(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 751 997**

(51) Int. CI.:

A61B 17/86 (2006.01)
A61B 17/72 (2006.01)
A61B 17/88 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.01.2009 PCT/US2009/030971**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2009 WO09091811**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2009 E 09702261 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2249718**

(54) Título: **Aparato de reparación de fracturas**

(30) Prioridad:

14.01.2008 US 20778
22.08.2008 US 90999

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.04.2020

(73) Titular/es:

CONVENTUS ORTHOPAEDICS, INC. (100.0%)
10200 73rd Avenue North, Suite 122
Maple Grove, MN 55369, US

(72) Inventor/es:

BRENZEL, MICHAEL P. y
HINDRICHS, PAUL

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Aparato de reparación de fracturas

Campo de la tecnología

Los aspectos de la divulgación se refieren a proporcionar aparatos y métodos de reparación de fracturas óseas. En particular, la divulgación se refiere a aparatos y a métodos de reparación de fracturas óseas utilizando un dispositivo que se inserta en un hueso.

Antecedentes

Actualmente, Existen muchas formas conocidas de tratar las fracturas de los huesos largos. Los tratamientos comunes para las fracturas incluyen: (1) la inmovilización no quirúrgica; (2) las tecnologías de osteosutura y bandas de tensión; (3) la fijación percutánea (por ejemplo, usando pasadores, alambres, tornillos, etc.); (4) enclavación intramedular rígida (por ejemplo, usando una varilla grande y tornillos exteriores); (5) osteosíntesis de placa flexible (por ejemplo, una sutura de "carga compartida"); (6) artroplastia (por ejemplo, usando una prótesis); (7) metalizado y otras técnicas específicas de indicios. Las fracturas graves que cumplen ciertos criterios clínicos pueden requerir la reparación quirúrgica en lugar de inmovilización no quirúrgica.

El tercio medio de un hueso alargado o largo normalmente se clasifica como la diáfisis. El extremo de dicho hueso normalmente se clasifica como la epífisis. El hueso que es de transición entre el tercio medio y el extremo normalmente se clasifica como la metáfisis.

La metáfisis y la epífisis óseas normalmente son menos densas, más esponjosas (porosas) y menos corticales que el hueso diafisario. La reparación de fracturas de metáfisis y epífisis se suele complicar por su proximidad a una articulación. Debido a dicha calidad ósea y a las diferencias anatómicas, la fijación de placas y tornillos en hueso de metáfisis y epífisis suele ser más difícil que la fijación de placas y tornillos en hueso de diáfisis. Esto puede ser así, en especial, si el paciente es anciano y padece osteoporosis.

En general, la fijación de fracturas puede proporcionar estabilidad longitudinal (a lo largo del eje largo del hueso), transversal (a través del eje largo del hueso) y rotacional (alrededor del eje largo del hueso). La fijación de fracturas también puede preservar la función biológica y curativa normal.

Hay dos categorías principales para la fijación quirúrgica: (1) un dispositivo que está dentro de la piel (fijación interna); y (2) un dispositivo que se extiende fuera de la piel (fijación externa). Existen dos tipos comunes de metodologías de fijación interna para la cirugía de huesos largos (a) una placa que se atornilla al exterior del hueso; o (b) una varilla que desciende por el centro del hueso.

La publicación de patente US 6.783.530 B1 describe un dispositivo intramedular usado para estabilizar una variedad de huesos fracturados. Una estructura de interconexión porosa interconecta elementos de la columna vertebral, tal como una malla o una pluralidad de puntales conectados entre los elementos de la columna vertebral. El dispositivo se expande en uno o ambos extremos y, opcionalmente, también puede expandirse el eje del dispositivo. El extremo del dispositivo, en su estado expandido, tiene una circunferencia superior a una circunferencia del eje. Los elementos de la columna vertebral y/o la estructura de interconexión tienen forma previa, por ejemplo, están compuestos de un material resistente y preformado, de modo que el extremo del dispositivo se expanda en ausencia de una fuerza de contención externa. Los elementos de la columna vertebral y/o la estructura de interconexión pueden estar compuestos de un material con memoria de forma, de modo que el extremo expandible del dispositivo se expanda cuando se caliente hasta una temperatura superior a una temperatura de transición del material con memoria de forma.

Las placas y los tornillos se caracterizan por ser una cirugía relativamente invasiva, soporte de segmentos óseos fracturados desde un lado exterior del hueso y tornillos que se anclan en la placa y a través de todo el hueso. La reparación correcta depende del patrón de fractura, de la calidad ósea, del conjunto de habilidades médicas y de la tolerancia del paciente a un cuerpo extraño. Las placas y los tornillos pueden no abordar adecuadamente los requisitos de alineación y estabilidad para las fracturas periarticulares e intraarticulares.

Las varillas o los clavos intramedulares, tales como los usados en tratamientos del tercio medio, son más eficaces que las placas y los tornillos para reducir al mínimo el traumatismo y las complicaciones de los tejidos blandos. Sin embargo, en muchos casos, las varillas y los clavos no suelen estabilizar las fracturas de múltiples segmentos. La varilla o clavo intramedular típico tiene un diámetro fijo y se introduce en el canal medular a través de una incisión. En los casos en los que hay una cámara medular más grande que la varilla, la estabilidad rotacional y transversal puede verse comprometida. Si se usa una varilla más grande, puede ser necesario escariar toda la longitud del eje. Dicho escariado puede adelgazar el soporte óseo cortical existente. Además, los orificios de tornillo roscados predeterminados de las varillas pueden limitar las formas en que se pueden reducir y estabilizar los diferentes patrones de fractura.

Las soluciones intramedulares flexibles en forma de varilla usan estructuras que se pueden insertar en la cavidad medular a través de un sitio de acceso, que luego puede volverse rígido. Estas soluciones pueden ser más fáciles de instalar para el usuario que las varillas intramedulares rígidas. Estas estructuras se pueden reforzar con polímeros o cementos. Las soluciones intramedulares flexibles, similares a las varillas intramedulares rígidas, pueden tener beneficios limitados para las fracturas periarticulares o intraarticulares. Las fracturas de múltiples segmentos, bien del tercio medio o del extremo del hueso, requieren alineación y estabilidad de una manera que genere una fijación adecuada en múltiples direcciones.

Las fracturas del tercio medio y las fracturas del extremo del hueso son fundamentalmente diferentes. Las condiciones de carga, los patrones de fractura, la alineación necesaria y la fuerza de compresión para potenciar la curación son diferentes. Las fracturas del tercio medio tienen un amplio material óseo a cada lado de la fractura en el que se pueden conducir los anclajes. Las fracturas del extremo del hueso, en especial, las producidas en la superficie articular pueden tener hueso cortical delgado, hueso esponjoso blando y mínimas ubicaciones de anclaje.

Las fracturas del tercio medio tienden a cargarse principalmente en flexión y torsión. Las fracturas del extremo del hueso tienden a cargarse en patrones de tensión complejos y multidireccionales. Las metodologías de reparación del tercio medio, por lo tanto, pueden no ser apropiadas para la reparación de fracturas del extremo del hueso.

