclaje 26 estén posicionados u orientados hacia dentro a lo largo del eje longitudinal, alejados del vaso sanguíneo. De hecho, durante la implantación o la retirada del filtro 10 a través de la vena yugular, puede eliminarse un conjunto de fundas interna y externa de implantación/retirada (véase la figura 1b que ilustra la técnica anterior). En su lugar, para implantar o recuperar el filtro 10 puede emplearse, simplemente, un tubo de implantación/recuperación con un mecanismo de lazo.

Además, en estado aplastado, cada tirante principal 12 está configurado para cruzarse con otro tirante principal 12 a lo largo del eje longitudinal X de tal modo que los segmentos arqueados 16, las primeras partes curvadas 20 o las segundas partes curvadas 23 ocupen un primer diámetro D1. En esta realización, el primer diámetro es mayor que el segundo diámetro D2 ocupado por los ganchos de anclaje 26 para la recuperación o la implantación del filtro. Se ha encontrado que el primer diámetro de los segmentos arqueados 16 sirve para dejar libre un trayecto de recuperación, haciendo que la fuerza radial ejercida a partir de la funda o del vaso sanguíneo sobre los ganchos de anclaje 26, durante la retirada del filtro 10 de un paciente, sea menor. El hecho de disminuir la fuerza radial sobre los ganchos de anclaje 26 ayuda a impedir que los ganchos de anclaje 26 rasquen, rayen o desgarran la pared interna de la funda durante la retirada del filtro 10 de un paciente.

En esta realización, ha de observarse que el filtro 10 puede ser implantado o recuperado mediante cualquier tubo introductor adecuado (para implantación o recuperación). Sin embargo, se prefiere que el tubo introductor tenga un diámetro interno de entre 4,5 French y 16 French (1,48 mm y 5,28 mm) aproximadamente, y más preferiblemente entre 6,5 French y 14 French (2,14 mm y 4,62 mm) aproximadamente.

La figura 4 ilustra un tirante principal 12 que incluye una curva distal 43 formada en él y que se extiende radialmente hacia fuera desde el eje longitudinal X. Como se muestra en la figura 4, la curva distal 43 puede extenderse hacia fuera en un ángulo θ de entre 0,5 grados y 2 grados, aproximadamente, de preferencia 1,0 grados. La curva distal 43 permite que el filtro 10 filtre eficazmente los trombos en un vaso sanguíneo con un diámetro interno menor del que, de otro modo, podría ser, al tiempo que conserva la capacidad de aplastarse con fines de implantación o de recuperación.

La figura 5 ilustra una vista en sección transversal del filtro 10 de la figura 3a por el cubo 11. Como se muestra, el cubo 11 aloja un haz de primeros extremos 14 de los cuatro tirantes principales 12 y extremos conectados 32 de los tirantes secundarios 30. La figura 5 representa, además, las configuraciones de los tirantes principales y secundarios, 12 y 30. En esta realización, los tirantes principales 12 están separados entre dos tirantes secundarios 30. Naturalmente, los tirantes principales 12 pueden estar separados entre cualquier otro número adecuadamente deseado de tirantes secundarios 30, sin caer fuera del alcance del presente invento.

En esta realización, las figuras 6a y 6b ilustran, ambas, el filtro 10 parcialmente desplegado en la vena cava inferior 52. La figura 6a muestra el filtro 10 siendo implantado mediante un tubo de implantación 48 a través de la vena femoral de un paciente y la figura 6b ilustra el filtro 10 siendo implantado mediante un tubo de implantación 50 a través de la vena yugular de un paciente. Para desplegar el filtro 10, se introduce un tubo de implantación por vía percutánea a

través del vaso del paciente de tal modo que el extremo distal del tubo de implantación se encuentre en el lugar en que ha de producirse el despliegue. En esta realización, preferiblemente se utiliza un alambre de guía para guiar al tubo de implantación hasta el lugar de despliegue. En la figura 6a, el filtro 10 se introduce a través del extremo proximal del tubo de implantación 48 con el gancho de retirada 46 por delante y los ganchos de anclaje 26 de los tirantes principales 12 retenidos por un miembro retenedor de filtro para su implantación a través de la vena femoral de un paciente.

En la figura 6b, el filtro 10 se introduce a través del extremo proximal del tubo de implantación 50 con los ganchos de anclaje 26 de los tirantes principales 12 por delante y el gancho de retirada 46 por detrás, para su implantación a través de la vena yugular de un paciente. En esta realización, un alambre de empujador que tiene un miembro empujador en su extremo distal puede ser hecho avanzar a través del extremo proximal del tubo de implantación 50, empujando por tanto el filtro 10 hasta que éste alcanza el extremo distal del tubo de implantación 50, en un lugar deseado.

Durante el despliegue, los tirantes secundarios 30 se expanden primero para centrar o equilibrar el filtro dentro del vaso. Cuando los extremos libres de los tirantes secundarios emergen del extremo distal de cualquiera de los tubos 48 o 50, los tirantes secundarios 30 se expanden hasta una posición expandida, como se muestra en ambas figuras 6a y 6b. Los segundos arcos 42 se aplican con la pared interna del vaso. Los segundos arcos 42 de los tirantes secundarios 30 sirven para estabilizar la actitud del filtro 10 en relación con el centro del vaso sanguíneo. Cuando se implanta a través de la vena yugular (figura 6b), el filtro 10 es empujado entonces adicionalmente por el alambre empujador (no representado), hasta que se despliega por completo.

Cuando el filtro 10 se expande por completo en la vena cava, los ganchos de anclaje 26 de los tirantes principales 12 y los segundos arcos 42 de los tirantes secundarios 30 se aplican con la pared del vaso. Los ganchos de anclaje 26 de los tirantes principales 12 anclan el filtro 10 en el lugar del despliegue en el vaso, impidiendo que el filtro 10 se desplace con el flujo de sangre a través del vaso. Como resultado, el filtro 10 está soportado por dos grupos de tirantes que están axialmente espaciados a lo largo de la longitud del filtro.

La figura 7a ilustra el filtro 10 completamente expandido después de ser desplegado en la vena cava inferior 52. Como se muestra, la vena cava inferior 52 se ha representado con arranque de forma que pueda verse el filtro 10. La dirección del flujo de sangre BF se indica en la figura 7a mediante la flecha designada con BF. Los ganchos de anclaje 26 en los extremos de los tirantes principales 12 se muestran anclados en el revestimiento interno de la vena cava inferior 52. Los ganchos de anclaje 26 incluyen puntas 29 que, en esta realización, sobresalen hacia el cubo 11 del filtro como se ha descrito anteriormente y como se muestra en las figuras 3a-3c. Las puntas 29 sirven para retener el filtro 10 en el lugar de despliegue.

La configuración cargada elásticamente de los tirantes principales 12 hace, además, que los ganchos de anclaje 26 se apliquen con la pared del vaso y anclen el filtro en el lugar de despliegue. Tras el despliegue inicial, la presión que ejerce el flujo de sangre sobre el filtro 10 contribuye a mantener las puntas 29 ancladas en el revestimiento interno de la vena cava inferior 52. Como se ve en la figura 7a, los segundos arcos 42 de los tirantes secundarios 30 tienen, también, una configuración cargada elásticamente para aplicarse con la pared del vaso.

Como se ve en la figura 7a, el cubo 11 y el gancho de retirada 46 están posicionados aguas abajo del lugar en que los ganchos de anclaje 26 se fijan en la pared del vaso. Cuando son capturados por los tirantes 12 y 30, los trombos permanecen alojados en el filtro. El filtro 10, junto con los trombos, puede ser retirado entonces, por vía percutánea, de la vena cava. Cuando ha de retirarse el filtro 10, el gancho de retirada 46 es agarrado, preferiblemente, mediante un instrumento de recuperación que se introduce por vía percutánea en la vena cava en la dirección en que se encuentra, primero, el gancho de retirada 16.

La figura 7b representa la punta 29 del gancho 26 en aplicación con la pared 52 del vaso y (en línea interrumpida) inmediatamente después de su retracción. Como se ilustra en las figuras 3a-3c, la punta 29 hace posible una retirada no traumática del tirante, evitándose el desgarro del tejido de la pared 52 del vaso. Además, como se muestra, la punta 29 apunta en la dirección del flujo de sangre BF de modo que cuando el filtro 10 se enfrenta a los trombos y a las fuerzas que tienden a hacer que el filtro 10 migre hacia el corazón, el gancho 26 tenderá a aplicarse más fuertemente con el tejido de la pared del vaso aumentando su resistencia a migrar.