El tamaño apropiado de un implante ayuda a volver a alinear y curar la fractura. Como resultado de ello, con frecuencia, muchos tamaños diferentes de productos de reparación conocidos se almacenan en inventarios para garantizar una adecuada adaptación del dispositivo de implante a la anatomía del paciente. Los inventarios pueden ser una carga para los hospitales y las compañías de seguros, pero pueden ser necesarios para proporcionar al cirujano flexibilidad intraoperatoria.

Sería deseable, por lo tanto, proporcionar aparatos y métodos para la correcta alineación y estabilización anatómicas, a la vez que se reduce el traumatismo y las complicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Los objetos y las ventajas de la divulgación serán evidentes a la luz de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que, en todos ellos, los caracteres de referencia similares se refieren a partes similares, y en los que:

la FIG. 1 es una vista lateral del aparato dispuesto;

la FIG. 1A es una vista en perspectiva del aparato mostrado en la FIG. 1;

la FIG. 1B es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1A;

la FIG. 1C es una vista frontal del aparato mostrado en la FIG. 1A;

la FIG. 2 es una vista frontal de un esqueleto humano ilustrativo;

la FIG. 3 es una vista en sección parcial de un hueso fracturado;

la FIG. 4 es una vista en perspectiva que muestra una parte del cuerpo que puede tratarse usando el aparato mostrado en la FIG. 1;

la FIG. 5 es una vista en perspectiva que muestra la parte de la parte del cuerpo mostrada en la FIG. 4;

la FIG. 6 es una vista en sección del aparato;

la FIG. 7 es una vista en sección del aparato mostrado en la FIG. 6 junto con aparatos adicionales;

la FIG. 8 es una vista en sección del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con aparatos adicionales;

la FIG. 9 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 10 es una vista en sección parcial que muestra el uso del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 11 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 12 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 13 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 14 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 15 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 16 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 17 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1 junto con un aparato adicional;

la FIG. 18 es una vista en sección parcial del aparato;

la FIG. 19 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 20 es una vista en sección parcial del aparato;

la FIG. 21 es una vista terminal del aparato mostrado en la FIG. 20;

la FIG. 22 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 1;

la FIG. 23 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 24 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 23; la FIG. 25 es una vista lateral del aparato;

la FIG. 26 es una vista lateral del aparato;

la FIG. 27 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 28A es una vista lateral del aparato;

la FIG. 28B es una vista lateral del aparato;

la FIG. 28C es una vista en sección parcial del aparato;

la FIG. 29 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 30 es una vista en sección de una parte del aparato mostrado en la FIG. 29;

la FIG. 31 es una vista lateral del aparato;

la FIG. 32 es una vista en sección del aparato mostrado en la FIG. 31;

la FIG. 33 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 34 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 35 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 36 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 37 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 38 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 39 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 40 es una vista en sección parcial del aparato mostrado en la FIG. 39;

la FIG. 41 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 42 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 43 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 44 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 45 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 46 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 47 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 48 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 49 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 50 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 51 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 52 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 53 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 54 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 55 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 56A es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 56B es una vista lateral del aparato mostrado en la FIG. 56A;

la FIG. 56C es una vista terminal del aparato mostrado en la FIG. 56A;

la FIG. 57A es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 57B es una vista lateral del aparato mostrado en la FIG. 57A;

la FIG. 57C es una vista terminal del aparato mostrado en la FIG. 57A;

la FIG. 58 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 59 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 60 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 61 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 62 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 63 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 64 es una vista lateral del aparato dentro de una parte del cuerpo;

la FIG. 65 es una vista en perspectiva que muestra el uso del aparato;

la FIG. 66 es una vista en perspectiva del aparato;

la FIG. 67 es una vista en perspectiva del aparato; y

la FIG. 68 es un diagrama de flujo ilustrativo que muestra un método que no forma parte de la invención reivindicada, pero que puede usarse para tratar una fractura de un hueso con un aparato de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

La invención se refiere a un aparato como se define en la reivindicación 1, para tratar una fractura ósea. En las reivindicaciones dependientes, se desvelan realizaciones adicionales de la invención. Los métodos desvelados en el presente documento no forman parte de la invención reivindicada. Se proporcionan aparatos y métodos para la reparación de fracturas. El aparato puede incluir un soporte estructural para colocar un primer segmento óseo con respecto a un segundo segmento óseo. El soporte estructural puede configurarse para desplegarse en una cavidad interna de un hueso. El aparato puede incluir un sustrato de anclaje. El sustrato de anclaje puede configurarse para

comprimir el primer segmento óseo en el segundo segmento óseo. El sustrato de anclaje puede configurarse para desplegarse en la cavidad interna.

La expresión "segmento óseo" puede referirse a partes o fragmentos de un hueso. La expresión "soporte estructural" puede incluir una "jaula estructural".

El soporte estructural puede ser autoexpandible. El soporte estructural puede expandirse mediante un globo. El soporte estructural puede expandirse mediante accionamiento mecánico. El sustrato de anclaje puede ser autoexpandible. El sustrato de anclaje puede expandirse mediante un globo. El soporte de anclaje puede expandirse mediante accionamiento mecánico.

El soporte estructural se puede usar como marco para colocar y alinear los segmentos óseos. Se pueden usar anclajes para fijar los segmentos óseos al sustrato de anclaje. El sustrato de anclaje se puede tensar para comprimir los segmentos óseos uno contra el otro. Algunos ejemplos del aparato pueden incluir un miembro del eje central. El miembro del eje central puede usarse junto con la expansión de uno o ambos de entre el soporte estructural y el sustrato de anclaje. El miembro del eje central puede usarse junto con el tensado del sustrato de anclaje tras la colocación de los anclajes. Se puede usar un anclaje proximal para fijar un extremo del aparato a un segmento óseo a fin de "bloquear" el tensado del sustrato de anclaje.

El aparato puede incluir un aparato de administración. El aparato de administración puede administrar una o más partes del aparato, tales como el soporte estructural y el sustrato de anclaje, a través de un orificio de acceso en el hueso y dentro de la cavidad intramedular en el hueso. Las partes pueden administrase en un estado contraído o plegado. Las partes pueden entonces expandirse para reparar la fractura.

El aparato y los métodos pueden implicar la reducción, alineación, compresión y/o estabilización de la fractura desde dentro de la cavidad intramedular. En algunos casos, el hueso estabilizado resultante puede curarse mientras se mantiene la movilidad del paciente.

El aparato y los métodos pueden proporcionar estabilización en flexión axial, torsión, rotación, compresión, y pueden proporcionar tensión o compresión entre segmentos.

La estabilización puede reparar fracturas compactadas e impactadas, controlar la longitud y controlar la alineación de los segmentos de fractura. El aparato puede separar las tareas de revisión, reducción, fijación, estabilización, rotación y desplazamiento.

El aparato y los métodos pueden distribuir la carga entre el aparato y el hueso nativo. El aparato puede tener flexibilidad y módulos similares al hueso nativo. Algunos ejemplos pueden proporcionar un aparato que sea selectivamente más débil o más fuerte que el hueso nativo para potenciar una respuesta beneficiosa de curación de la fractura.

El aparato y los métodos pueden usarse para procedimientos de reducción cerrada, De reducción abierta y procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos ("PQMI"). El aparato y los métodos pueden facilitar los procedimientos quirúrgicos artroscópicos. El aparato y los métodos pueden proporcionar la reparación de fracturas percutáneas. En dicha reparación, El aparato puede desplegarse en la cavidad de un hueso a través de una pequeña incisión.

El aparato puede administrase en un punto diferente al del sitio de la fractura. Esto puede ayudar a reducir el daño de los tejidos blandos. El aparato puede administrarse en una cavidad intramedular a través de un pequeño orificio de acceso que puede colocarse a lo largo del tercio medio del hueso largo en un área en la que se necesitaría desplazar una cantidad mínima de tejidos blandos.

El aparato y los métodos pueden reducir la necesidad de colocar cuerpos extraños en el músculo, en los tendones y en las zonas nerviosas. Por tanto, el aparato y los métodos pueden reducir la erosión y la desintegración de los tejidos. La preservación del tejido blando puede reducir el dolor crónico y la rigidez. El aparato y los métodos pueden reducir el riesgo de infección debido a su carácter no invasivo.

El aparato y los métodos pueden estar hechos completamente de metales biológicos tales como el titanio y el nitinol. Dichos materiales reducen el riesgo de infección y, en general, no interfieren en los procesos biológicos normales producidos dentro del hueso fracturado.

El aparato y los métodos pueden usarse para la reparación de muchos tipos diferentes de huesos. Por ejemplo, el aparato y los métodos pueden usarse para la reparación de huesos largos, huesos cortos, huesos planos, huesos irregulares y huesos sesamoideos.

El aparato y los métodos pueden usarse para la reparación de muchos tipos diferentes de fracturas. Por ejemplo, el aparato y los métodos pueden usarse para la reparación de fracturas conminutas, fracturas epifisarias, fracturas metafisarias, fracturas del tercio medio, fracturas intraarticulares, fracturas periarticulares, fracturas de múltiples partes

y otros tipos de fracturas.

El aparato puede usarse en la reconstrucción de articulaciones fracturadas. El aparato y los métodos también pueden facilitar dichos reemplazos articulares al proporcionar un sustrato de anclaje adecuado. Por ejemplo, el aparato y los métodos pueden proporcionar un anclaje estable para una prótesis y reducir el aflojamiento aséptico.

Las expresiones "extremo del hueso" y "fractura del extremo del hueso" pueden usarse para referirse a fracturas que se producen en la región epifisaria o metafisaria de los huesos largos. Dichas fracturas incluyen fracturas periarticulares e intraarticulares.

El aparato y los métodos pueden usarse para tratar el hueso osteoporótico, indicaciones que implican una mala calidad ósea. En relación con dichas indicaciones, el aparato puede compensar las deficiencias del hueso nativo y puede reducir los problemas relacionados con la transferencia de cargas. El aparato y los métodos pueden usarse en conexión con la fusión de huesos y articulaciones para diferentes indicaciones, incluyendo la artritis.

El aparato y los métodos pueden usarse junto con cemento óseo o en lugar de cemento óseo. El aparato puede actuar como relleno óseo. Por ejemplo, el aparato puede usarse para rellenar huecos óseos en relación con el tratamiento de quistes y tumores. El aparato puede comportarse como un armazón osteoconductor para potenciar el crecimiento óseo.

El aparato y los métodos pueden usarse en conexión con la alineación provisional para procedimientos de reparación por etapas, tales como revisiones, traumatismo de alta energía u otros casos en los que haya infección o tejido blando que necesite curarse antes de que se complete la fijación ósea. El aparato y los métodos pueden usarse en combinación con diferentes antibióticos que potencien la curación.

El soporte estructural puede evitar que los segmentos óseos se muevan hacia adentro, por lo que el aparato puede reducir la probabilidad de que la fractura se pliegue. El aparato puede ajustarse a la forma del hueso y, por lo tanto, puede reducir al mínimo las tensiones indebidas. Por ejemplo, el aparato y los métodos pueden reducir la tensión circunferencial seleccionando un grado de expansión o rigidez del implante.

El aparato puede ser autocentrante, porque se expande en la cavidad ósea. Muchas de las cavidades no son rectas como una tubería; varían según la anatomía. El aparato puede ser recto, flexionado, curvado y compatible con cavidades.

El aparato y los métodos pueden proporcionar anclaje en el extremo distal del aparato. Esta característica se puede usar para la reparación de fracturas articulares y fracturas con segmentos óseos pequeños o móviles.

El aparato y los métodos pueden permitir el uso de pequeños anclajes, porque el aparato proporciona soporte estructural para los segmentos óseos que requieren anclaje.

El aparato y los métodos pueden proporcionar anclaje en cualquier dirección adecuada. Algunos ejemplos pueden proporcionar anclaje en cualquier plano.

Debido a que el sustrato de anclaje se expande hacia la superficie interior de los segmentos óseos, se pueden usar anclajes relativamente más cortos en comparación con los métodos de reparación típicos. Por la misma razón, el uso de un tornillo que sea más largo de lo necesario para engranarse al sustrato de anclaje no hará que el tornillo atraviese el hueso que está opuesto al segmento anclado. Esto es así porque el tornillo terminará en la cavidad intramedular.

El aparato y los métodos pueden usarse junto con placas, tornillos, pasadores, fijadores exteriores, articulaciones de reemplazo, matrices de injerto óseo, sustitutos óseos basados en factores y sustitutos óseos basados en células.

Instrumento de administración

El instrumento de administración puede administrar el aparato a la cavidad intramedular a través de un orificio de acceso en el hueso. El instrumento de administración puede usarse para retirar el aparato de la cavidad intramedular a través del orificio de acceso. El instrumento de administración puede engranarse al aparato mediante cualquier mecanismo adecuado, incluyendo uno o más de entre hilado, un conector hembra, un pasador, un conector a presión, una placa metálica circular, un cable y cualquier otro mecanismo adecuado.

El mecanismo puede administrar, expandir, ajustar, rotar, bloquear, soltar y recuperar el aparato. Cada uno de los actos, y otros actos adecuados, pueden realizarse independientemente en la jaula estructural, del sustrato de anclaje, del miembro del eje central, de los rasgos distintivos de bloqueo y de los mecanismos de acoplamiento asociados. El dispositivo de administración puede incluir un juego de manillería capaz de administrar las fuerzas necesarias para accionar el mecanismo o los mecanismos.

El instrumento de administración puede incluir una envoltura para ayudar a administrar el aparato en un estado

compactado. El eje de la envoltura puede ser flexible para acceder a la cavidad intramedular. El instrumento de administración puede no tener una envoltura. En esos ejemplos, el instrumento de administración puede empujar el aparato a su sitio sin protección.

El instrumento de administración puede ser total o parcialmente radiopaco.

El instrumento de administración puede estar conectado a un escopio o endoscopio flexible. El instrumento de administración puede estar integrado en el escopio o el endoscopio flexible.

Soporte estructural

El soporte estructural puede proporcionar uno o más de entre un soporte estructural axial, flexionado, torsional y posicional a los segmentos de la fractura. El soporte estructural puede reducir o eliminar los efectos adversos, tales como los elevadores de la tensión. El soporte estructural puede proporcionar una guía o superficie para la alineación de los segmentos de la fractura durante la reducción y la curación.

El soporte estructural puede configurarse en un estado contraído e introducirse a través de un orificio en el eje del hueso. El soporte estructural puede tener suficiente flexibilidad en el estado contraído para ajustarse a la curvatura en una vía de acceso.