Los tirantes principales y secundarios pueden estar formados de cualquier material adecuado que permita obtener como resultado un filtro que se abra o se expanda automáticamente, tal como de aleaciones con memoria de forma. Las aleaciones con memoria de forma tienen la deseable propiedad de hacerse rígidas, es decir, recuperar un estado memorizado, cuando se calientan por encima de una temperatura de transición. Una aleación con memoria de forma adecuada para el presente invento es la de Ni-Ti, disponible con el nombre más comúnmente conocido de Nitinol. Cuando se calienta este material por encima de la temperatura de transición, el material sufre una transformación de fase, pasando de martensítica a austenítica, de tal modo que el material recupera su estado memorizado. La temperatura de transición depende de las proporciones relativas de los elementos Ni y Ti que forman la aleación y de la inclusión, opcional, de aditivos a la aleación.

En otras realizaciones, tanto los tirantes principales como los tirantes secundarios están hechos de Nitinol, con una temperatura de transición ligeramente inferior a la temperatura normal del cuerpo humano, que es de unos 37°C

(98,6°F). Así, cuando se despliega el filtro en la vena cava y queda expuesto a la temperatura normal del cuerpo, la aleación de los tirantes se transformará en austenítica, es decir, recuperará el estado memorizado que, en el caso del presente invento supone adoptar una configuración expandida cuando el filtro está desplegado en el vaso sanguíneo. Para retirar el filtro, se le enfría para transformar el material en martensítico, en el que es más dúctil que siendo austenítico, lo que hace que los tirantes sean más maleables. Como tal, el filtro puede ser aplastado más fácilmente y es más sencillo tirar de él para introducirlo en la funda y conseguir su retirada.

En ciertas realizaciones, tanto los tirantes principales como los tirantes secundarios están hechos de Nitinol, con una temperatura de transición superior a la antes citada temperatura normal del cuerpo humano, que es de unos 37°C (98,6°F). Así, cuando se despliega el filtro en la vena cava y queda expuesto a la temperatura normal del cuerpo, los tirantes están en estado martensítico, de modo que son lo bastante dúctiles para curvarse o adoptar una forma deseada que, en el caso del presente invento, es una configuración expandida. Para retirar el filtro, se le calienta para transformar la aleación en austenítica de manera que el filtro se haga rígido y recupere un estado memorizado que, para el filtro 20 es una configuración aplastada.

En otra realización, la figura 7c ilustra la punta 129 del gancho 127 en aplicación con la pared 52 del vaso y (en línea interrumpida) inmediatamente después de su retracción desde ella. Como se muestra, el gancho 126 se extiende hasta una cara extrema 133 que tiene un rebaje cóncavo. En esta realización, la cara extrema 133 se forma mediante rectificado para obtener un extremo cóncavo. El gancho 126 se extiende a lo largo del trayecto P del tirante hasta, aproximadamente, un punto de tangencia T en el trayecto P del tirante. El gancho 126 incluye una curva 131 que forma un ángulo de hasta 90° aproximadamente con relación al eje geométrico S del tirante. Además, la punta 129 está formada para ayudar adicionalmente a impedir la migración del filtro alejándose del corazón. El extremo ahuecado o cóncavo también aumentará la agudeza de la punta 129 reduciendo la probabilidad de causar un trauma en la pared del vaso.

En todavía otra realización, la figura 7d representa la punta 229 del gancho 226 en aplicación con la pared 252 del vaso y (en línea interrumpida) inmediatamente después de su retracción desde ella. Como se muestra, la longitud del gancho 226 es mayor que en la realización ilustrada en la figura 7b. Aumentando la longitud del gancho 226 puede incrementarse la profundidad de aplicación con la pared del vaso. Sin embargo, el gancho 226 se extiende a lo largo del trayecto P del tirante hasta, aproximadamente, un punto T de tangencia en el trayecto P del tirante. El gancho 226 incluye una curva 231 que forma un ángulo de hasta 90°, aproximadamente, con relación al eje geométrico S del tirante. Como se muestra, la parte 235 que se extiende recta es sustancialmente paralela a la tangente T del trayecto P, de forma que el tirante pueda ser retirado de la pared del vaso de manera no traumática. Como en la realización ilustrada en la figura 3b, cada gancho 226 incluye una cara extrema 233 que tiene un rebaje que es aproximadamente paralelo al eje longitudinal del filtro.

La figura 8a ilustra un diseño o configuración de rejilla formado por los tirantes principales 12, los tirantes secundarios 30 y el cubo 11 con relación al eje radial R. El diseño de rejilla mostrado en la figura 8a sirve para capturar los trombos transportados por la corriente sanguínea antes de que lleguen al corazón y a los pulmones, impidiendo la posibilidad de un embolismo pulmonar. El diseño de rejilla está dimensionado para capturar y detener trombos que tengan un tamaño que haga indeseable su transporte por la red vascular del paciente. Debido a su tamaño compacto, el cubo opone una resistencia mínima al flujo de sangre.

La figura 8a representa un diseño de rejilla que incluye tirantes principales y tirantes secundarios en esencia equiangularmente espaciados entre ellos. El diseño de rejilla proporciona una distribución uniforme entre los tirantes principales y secundarios frente al flujo sanguíneo, aumentando la probabilidad de captura de trombos. Sin embargo, como se muestra en la figura 8b, ha de comprenderse que cada uno de los conjuntos de tirantes principales 312 y de tirantes secundarios 330 pueden guardar, independientemente, en esencia la misma separación en sus partes respectivas con relación al eje radial R'. Por ejemplo, los tirantes secundarios 330 pueden estar equiespaciados con relación a los otros tirantes secundarios 330 y los tirantes principales 312 pueden estar equiespaciados con relación a los otros tirantes principales 312. En consecuencia, el diseño de rejilla, representado en esta realización mediante la sección transversal de la vena cava (dada por la línea 8-8) mostrará una separación desigual o no uniforme entre los montantes principales 312 y los montantes secundarios 330.

Las figuras 9a y 9b ilustran parte de un dispositivo de recuperación 65 que se emplea en un procedimiento para retirar el filtro 10 de la vena cava inferior 52. El dispositivo de recuperación 65 se introduce por vía percutánea en la vena cava superior a través de la vena yugular. En este procedimiento, una funda o catéter de retirada 68 del dispositivo de recuperación 65 es introducido en la vena cava superior. Un alambre 70 que tiene un lazo 72 en su extremo distal es enfilado a través de la funda de retirada 68 y se le hace salir por el extremo distal de la funda 68. Se manipula entonces el alambre 70, con cualesquiera medios adecuados, desde el extremo proximal del dispositivo de recuperación, de tal modo que el lazo 72 capture el gancho de retirada 46 del filtro 10. Utilizando tracción para tirar del alambre 70 mientras se empuja la funda 68, se hace que la funda 68 pase sobre el filtro 10. A medida que la funda 68 pasa sobre el filtro 10, los tirantes principales 12 y, luego, los tirantes secundarios 30, entran en aplicación con el borde de la funda 68 y se les hace pivotar o se les desvía flexionándolos en el cubo 11 para llevarlos hacia el eje longitudinal del filtro. El pivotamiento hacia el eje longitudinal hace que los extremos de los tirantes 12 y 30 se retraigan separándose de la pared del vaso. De este modo, en el procedimiento de retirada solamente se producirán en la pared del vaso lesiones superficiales 74 y pequeñas lesiones puntuales 76. Como se muestra, las lesiones superficiales 74 las producen los extremos de los

tirantes secundarios 30 y las pequeñas lesiones puntuales 76 las producen los ganchos de anclaje 26 de los tirantes principales 12. Sin embargo, ha de observarse que para retirar el filtro del paciente puede ponerse en práctica cualquier otro procedimiento adecuado.

Aunque las realizaciones de este dispositivo han sido descritas como construidas de alambre de sección transversal redonda, también podrían cortarse a partir de un tubo de material adecuado mediante corte con láser, mecanización por descarga eléctrica o cualquier otro procedimiento adecuado.

En otra realización, ilustrada en las figuras 10 y 11, un filtro 420 incluye cuatro tirantes principales 438 y ocho tirantes secundarios 440, que se extienden desde un cubo 442. Cada tirante principal 438 termina en un gancho de anclaje 452 con una punta 454. Los tirantes principales 438 tienen una resistencia elástica suficiente, de tal modo que cuando se despliega el filtro en una vena cava 436, los ganchos de anclaje 452, en particular, las puntas 444, se anclan en la pared de la vena cava 436 para impedir que el filtro 420 migre desde el lugar de implantación. La presión del flujo sanguíneo sobre el filtro 420 contribuye a mantener las puntas 454 ancladas en el revestimiento interno de la vena cava 436.