El soporte estructural puede colocarse dentro de la cavidad intramedular cerca de un sitio de fractura. El soporte estructural puede expandirse. Cuando se expande, el soporte estructural puede ser rígido. El soporte estructural puede expandirse lo suficiente para llenar la cavidad disponible y/o desplazar el material de baja densidad que puede bordear la cavidad. La expansión puede variar a lo largo de la superficie del soporte estructural de manera que el soporte estructural expandido puede conformarse en formas de cavidades irregulares.

Se puede mantener un estado de expansión con o sin el soporte estructural en una estado en tensión. La presión radial contra las paredes de la cavidad se puede adaptar a lo largo del soporte estructural. El soporte estructural puede aliviar mecánicamente la tensión en los lugares deseados para potenciar la curación.

La expansión del soporte estructural puede ser elástica. Esto se puede lograr usando un material de resorte que vuelva a su forma o presión de configuración original tras liberarse del estado contraído.

La expansión del soporte estructural puede ser de plástica. El soporte estructural puede deformarse en una configuración expandida deseada. La deformación puede lograrse mediante un mecanismo, tal como una palanca o manipuladores alternativos que cambian la longitud del soporte estructural. La palanca o los manipuladores pueden acortar la distancia entre dos partes del miembro estructural. El acortamiento de la distancia puede causar la expansión radial de una parte del soporte estructural.

La fuerza para acortar la distancia puede ser suministrada por un miembro del eje central que puede cortar el soporte estructural. La forma resultante podría derivarse de una combinación de la expansión descrita y la resistencia de las paredes de la cavidad.

La deformación puede lograrse mediante una fuerza directa, tal como por un globo.

El soporte estructural puede expandirse torsionalmente. La expansión torsional puede ser de naturaleza elástica o plástica. Por ejemplo, el extremo distal del soporte estructural puede rotarse con respecto al extremo proximal. El soporte estructural puede expandirse entonces para llenar la cavidad.

Se podrían usar muchos materiales diferentes para lograr los rasgos distintivos de expansión y resistencia deseadas que se describen.

El soporte estructural puede incluir miembros de soporte que formen una jaula o una parte de una jaula. Los miembros de soporte pueden tener una o más muchas configuraciones diferentes. El soporte estructural puede tener cualquier número adecuado de miembros de soporte. Por ejemplo, el número de miembros de soporte puede ser 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 25, 50, 100 o más.

Los miembros de soporte pueden tener cualquier forma de sección transversal adecuada. Por ejemplo, los miembros de soporte pueden tener una o más de las siguientes formas de sección transversal: redonda, plana, rectangular, haz en "I", tubular, de cadena, trenzada y muchas otras.

El soporte estructural puede tener cualquier forma adecuada. Por ejemplo, el soporte estructural puede ser redondo, cilíndrico, plano, rectangular, en espiral, helicoidal, de filamentos finos, ovoide u ovalado, ramificado o libre.

El soporte estructural puede construirse a partir de conjuntos de un solo componente o de varios componentes. El soporte estructural puede ser: mecanizado, cortado con láser de un tubo, grabado al aguafuerte de una lámina, tiras

ensambladas y unidas, moldeado, depositado y/o sinterizado.

El extremo proximal del soporte estructural puede unirse y bloquearse al sustrato de anclaje. El extremo proximal también puede interactuar con el instrumento de administración. El extremo proximal puede tener rasgos distintivos adecuados para la administración, el accionamiento, el bloqueo y la liberación. Dichos rasgos distintivos pueden incluir, por ejemplo, uno o más mecanismos de hilo, conector hembra, pasador, conector a presión, placa metálica circular, cable y cualquier otro mecanismo adecuado.

Sustrato de anclaje

El aparato puede incluir uno o más sustratos de anclaje. Un sustrato de anclaje puede recibir uno o más anclajes y mantenerlos en una posición deseada con o sin la ayuda conjunta del soporte estructural y con o sin hueso esponjoso. El sustrato de anclaje puede estar dimensionado y conformado de manera que pueda engranarse con un anclaje que penetre en el espacio intramedular.

El sustrato de anclaje puede estar dimensionado y conformado de manera que una vez que el elemento de anclaje penetre en el espacio intramedular, el sustrato de anclaje pueda engranarse al anclaje. El sustrato de anclaje puede proporcionar una tensión de anclaje que sea complementaria a la tensión causada por el engranaje del anclaje y el sustrato de anclaje.

Existen varios métodos mediante los que los anclajes y el sustrato de anclaje pueden engranarse.

Algunos de los métodos son métodos de engranaje pasivo. En el engranaje pasivo, los rasgos distintivos del sustrato de anclaje pueden tener el tamaño adecuado para engranarse a un anclaje. Por ejemplo, el anclaje y el sustrato de anclaje pueden configurarse de modo que se engranen de manera análoga a un tornillo y un orificio. Una estructura cortada por láser podría adoptar cualquier forma necesaria para lograr un engranaje y una retención adecuados de los anclajes. Las cavidades receptoras ("celdas") podrían ser redondas, cuadradas, ranuradas, triangulares o de cualquier forma que facilite el engranaje. La geometría de las celdas puede ser la de un diseño de acortamiento. Las celdas pueden formar una matriz, Un "producto textil" o una "tela". El sustrato de anclaje puede incluir una sola capa o múltiples capas.

Las características de la matriz pueden variarse a lo largo de un eje del sustrato de anclaje para proporcionar rasgos distintivos de anclaje a lo largo del eje. Por ejemplo, la geometría de la celda puede variarse para proporcionar el engranaje con diferentes tipos de anclajes. El espesor del sustrato de anclaje puede variar para proporcionar diferentes grados de resistencia y fuerzas de retención del anclaje.

Existen varias metodologías para el engranaje activo. Una de estas metodologías es la reducción del tamaño de las celdas. El sustrato de anclaje puede deformarse de manera que se reduzca el tamaño de las celdas. La reducción del tamaño de las celdas puede producir un ajuste (o bloqueo) de la celda sobre el anclaje.

Otra metodología de este tipo implica un desplazamiento relativo entre el primer y el segundo sustrato de anclaje. El desplazamiento relativo reduce eficazmente el tamaño de la celda cuando las celdas correspondientes se compensan entre sí. El desplazamiento relativo puede ser axial, rotacional, radial, etc. El desplazamiento relativo puede atrapar un anclaje entre los dos sustratos de anclaje desplazados y bloquear o sujetar eficazmente el anclaje. Las celdas de formas seleccionadas, bien similares o diferentes, del primer y segundo sustrato de anclaje se pueden mover de manera cooperativa para atrapar o engranar el anclaje.

Otra metodología de este tipo implica torcer el sustrato de anclaje. Esta acción puede ser similar a estirar y bloquear el anclaje en medio del sustrato. Otras metodologías incluyen la envoltura, la plicatura el agrupando el sustrato de anclaje. Una configuración plegada o agrupada puede ejercer fuerza al tener varias capas de material unidas al anclaje al mismo tiempo, atando eficazmente el anclaje con alambres.

Se puede seleccionar la disposición de diferentes partes del sustrato de anclaje para facilitar el engranaje con un anclaje. Las partes del sustrato de anclaje pueden extenderse radialmente lejos de un eje central o longitudinal del aparato o del sustrato de anclaje. Las partes del sustrato de anclaje pueden estar soportadas en una orientación perpendicular con respecto al eje.