Un par de tirantes secundarios 440 están posicionados entre tirantes principales 438 adyacentes. Cada tirante secundario 440 se extiende desde el cubo 442 y termina en una punta 462 dirigida hacia el eje central 444. Las puntas 462 están situadas longitudinalmente entre el cubo 442 y los ganchos de anclaje 454 de los tirantes principales 438. Los extremos conectados de cada par de tirantes secundarios 440 posicionados entre tirantes principales adyacentes se retuercen juntos, definiendo una sección retorcida 464.

Dado que las secciones retorcidas 464 rigidizan en forma efectiva cada par de tirantes secundarios 440, pueden utilizarse tirantes secundarios más finos para proporcionar las apropiadas fuerzas de equilibrado con el fin de centrar el filtro en el vaso sanguíneo. Además, un beneficio adicional derivado de la sección retorcida es que impedirá que los tirantes secundarios se enreden con los tirantes principales.

Los tirantes secundarios 440 pueden fabricarse del mismo tipo de material que los tirantes principales 438 y pueden formarse siguiendo el mismo proceso empleado para formar los tirantes principales. Sin embargo, los tirantes secundarios pueden tener un diámetro menor que el de los tirantes principales. Para formar las secciones retorcidas 464, pueden retorcerse, uno con otro, cada par de tirantes secundarios 440, posicionados entre tirantes principales 438 adyacentes, una vez que los tirantes han sido unidos al cubo 442. Cada sección retorcida 464 incluye una o más vueltas de torsión. Por ejemplo, cada sección retorcida 464 puede incluir hasta diez vueltas aproximadamente. En ciertas ejecuciones prácticas, el número de vueltas de torsión en cada sección 464 puede ser de entre tres y cinco, aproximadamente. Aumentando el número de vueltas de torsión se incrementa la rigidez del par de tirantes secundarios retorcidos uno con otro. El cubo 442 está hecho, preferiblemente, del mismo material que los tirantes principales y que los tirantes secundarios, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de corrosión galvánica.

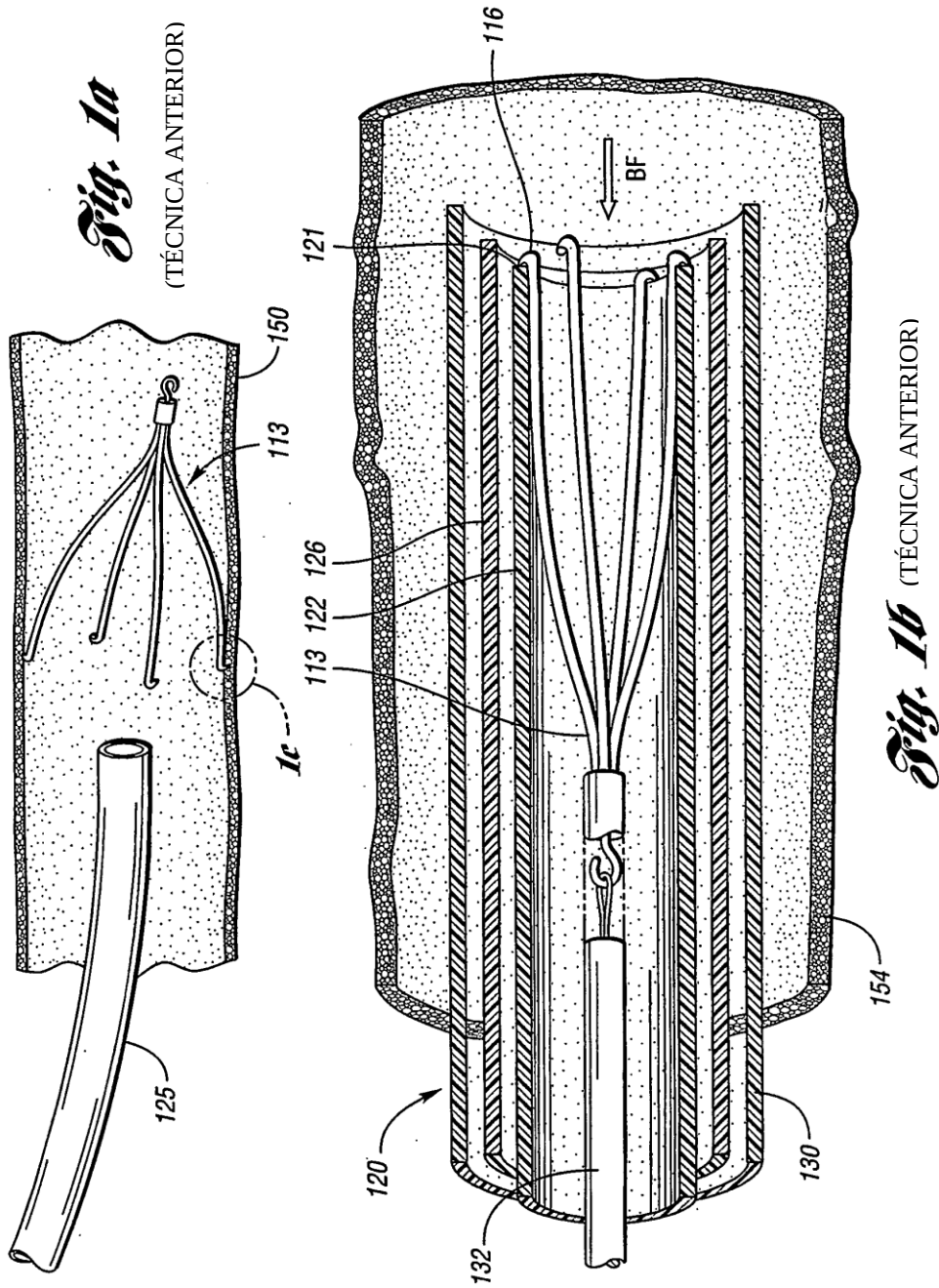
La figura 11 ilustra un diseño de rejilla ("red") formado por los tirantes principales 438, los tirantes secundarios 440 y el cubo 442. Esta red sirve para capturar trombos transportados por la corriente sanguínea impidiendo que los trombos lleguen al corazón y a los pulmones, en donde podrían provocar un embolismo pulmonar. La red está dimensionada para capturar y detener trombos de un tamaño que les haría indeseables en la red vascular del paciente. Como se ilustra, los tirantes 438 están, en esencia, equiangularmente espaciados entre sí.

El cubo 442 y el gancho de retirada 466 unido al cubo están situados aguas abajo del lugar en que los ganchos de anclaje 452 se fijan en el vaso 436. Cuando son capturados por los tirantes, los trombos permanecen alojados en el filtro 420. Entonces, puede retirarse el filtro 420, junto con los trombos, por vía percutánea, de la vena cava. Cuando ha de retirarse el filtro 420, el gancho de retirada 466 es cogido, típicamente, por el gancho de recuperación que se introduce en la vena cava por vía percutánea.

Si bien el presente invento se ha descrito en términos de las realizaciones preferidas, se comprenderá, naturalmente, que el invento no se limita a ellas, ya que los expertos en la técnica pueden introducir modificaciones, en particular a la luz de las anteriores enseñanzas.