Una vez que el sustrato de anclaje está engranado a un anclaje, el sustrato de anclaje puede aplicar tensión al anclaje. La tensión puede instar al anclaje a moverse con respecto al elemento estructural. Esto se puede lograr moviendo el sustrato de anclaje en una dirección axial con respecto al miembro estructural. Si el sustrato de anclaje se mueve proximalmente con respecto al soporte estructural, se aplicaría tensión a los anclajes y a sus correspondientes segmentos de fractura.

La tensión se puede lograr reduciendo el diámetro del sustrato de anclaje. Esto se puede lograr alargando y, por lo tanto, reduciendo el diámetro del sustrato de anclaje. La tensión se puede aplicar envolviendo, plegando, trenzando, rotando o tirando radialmente del sustrato de anclaje. Para esta metodología, se puede usar la configuración plegada

o agrupada mencionada anteriormente.

El sustrato de anclaje puede ser interior al soporte estructural. El sustrato de anclaje puede ser exterior al soporte estructural. Algunos ejemplos pueden incluir uno o más sustratos de anclaje que son interiores al soporte estructural y uno o más sustratos de anclaje que son exteriores al soporte estructural. En algunos ejemplos, el sustrato de anclaje puede estar unido al soporte estructural.

El sustrato de anclaje puede cooperar mecánicamente con el soporte estructural. El sustrato de anclaje puede proporcionar integridad estructural al dispositivo. Por ejemplo, la matriz puede incluir rasgos distintivos entrelazables. Los rasgos distintivos de entrelazado se pueden entrelazar durante o después de la expansión sustrato de anclaje.

El sustrato de anclaje puede ser mecánicamente independiente del soporte estructural. Esto puede permitir un movimiento relativo entre el sustrato de anclaje y el soporte estructural.

El sustrato de anclaje puede ser expandible. El sustrato de anclaje puede expandirse simultáneamente con el soporte estructural. El sustrato de anclaje puede ser expandido por el soporte estructural. El sustrato de anclaje puede ser expandido por un dispositivo de administración tal como un globo. El sustrato puede ser autoexpandible. Los ejemplos autoexpandibles pueden incluir elementos de tipo resorte. Los ejemplos autoexpandibles pueden incluir elementos que incluyen materiales con memoria de forma, tales como aleaciones con memoria de forma. El sustrato de anclaje puede no expandirse. El sustrato de anclaje puede ser expandible por accionamiento mecánico.

El sustrato de anclaje puede construirse de muchas formas diferentes y de muchos materiales diferentes. Las formas pueden incluir, por ejemplo, trenzada, de malla, en zig-zag, de cadena, miembros cortados con láser, miembros depositados u otra construcción de filamentos. Las celdas de sustrato de anclaje pueden ser elementos redondos, elemento cuadrado, elementos rectangulares o perfilados, o una combinación de tipos de celdas. Las celdas de sustrato de anclaje pueden estar diseñadas para imitar el hueso y actuar como un armazón de crecimiento o injerto.

El sustrato de anclaje puede estar hecho de un elemento unitario, tal como un tubo extruido o una lámina plana con un patrón cortado que facilitaría el engranaje. Los ejemplos incluyen un tubo cortado con láser, una lámina estampada o grabada al aguafuerte, y otras metodologías adecuadas.

El sustrato de anclaje puede estar hecho de muchos materiales que incluyen, pero sin limitación: Nitinol, Titanio, aleaciones de acero inoxidable, polímeros, materiales porosos, materiales de tipo esponja, metal sinterizado, materiales grabados al aguafuerte, material depositado, material extruido y materiales moldeados.

Anclajes

Los anclajes pueden facilitar la unión de segmentos óseos al sustrato de anclaje. Los anclajes pueden aparearse, acoplarse, engranarse, bloquear e interactuar de otro modo con el sustrato de anclaje. Algunos de los anclajes pueden configurarse para engranarse al hueso. Algunos de los anclajes pueden estar configurados para no engranarse al hueso.

Un anclaje puede tener un elemento alargado. El elemento alargado puede incluir uno o más rasgos distintivos de retén que estén configurados para engranarse al sustrato de anclaje. El engranaje puede producirse prácticamente inmediatamente después de que el sustrato de anclaje sea penetrado por el anclaje. El engranaje puede producirse solo después de que una longitud predeterminada del miembro alargado haya pasado al sustrato de anclaje. Algunos anclajes pueden bloquearse en el sustrato de anclaje. Es posible que algunos anclajes no se bloqueen en el sustrato de anclaje.

Los rasgos distintivos de retenes pueden ser automáticos. Los rasgos distintivos de retenes pueden ser accionados por el usuario.

Los anclajes pueden tener cualquier longitud adecuada. Se pueden usar anclajes de diferentes longitudes junto con el aparato. Los anclajes se pueden configurar para entrar y engranarse al sustrato de anclaje con una parte final del anclaje. Esos anclajes, una vez bloqueados, pueden terminar dentro del sustrato de anclaje. Algunos anclajes pueden configurarse para pasar a través del sustrato de anclaje y engranarse al hueso por un lado opuesto del sustrato de anclaje. Algunos anclajes pueden estar configurados para no engranarse al hueso por ambos lados del sustrato de anclaje. Los anclajes de ejemplo incluyen: tornillos, elementos helicoidales, barras en T, rasgos distintivos punzantes, anclajes cortados de un tubo, con rasgos distintivos de lengüeta.

Los anclajes se pueden usar junto con elementos de refuerzo tales como placas, arandelas, espaciadores y similares.

Se puede insertar un anclaje proximal para anclar una parte proximal del sustrato de anclaje al hueso. El anclaje proximal puede engranarse para preservar la tensión en el sustrato de anclaje. El anclaje proximal puede configurarse para ajustar la tensión.

Miembro del eje central

En los ejemplos que incluyen un miembro del eje central, el miembro del eje central puede usarse para colocar el aparato, accionar uno o más cambios (por ejemplo, del estado de expansión o estado de tensión) del aparato, mover una parte del aparato con respecto a otra parte del aparato y proporcionar soporte mecánico (por ejemplo, rigidez) al aparato.

El aparato puede tener un extremo distal y un extremo proximal. La estructura de soporte puede tener un extremo distal y un extremo proximal. El sustrato de anclaje puede tener un extremo distal y un extremo proximal. El miembro del eje central puede tener un extremo distal y un extremo proximal. El miembro del eje central puede extenderse proximalmente más allá de los extremos proximales del soporte estructural y del miembro de anclaje. En esos ejemplos, una parte intermedia del miembro del eje central, en general, puede alinearse con los extremos proximales del soporte estructural y del sustrato de anclaje.

El miembro del eje central puede usarse para mantener la rigidez del soporte estructural y/o del sustrato de anclaje. En esos ejemplos, el extremo distal del miembro del eje central puede estar fijado longitudinalmente al extremo distal del soporte estructural y/o del sustrato de anclaje. El extremo proximal o la parte intermedia del miembro del eje central se puede fijar longitudinalmente al extremo proximal del soporte estructural y/o del sustrato de anclaje.