REIVINDICACIONES

1. Un filtro retirable (10) para capturar trombos en un vaso sanguíneo, cuyo filtro comprende: una pluralidad de tirantes (20) que tienen primeros extremos unidos juntos a lo largo de un eje geométrico longitudinal (X) del filtro, teniendo cada tirante un miembro de cuerpo (15) que se extiende desde el primer extremo a lo largo del eje longitudinal hasta un gancho de anclaje (26) que define un eje geométrico (S) de tirante, estando configurado cada tirante para moverse a lo largo de un trayecto de tirante con relación al eje longitudinal entre un estado expandido para aplicación con el vaso sanguíneo y un estado aplastado para la implantación o la recuperación del filtro, teniendo cada gancho de anclaje un ángulo de hasta unos 90 grados con relación al eje del tirante; en el que cada gancho de anclaje (26) es enterizo con el miembro de cuerpo (15) y tiene el mismo grosor y resistencia a la tracción del miembro de cuerpo (15); en el que la pluralidad de tirantes es una pluralidad de tirantes principales (20) y se caracteriza porque cada gancho de anclaje se extiende desde el miembro de cuerpo a lo largo de su trayecto de tirante hasta aproximadamente un punto de tangencia del trayecto de tirante, de tal modo que cada gancho pueda ser retirada sin traumas de la pared del vaso y sin llevar sustancialmente tejido alguno de la misma.
2. El filtro retirable de la reivindicación 1, que comprende, además: una pluralidad de tirantes secundarios (30) que tienen extremos conectados unidos entre sí a lo largo del eje longitudinal (X), teniendo cada tirante secundario un primer arco (40) que se extiende desde el extremo conectado y un segundo arco (42) que se extiende desde el primer arco hasta un extremo libre, estando configurado el segundo arco para aplicarse con el vaso sanguíneo para centrar el filtro en estado expandido en el vaso sanguíneo; un cubo (11) configurado para alojar axialmente los primeros extremos de la pluralidad de tirantes principales; y un gancho de recuperación que se extiende desde el cubo, en oposición a la pluralidad de tirantes principales para retirar el filtro del vaso sanguíneo.
3. El filtro retirable de la reivindicación 2, en el que el miembro de cuerpo es un segmento arqueado que incluye una primera parte curvada y una segunda parte curvada, extendiéndose la primera parte curvada desde el primer extremo, extendiéndose la segunda parte curvada desde la primera parte curvada y terminando en el gancho de anclaje.
4. El filtro retirable de la reivindicación 3, en el que la primera parte curvada está configurada para extenderse radialmente desde el eje longitudinal del filtro y la segunda parte curvada está configurada para extenderse radialmente hacia el eje longitudinal del filtro.
5. El filtro retirable de la reivindicación 3, en el que el gancho de anclaje incluye una cara extrema plana que tiene un rebajo que es, aproximadamente, paralelo al eje longitudinal.
6. El filtro retirable de la reivindicación 1, en el que cada tirante está formado de uno de los siguientes materiales: un material superelástico, alambre de acero inoxidable, Nitinol, aleación de cobalto-cromo-níquel-molibdeno-hierro y aleación de cobalto-cromo.
7. El filtro retirable de la reivindicación 1, en el que el trayecto del tirante de cada tirante forma un ángulo de entre 20 y 40 grados, aproximadamente, con el eje longitudinal del filtro.
8. El filtro retirable de la reivindicación 1, en el que el gancho de anclaje incluye una punta en la misma dirección de circulación de la sangre para ofrecer resistencia a la migración.
9. El filtro retirable de la reivindicación 1, en el que el gancho de anclaje incluye una cara extrema, siendo cóncava la cara extrema para ofrecer resistencia a la migración.
10. El filtro retirable de la reivindicación 1, en el que los tirantes están formados de una aleación con memoria de forma, con una temperatura de transición.
11. El filtro retirable de la reivindicación 10, en el que los tirantes se aplastan hasta adoptar la condición aplastada cuando la temperatura de los tirantes es, aproximadamente, igual o mayor que la temperatura de transición.
12. El filtro retirable de la reivindicación 10, en el que los tirantes se expanden hasta adoptar el estado expandido cuando la temperatura de los tirantes es, aproximadamente, igual o mayor que la temperatura de transición.
13. El filtro retirable de la reivindicación 1, en el que pares de tirantes secundarios están posicionados entre pares de tirantes principales, estando retorcido cada par de tirantes secundarios, uno con otro cerca de los extremos conectados de los respectivos tirantes secundarios, para formar una sección retorcida.
14. El filtro de la reivindicación 13, en el que cada sección retorcida incluye entre una y diez vueltas de torsión, aproximadamente.