El miembro del eje central puede usarse para ajustar la longitud del soporte estructural y/o del sustrato de anclaje. En esos ejemplos, el extremo distal del miembro del eje central puede estar fijado al extremo distal del soporte estructural y/o sustrato de anclaje. Los extremos proximales del soporte estructural y/o sustrato de anclaje se pueden mover longitudinalmente (ya sea linealmente, rotacionalmente o de otro modo) con respecto al miembro del eje central. Por tanto, el miembro del eje central puede usarse para expandir el soporte estructural o el sustrato de anclaje. El miembro del eje central puede usarse para bloquear el aparato en una configuración expandida. El miembro central puede estar bloqueado en su sitio por otros elementos del aparato.

El miembro del eje central puede usarse para colocar un límite inferior o superior en la separación longitudinal entre los extremos distal y proximal de la estructura de soporte y/o del sustrato de anclaje. Esto se puede lograr proporcionando retenes en ubicaciones seleccionadas a lo largo del miembro del eje central.

El miembro del eje central puede usarse para desplazar linealmente el soporte estructural con respecto al sustrato de anclaje o el sustrato de anclaje con respecto a la estructura de soporte. El miembro del eje central puede usarse para desplazar linealmente un sustrato de anclaje con respecto a otro sustrato de anclaje. En dichos ejemplos, el miembro del eje central puede estar fijado longitudinalmente a cualquiera de entre el soporte estructural y al sustrato de anclaje, para moverse entre sí.

El miembro del eje central puede usarse para cargar mecánicamente el soporte estructural y/o el sustrato de anclaje. La carga puede estar en tensión, compresión o rotación. La carga puede aplicarse engranando adecuadamente el miembro del eje central con una parte del soporte estructural y/o sustrato de anclaje. El miembro del eje central puede entonces cargarse, por ejemplo, en su extremo proximal. El miembro del eje central puede transferir la carga a través del engranaje con el soporte estructural y/o la estructura de anclaje.

Cuando el miembro del eje central está fijado longitudinalmente al soporte estructural y/o al sustrato de anclaje, puede permanecer libre para rotar. Cuando el miembro del eje central no está fijado longitudinalmente, el aparato puede incluir manguitos adecuados, rodamientos, superficies de fricción y similares para permitir un desplazamiento lineal y/o una rotación adecuados entre el miembro del eje central y el soporte estructural y/o sustrato de anclaje.

Por ejemplo, el miembro del eje central puede estar fijado longitudinalmente al extremo distal del soporte estructural y fijado rotacionalmente al extremo proximal del sustrato de anclaje. El extremo distal del sustrato de anclaje puede o no estar fijado rotacionalmente al extremo distal de la estructura de soporte. Por lo tanto, el eje central puede usarse en diferentes configuraciones para deformar (por ejemplo, envolver, plegar, tranzar, etc.) el sustrato de anclaje. Se pueden usar configuraciones similares para deformar el soporte estructural.

El miembro del eje central puede incluir un o servir como sustrato de anclaje. El miembro del eje central puede ser extraíble de modo que pueda retirarse del aparato una vez logrado el efecto deseado.

El miembro central puede ser flexible o rígido. El miembro central puede estar integrado en uno o ambos de entre el soporte estructural y el sustrato de anclaje. El miembro del eje central puede incluir uno o más cables, bobinas, hilos, trenzas, extrusiones, molduras, varillas, manojos, cadenas, mallas, elementos anidados y similares.

Retirada del aparato

El aparato se puede retirar del hueso. Las metodologías para la extracción pueden incluir plegar el aparato.

En algunos casos, el tejido puede crecer en intersticios del aparato. Se puede aplicar energía (por ejemplo, vibraciones,

energía ultrasónica, calor y similares) al aparato para liberar el tejido. Cuando se usa energía térmica, el calor puede generarse a partir de energía en cualquier forma adecuada, tal como radiofrecuencia, microondas, inducción, resistencia eléctrica y otras.

El aparato y los métodos pueden incluir instrumentos de extracción tales como un taladro hueco, un taladro de extracción de muestras y similares. El aparato puede caber dentro de uno o más de dichos instrumentos.

Crecimiento óseo

Se pueden recubrir una o más superficies del aparato con agentes que potencien el crecimiento óseo. Los agentes pueden incluir fosfato de calcio, hidroxilapatita tratada térmicamente, hidroxiapatita recubierta con factor básico de crecimiento de fibroblastos (bFGF), hidroxiapatita/fosfato tricálcico (HA/TCP) y otros agentes adecuados, incluyendo uno o más de los enumerados en la Tabla 1.

Se pueden recubrir una o más superficies del aparato con agentes que inhiban o prohíban la increscencia ósea. Dichas superficies pueden incluir materiales impermeables y de otro tipo, como uno o más de los enumerados en la Tabla 1.

Administración de fármacos

Se pueden recubrir una o más superficies del aparato con agentes que pueden eluir sustancias terapéuticas tales como fármacos.

Complicaciones

El aparato y los métodos pueden incluir medios para abordar las complicaciones que pueden estar asociadas con los implantes óseos. Una de esas complicaciones es la infección. El aparato y los métodos pueden incluir rasgos distintivos que contrarresten la infección. Por ejemplo, dicho rasgo distintivo puede incluir un recubrimiento. El recubrimiento puede incluir antibióticos tales como tobramicina u otros agentes antimicrobianos eficaces. Otro rasgo distintivo de este tipo puede ser la administración de calor para elevar la temperatura del aparato lo suficiente como para matar bacterias y otros tejidos no deseados en o cerca del implante.

Instalación

El siguiente es un método ilustrativo de instalación del aparato en un hueso que tiene una fractura. El procedimiento puede realizarse ya sea en un hospital o en un entorno ambulatorio.

1. Se reduce provisionalmente la fractura usando técnicas convencionales.
2. Se accede a la cavidad intramedular en una ubicación que provoque el menor daño tisular posible al paciente, pero que sea suficiente para el médico; proximal o distal.
3. Se introduce un catéter de administración en el hueso cerca de la zona de la fractura. La posición se puede confirmar con fluoroscopia.
4. Se despliega el soporte estructural. Se puede usar un dispositivo de posicionamiento, que puede ser un miembro del eje central. Se puede aplicar manipulación externa.
5. Se vuelve a colocar el hueso fracturado en su sitio de curación ideal. El dispositivo de posicionamiento puede bloquearse en la pared de la cavidad intramedular desplegando el mecanismo de anclaje.
6. Se despliega un elemento tensor de anclaje (tal como un sustrato de anclaje) en el espacio interior del soporte estructural y cerca de la ubicación de la fractura.
7. Se despliegan anclajes en los fragmentos de fractura, ya sea externa o internamente, dependiendo de la accesibilidad. Los anclajes son conducidos a través de los fragmentos y del sustrato de anclaje.
8. Se confirma la ubicación de los fragmentos mediante rayos X, fluorometría o visualización directa. Se aplica tensión según sea necesario para colocar la fractura en la posición deseada con la presión adecuada sobre las superficies de los fragmentos para estabilizar la fractura para su curación.
9. Se bloquea el aparato en su sitio.
10. Se desconectan los instrumentos de administración del aparato. Se retiran los instrumentos de administración del paciente y se cierra al paciente.

Esto puede suponer otras numerosas etapas y se pueden poner en práctica muchas secuencias diferentes de etapas sin apartarse de los principios de la divulgación.

Materiales

El aparato y sus partes pueden incluir cualquier material adecuado. La Tabla 1 enumera materiales ilustrativos que pueden incluirse en el aparato y las partes del mismo.