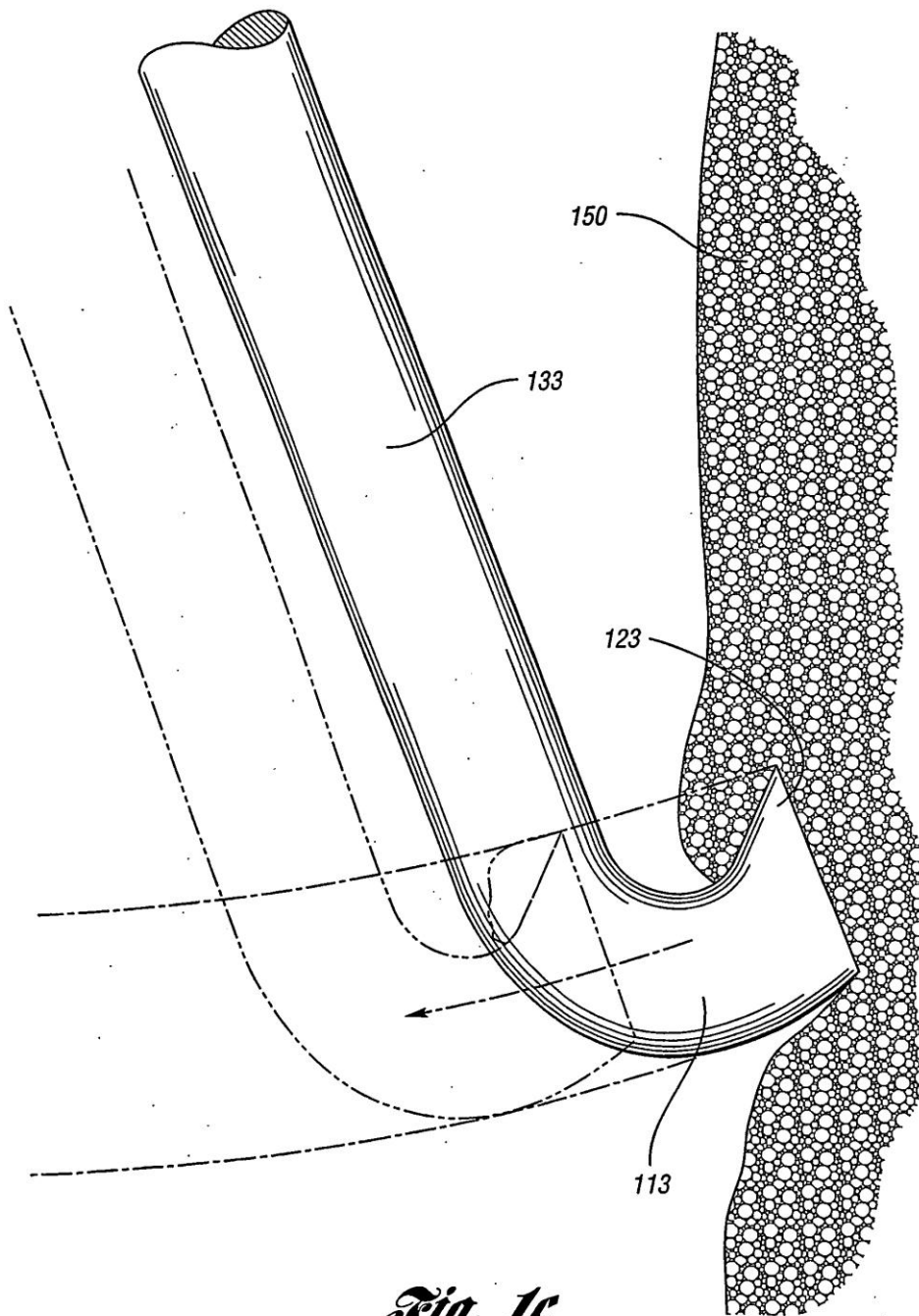


Fig. 1c

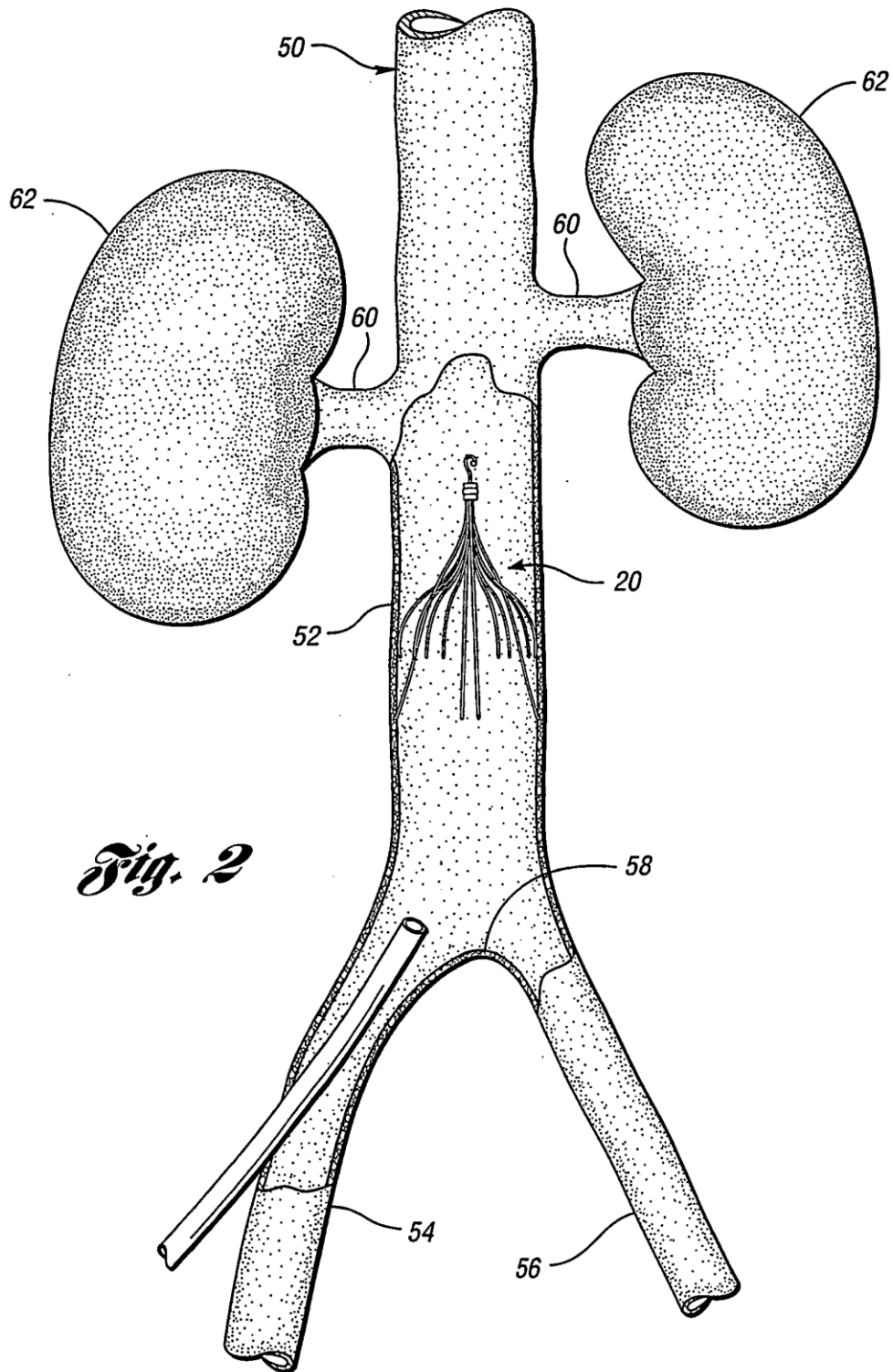
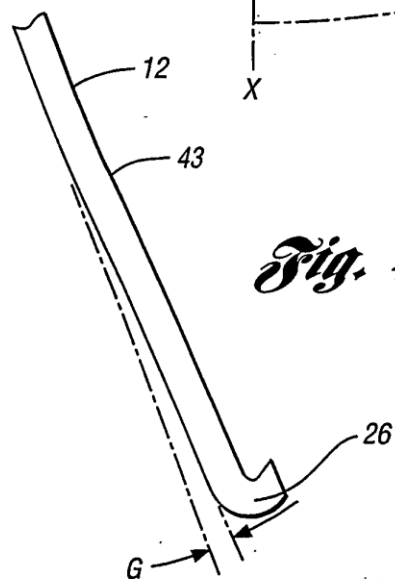
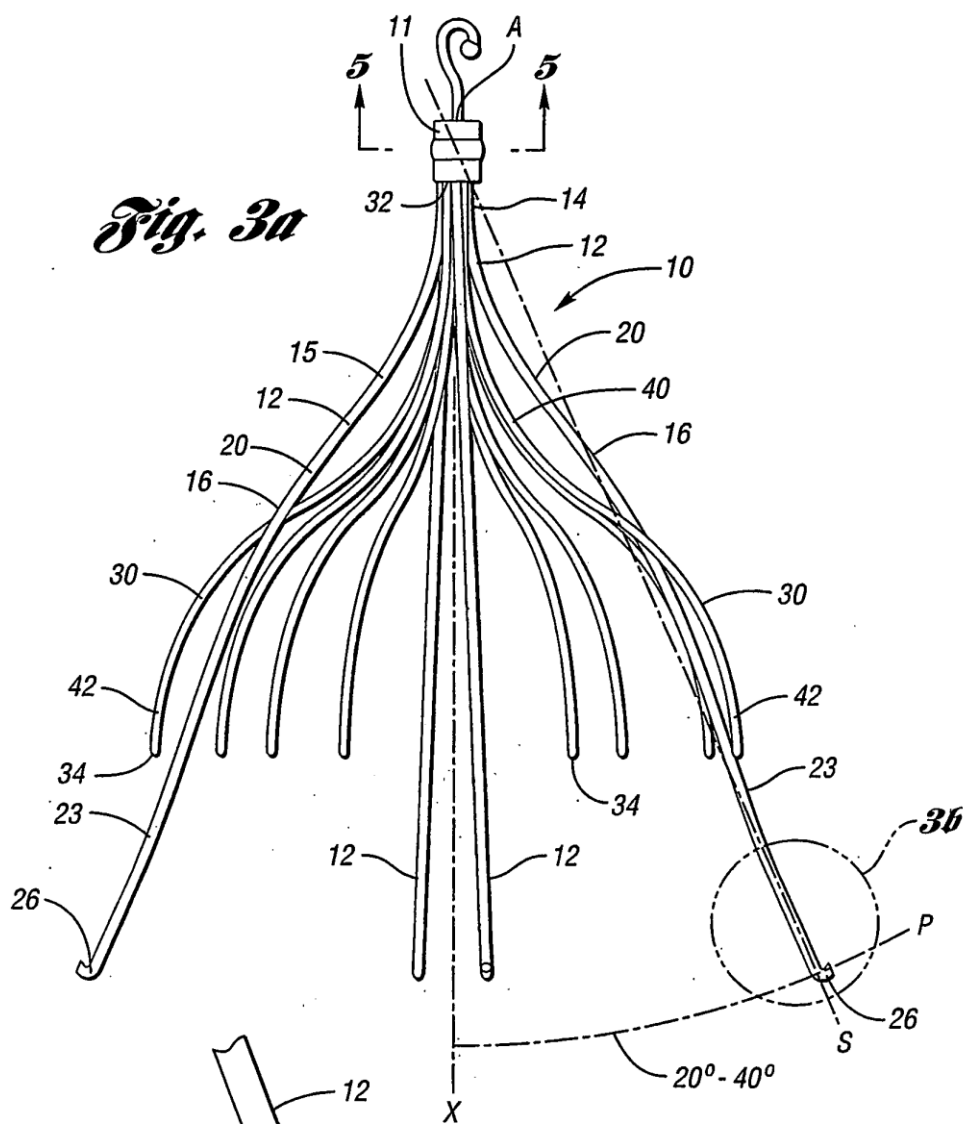
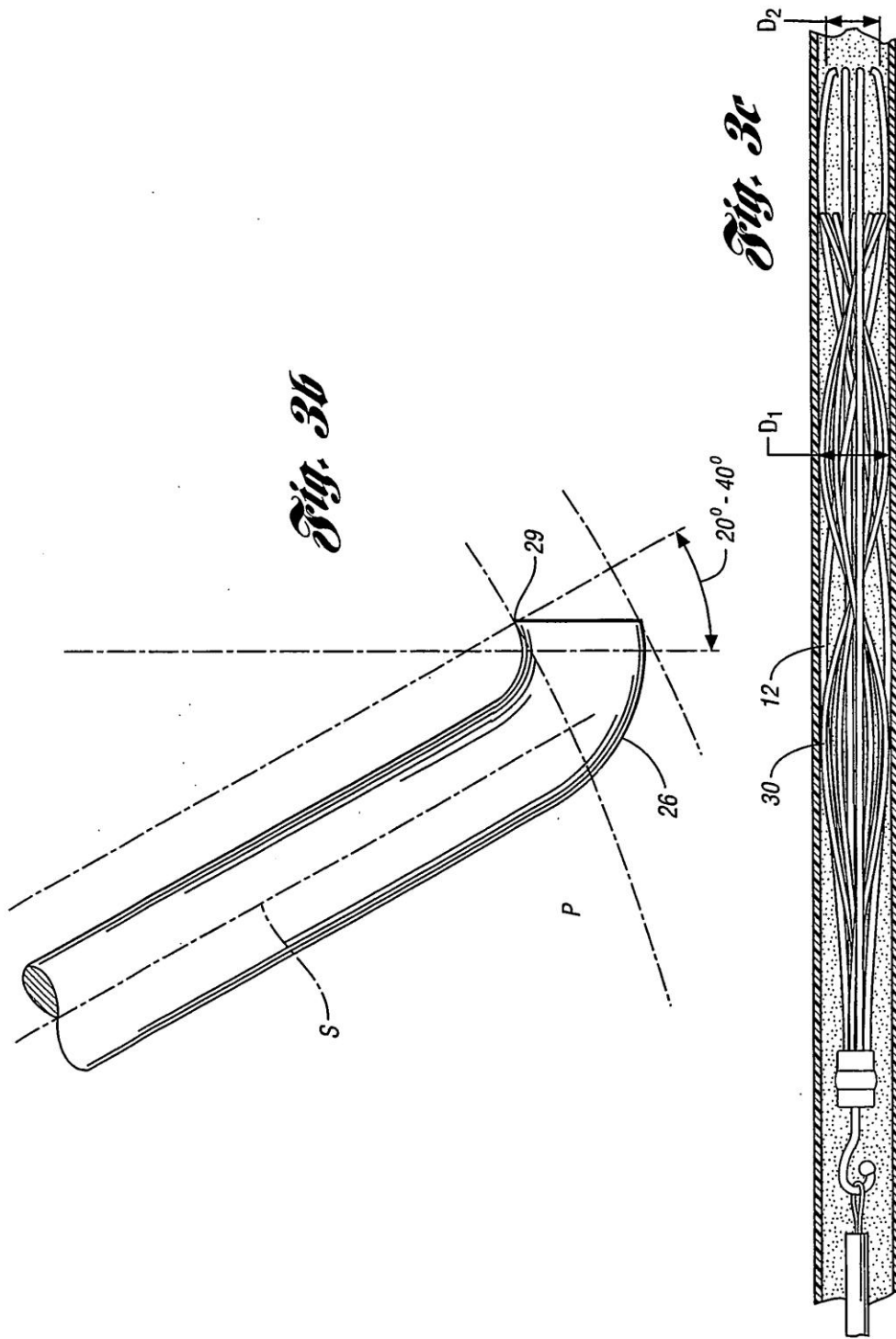