Tabla 1. Materiales

Categoría	Tipo	Material
Metales	Aleaciones de níquel y titanio	Nitinol
	Aleaciones de acero inoxidable	304 316L Aleación BioDur® 108 Pyromet Alloy® CTX-909 Pyromet® Alloy CTX-3 Pyromet® Alloy 31 Pyromet® Alloy CTX-1 Acero inoxidable 21Cr-6Ni-9Mn Acero inoxidable 21Cr-6Ni-9Mn Pyromet Alloy 350 Acero inoxidable 18Cr-2Ni-12Mn Acero inoxidable Custom 630 (17Cr-4Ni) Acero inoxidable Custom 465® Acero inoxidable Custom 455® Acero inoxidable Custom 450® Acero inoxidable Carpenter 13-8 Acero inoxidable Tipo 440C
	Aleaciones de cromo y cobalto	MP35N Elgiloy L605 Aleación Biodur® Carpenter CCM
	Titanio y aleaciones de titanio	Ti-6A1-4V/ELI Ti-6Al-7Nb Ti-15Mo
	Tantalio Tungsteno y aleaciones de tungsteno Platino puro Aleaciones de platino e iridio Aleaciones de platino y níquel Niobio Iridio Conicromo Oro y aleaciones de oro	
Metales absorbibles		Aleaciones de hierro y magnesio puro
Polímeros		Polieterétercetona (PEEK) policarbonato poliolefinas

(continuación)

Categoría	Tipo	Material
		polietilenos amidas de bloques de poliéter (PEBAX) nylon 6 6-6 12 Polipropileno poliésteres poliuretanos politetrafluoroetileno (PTFE) poli(sulfuro de fenileno) (PPS) Poli(tereftalato de butileno) PBT polisulfona poliamida poliimida poli(óxido de *p*-fenileno) PPO acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) Poliestireno Poli(metacrilato de metilo) (PMMA) Polioximetileno (POM) Acetato de etilenvinilo Resina de acrilonitrilo de estireno Polibutileno
Materiales de membrana		Silicona Amidas de bloques de poliéter (PEBAX) Poliuretanos Copolímeros de poliuretano de silicona Nylon Tereftalato de polietileno (PET) Goretex ePTFE Kevlar Spectra Dyneena Policloruro de vinilo (PVC)
Polímeros absorbibles		Poli(ácido glicólico) (PGA) Polilactida (PLA), Poli(ε-caprolactona), Poli(dioxanona) Poli(láctico-co-glicólico)
Materiales radiopacos		Sulfato de bario Subcarbonato de bismuto
Biomateriales	Colágeno	Amnios bovino, porcino, ovino
Factores de crecimiento óseo		Matriz ósea desmineralizada Proteínas morfogénicas óseas (BMP) Fosfato de calcio Hidroxilapapatita tratada térmicamente Hidroxiapatita recubierta con factor básico de crecimiento de fibroblastos (bFGF)
Recubrimientos antimicrobianos		Hidroxiapaptita/fosfato tricálcico (HA/TCP).

El aparato puede proporcionarse como un kit que puede incluir uno o más de entre un soporte estructural, un sustrato de anclaje, un miembro del eje central, un anclaje, un instrumento de administración y artículos asociados.

A continuación, se describirán el aparato y los métodos de acuerdo con la divulgación en relación con las figuras. Las

figuras muestran rasgos distintivos ilustrativos de los aparatos y métodos de acuerdo con los principios de la divulgación. Los rasgos distintivos se ilustran en el contexto de ejemplos seleccionados. Se entenderá que los rasgos distintivos mostrados en relación con uno de los ejemplos pueden ponerse en práctica de acuerdo con los principios de la divulgación junto con los rasgos distintivos mostrados en relación con otro de los ejemplos.

Los aparatos y métodos descritos en el presente documento son ilustrativos, estando la invención definida y limitada solo por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. El aparato y los métodos de la divulgación pueden implicar algunos o todos los rasgos distintivos del aparato ilustrativo y/o algunas o todas las etapas de los métodos ilustrativos. Las etapas de los métodos pueden realizarse en un orden diferente al que se muestra y describe en el presente documento. Algunos métodos pueden omitir las etapas mostradas y descritas en relación con los métodos ilustrativos. Algunos métodos pueden incluir etapas que no se muestran ni describen en relación con los métodos ilustrativos.

Ahora se describirán ejemplos ilustrativos con referencia a los dibujos adjuntos, que forman parte de los mismos.

El aparato y los métodos de la divulgación se describirán en conexión con ejemplos y rasgos distintivos de un dispositivo ilustrativo de reparación ósea, y el hardware y la instrumentación asociados. A continuación, se describirán el dispositivo, y el hardware y los instrumentos asociados, con referencia a las figuras. Debe entenderse que se pueden utilizar otros ejemplos, y modificaciones estructurales, funcionales y de procedimiento sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

La FIG. 1 muestra el dispositivo ilustrativo 100 implantado en el hueso B, que se ilustra como un radio. El hueso B incluye las partes óseas P_B, P_h y P_a en el extremo distal D. El segmento óseo P_B es la parte más grande del hueso B. El segmento óseo P_h es una parte de la cabeza del hueso. Los segmentos óseos P_h y P_a incluyen la superficie articular AS. Las partes óseas P_B, P_h y P_a están separadas o parcialmente separadas a lo largo de las fracturas F_a y F_h. La fractura F_a corta la superficie articular AS. La fractura F_h corta la cabeza H.

Se apreciará que las partes óseas P_B, P_h y P_a definen una fractura ilustrativa en el hueso B. El dispositivo 100 puede usarse para tratar fracturas que tengan un mayor o menor número de partes óseas. Las partes óseas pueden tener diferentes formas, orientaciones y tamaños aparte de los mostrados en la FIG. 1. Se apreciará también que la fractura mostrada en la FIG. 1 se ilustra como una fractura cercana al extremo de un hueso largo, pero el dispositivo 100 puede usarse para tratar fracturas en otras partes de huesos largos, tales como el tercio medio, y en los huesos que pueden identificarse como distintos de los huesos largos, por ejemplo, en las vértebras.

El dispositivo 100 se alarga a lo largo de su eje longitudinal L_D (en el que D indica el dispositivo). El dispositivo 100 está en el espacio intramedular IS del hueso B. El extremo distal 102 del dispositivo 100 está en la región epifisaria E del hueso B. El extremo proximal 104 está en la región diafisaria D adyacente del hueso B. Las partes del dispositivo 100 que están entre el extremo distal 102 y el extremo proximal 104 están en la región metafisaria M del hueso B.

El dispositivo 100 puede incluir una jaula estructural 105. La jaula estructural 105 puede incluir miembros de soporte 106. Los miembros de soporte 106 pueden extenderse desde la base 108 de la jaula hasta el conector distal 110. (La dirección que se extiende desde la base 108 de la jaula se denominará "dirección distal". La dirección opuesta se denominará "dirección proximal". "Distal", con respecto a "proximal", en general, significa el extremo delantero del aparato que se inserta, o que se va a insertar, en el cuerpo). La distancia a lo largo del eje LD entre la base 108 de la jaula y el conector distal 110 puede ajustarse para cambiar la forma de los miembros 106 de soporte.