Fig. 2





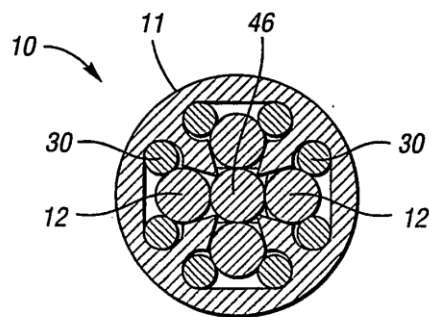


Fig. 5

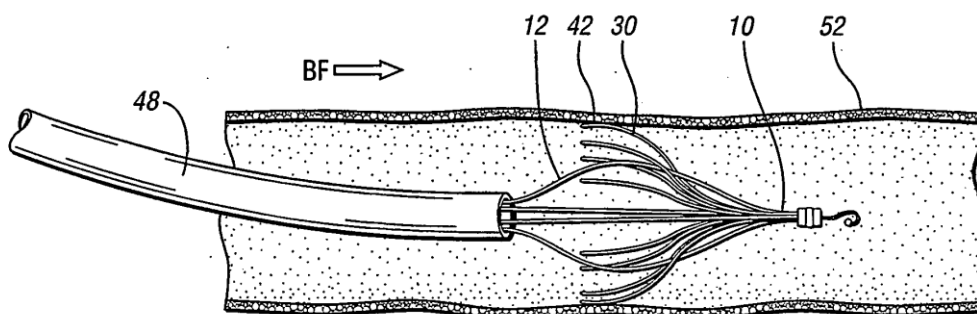


Fig. 6a

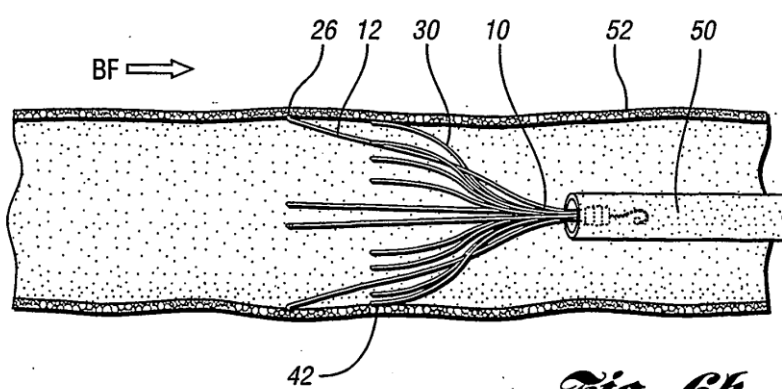


Fig. 6b

Fig. 7a

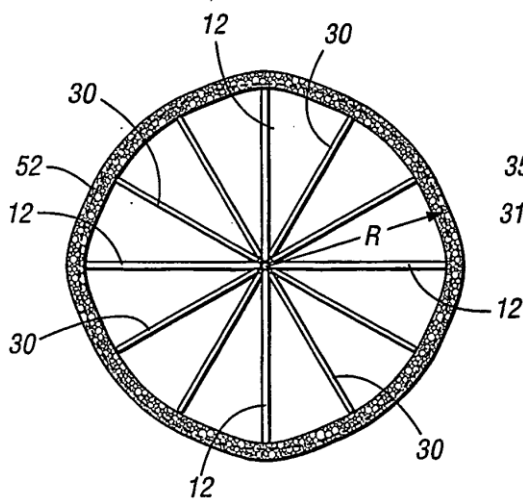
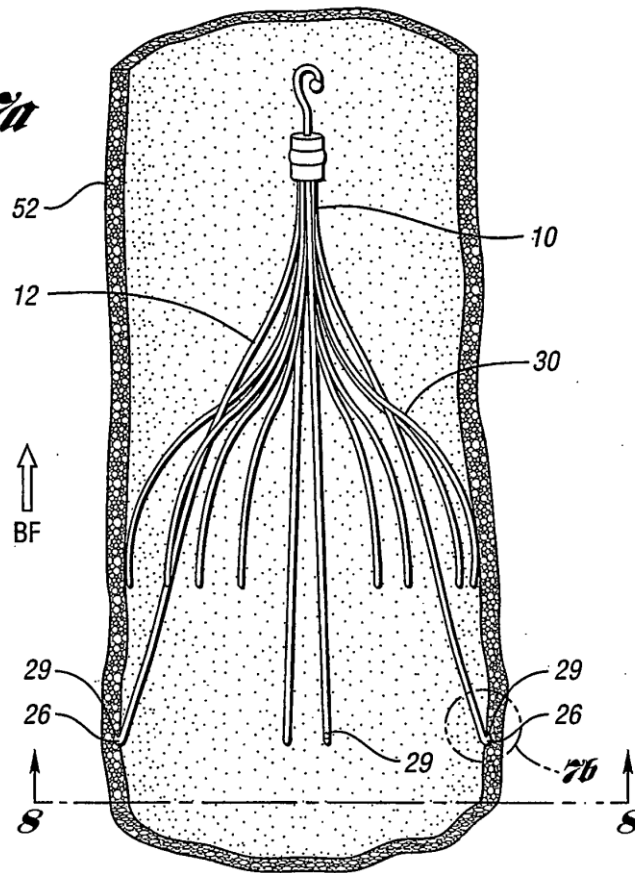


Fig. 8a

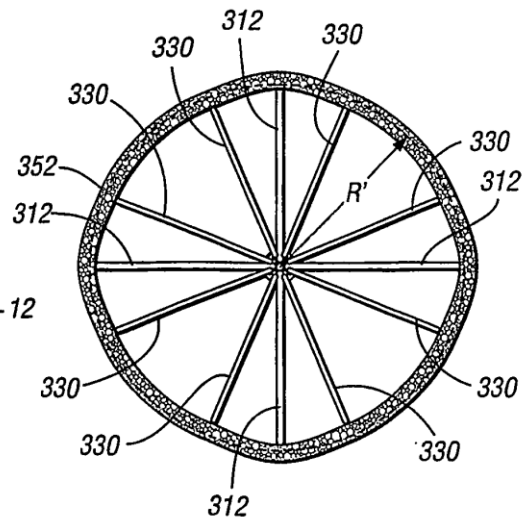
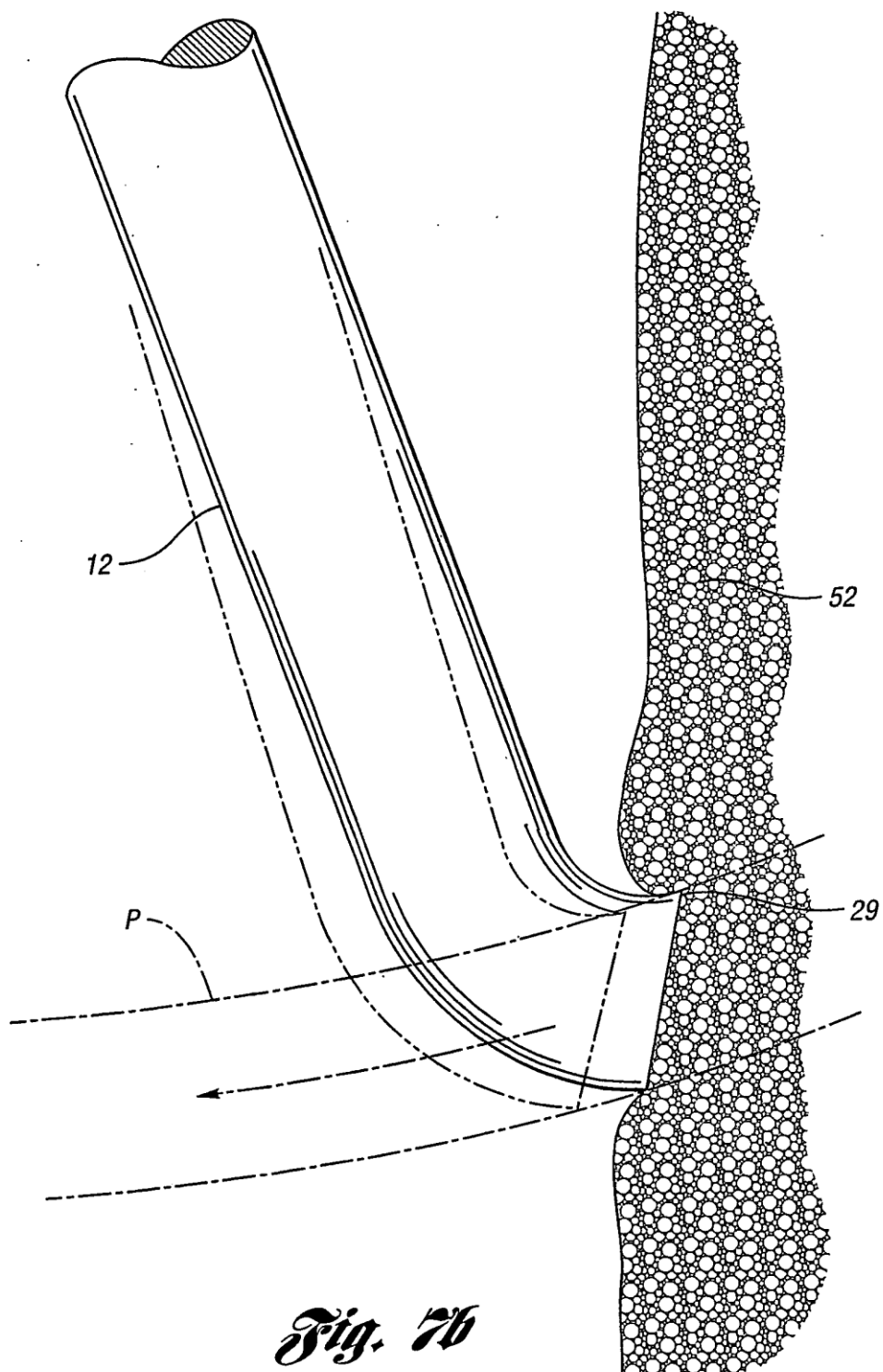
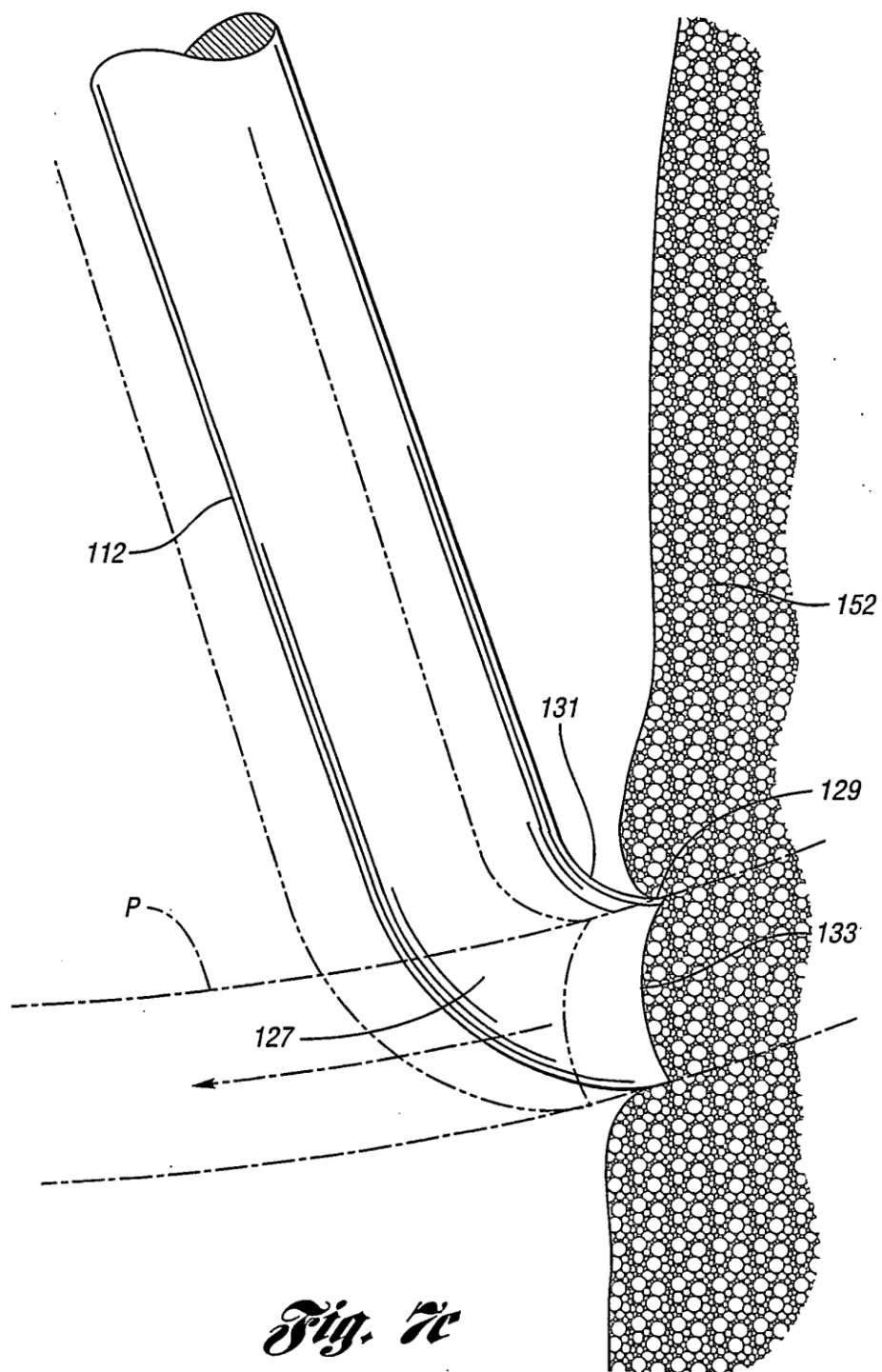
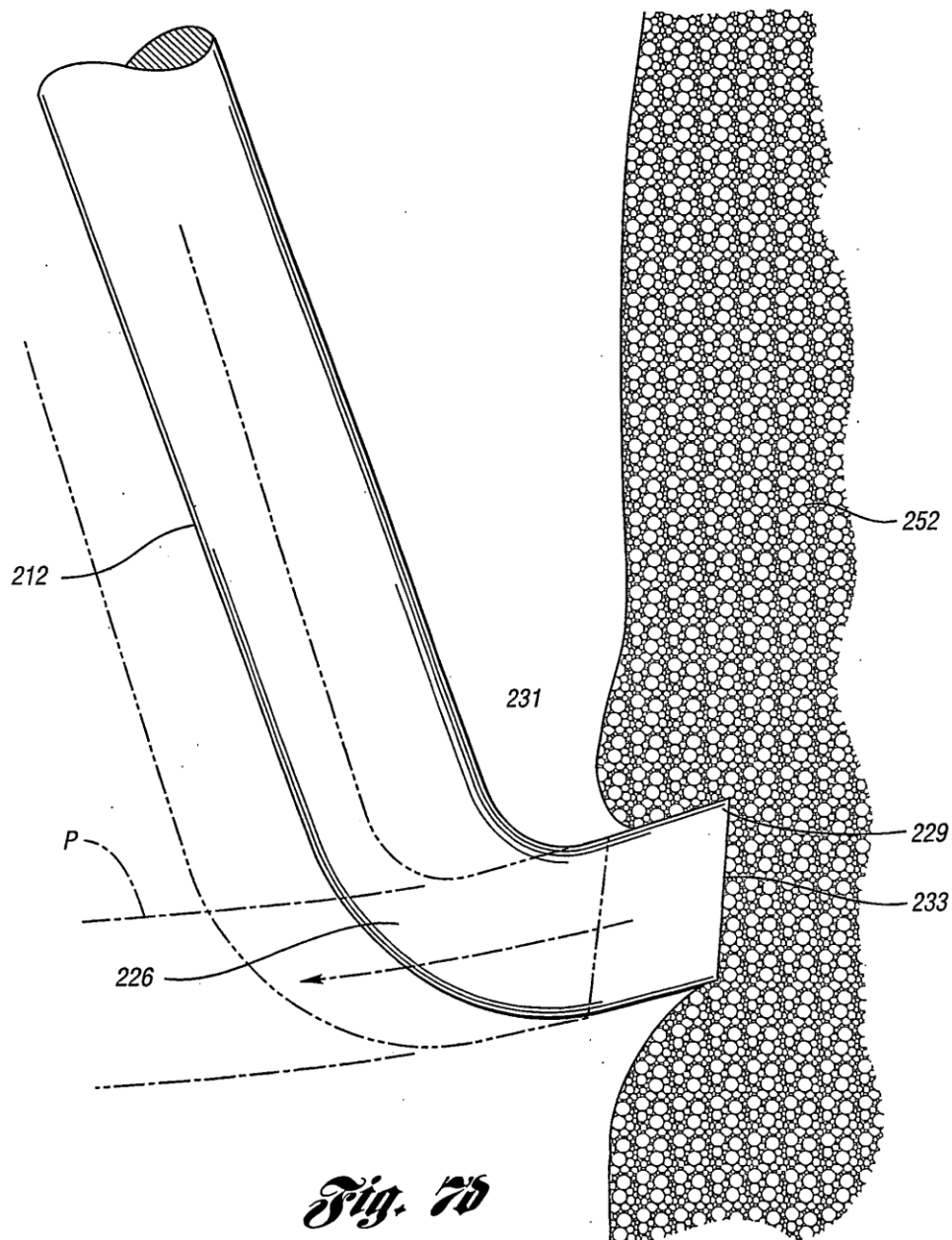


Fig. 8b







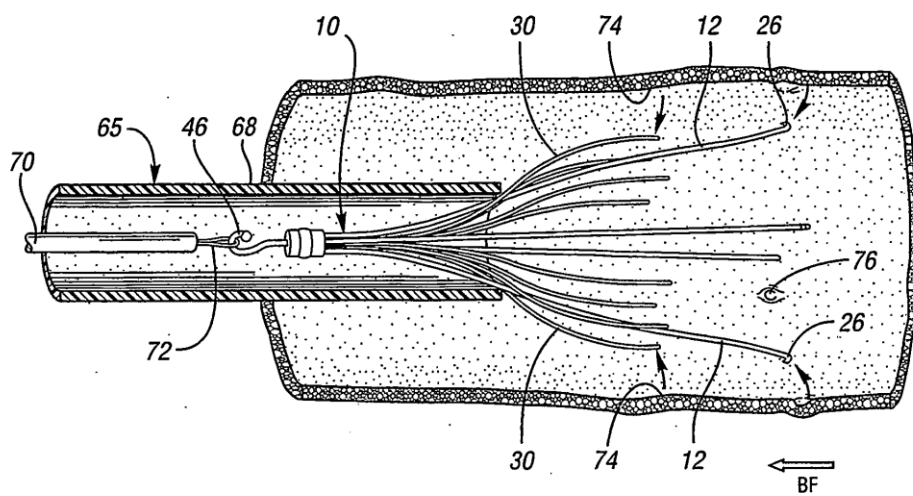


Fig. 9a

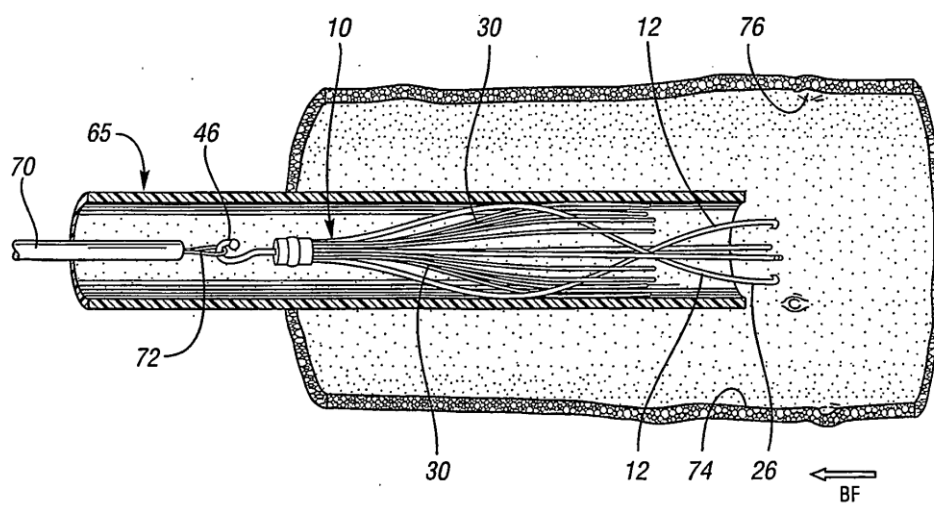


Fig. 9b

Fig. 10

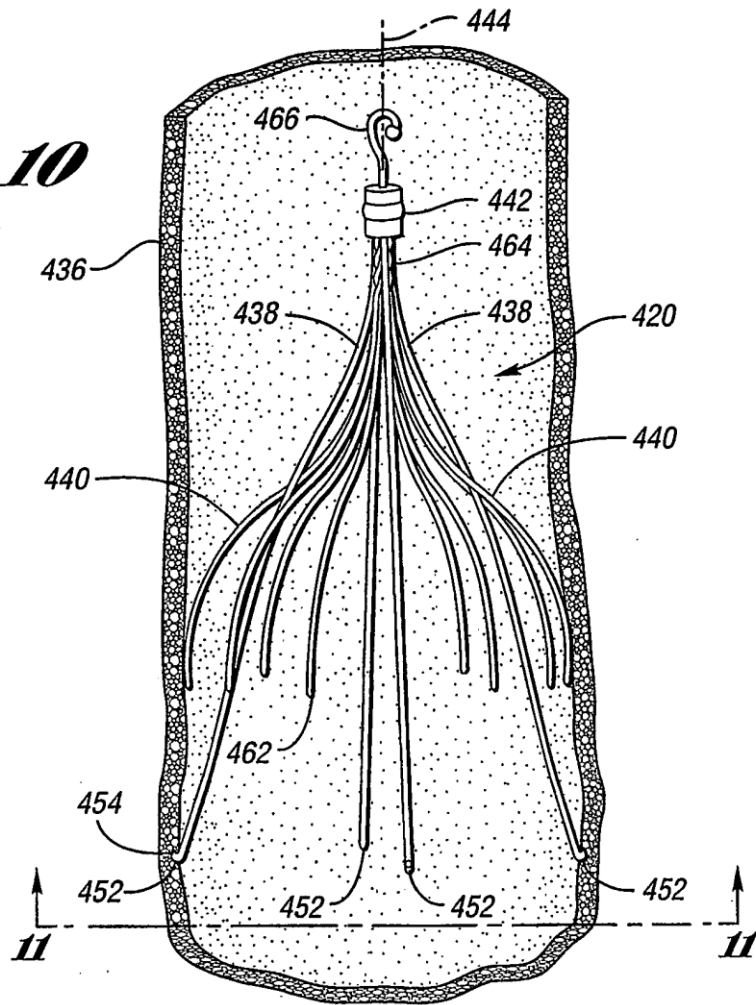


Fig. 11