Cuando la base 108 de la jaula está separada al máximo del conector distal 110, la jaula estructural 105 está en un estado comprimido. Cuando la base 108 de la jaula y el conector distal 110 se empujan o se juntan entre sí, los miembros estructurales 106 se desvían radialmente hacia afuera a lo largo de la dirección radial R_D (en la que "D" indica el dispositivo). De esta manera, la jaula estructural 105 puede expandirse. El dispositivo 100 se muestra en un estado expandido. Los miembros estructurales 106 y el sustrato de anclaje 124 pueden autoexpandirse radialmente. Esto puede tirar de la base 108 y del conector distal 110 conjuntamente en sentido longitudinal.

La jaula estructural 105 puede usarse para proporcionar soporte a las partes óseas P_B, P_a y P_h. El soporte puede incluir alinear y estabilizar los segmentos óseos P_B, P_a y P_h durante la reducción y/o curación. El soporte puede ser soporte subcondral. Se puede usar la jaula estructural 105 para proporcionar resistencia de carga al hueso B durante la curación.

El dispositivo 100 puede incluir el sustrato de anclaje 112. El sustrato 112 puede estar engranado por anclajes tales como 114 y 116. El anclaje 114 sujeta el segmento óseo P_h al sustrato 112. El anclaje 116 sujeta el segmento óseo P_a al sustrato 112. Los anclajes pueden engranarse al sustrato 112 en una amplia selección de posiciones. Los anclajes pueden engranarse al sustrato 112 desde una amplia selección de ángulos. Cada uno de los anclajes puede aplicar una fuerza a su respectiva parte ósea. La fuerza puede orientarse para colocar adecuadamente las partes óseas para su curación. La fuerza puede dirigirse al menos en parte hacia el eje LD. La fuerza puede considerarse una fuerza hacia dentro (al menos parcialmente en dirección $-R_D$). La jaula estructural 105 puede aplicar a las partes óseas una fuerza que se dirija al menos en parte lejos del eje L_D. La fuerza desde la jaula estructural 105 puede considerarse una fuerza hacia afuera (al menos parcialmente en la dirección R_D).

Los anclajes 114 y 116 se ilustran como tornillos roscados, pero se puede usar cualquier anclaje adecuado.

Los anclajes, el sustrato de anclaje y la jaula estructural de soporte se pueden usar en concierto para seleccionar, para cada parte ósea una o más de una posición, orientación y fuerza deseada. Se puede seleccionar una o ambas de entre la posición y la orientación mediante la selección apropiada del tamaño del anclaje, de la posición del anclaje, de la tensión del anclaje, del tamaño de la jaula estructural, y de la configuración y posición del miembro de soporte. Debido a que se pueden seleccionar la posición y la orientación, las partes óseas se pueden alinear apropiadamente entre sí.

El dispositivo 100 puede incluir el vástago 128. El vástago 128 puede extenderse en la dirección proximal desde la base 108 de la jaula. El vástago 128 puede incluir el sustrato de anclaje 118 y la base proximal 120 del vástago. El sustrato de anclaje 118 del vástago puede soportar la base proximal 120. El anclaje 122 puede sujetar el vástago 128 a la parte P_B de hueso B. El anclaje 122 puede engranarse de modo que aplique fuerzas longitudinales y/o rotacionales al dispositivo 100. El anclaje 122 puede engranarse de manera que aplique una fuerza radial al dispositivo 100. La fuerza radial puede inducir o contrarrestar la flexión del dispositivo 100 a lo largo del eje L_D. El anclaje 122 puede aplicar una fuerza longitudinal resistiva al dispositivo 100. La fuerza longitudinal resistiva puede resistir las fuerzas aplicadas al dispositivo 100 por los anclajes distales 114 y 116.

La base proximal 120 puede soportar el rasgo distintivo de retención 122 del dispositivo. Se puede usar el miembro de retención 126 del dispositivo para engranar el dispositivo 100 para su inserción y manipulación. Se puede usar un manipulador del dispositivo (no mostrado) junto con el miembro de retención 126 de dispositivo para tirar del dispositivo 100 en la dirección proximal.

El dispositivo puede incluir un conector 130 del miembro central ilustrativo. El conector 130 del miembro central puede usarse para recapturar y retirar el dispositivo 100 tras el despliegue.

Al tirarse del dispositivo 100 en la dirección proximal se pueden ajustar las fuerzas (tracción, compresión o ambas) entre las partes óseas P_a, P_h y P_B. Al tirarse del dispositivo 100 en la dirección proximal se puede ajustar la orientación y posición de las partes P_a con respecto a la parte ósea P_B. El anclaje 122 se puede usar para retener las fuerzas de compresión después de tirarse del dispositivo 100 en la dirección proximal.

El dispositivo 100 puede incluir el miembro del eje central 124. El miembro del eje central 124 puede extenderse desde el conector distal 110, a través de la base 108 de la jaula y a través de la base proximal 120 hacia el espacio intramedular IS del hueso B. El miembro del eje central 124 puede usarse para efectuar la expansión de la jaula estructural 105. Algunos ejemplos pueden no incluir el miembro del eje central 124. (Se puede tirar del sustrato de anclaje 112 proximalmente con respecto a la jaula estructural 105 para ajustar la tensión mientras se mantiene la posición y el soporte de los segmentos óseos).

El miembro del eje central 124 puede usarse para expandir la jaula estructural 105 aplicando tensión entre el conector 100 y la base 108 y/o 120 de la jaula. Esto se puede realizar aplicando simultáneamente una fuerza dirigida proximalmente al miembro del eje central 124 y una fuerza dirigida distalmente a la base 108 de la jaula. El miembro del eje central puede estar conectado rotacionalmente al conector 110 y enroscado a través de la base 108 de la jaula. En esos ejemplos, la jaula estructural 105 puede expandirse mediante la rotación del miembro del eje central 124. La jaula estructural 105 puede ser autoexpandible.

La forma expandida final puede diseñarse en la estructura de la jaula estructural 105. La forma expandida final puede estar limitada por el espacio disponible en la cavidad. La expansión puede ser elástica y puede basarse en un material de resorte que vuelva a una forma predeterminada.

El dispositivo 100, en su estado comprimido, puede administrarse al cuerpo a través de una pequeña incisión de acceso a lo largo de la sección del tercio medio del hueso (D, en la FIG. 1) en una zona en la que se pueda reducir al mínimo la interrupción del tejido blando.

La FIG. 1A muestra el dispositivo 100 en vista isométrica. La jaula estructural 105 incluye miembros de soporte 106. Los miembros de soporte 106 pueden expandirse o contraerse a lo largo de la dirección R_D en base al posicionamiento relativo de la base 108 de la jaula y el conector 110 a lo largo del eje L_D del dispositivo. La jaula de soporte 105 puede contraerse para su introducción en el espacio intramedular IS.

La jaula de soporte 105 se ilustra con seis miembros de soporte 106. Se apreciará que se puede usar cualquier número adecuado de miembros de soporte. Por ejemplo, la jaula de soporte 105 puede tener una serie de miembros de soporte 106 en el intervalo de 2 a 40 o de más de 40.

Los miembros de soporte 106 se ilustran con una forma de sección transversal rectangular. Se apreciará que los miembros de soporte 106 pueden tener cualquier forma de sección transversal adecuada. Por ejemplo, la forma de la sección transversal puede ser redonda, cuadrada, trenzada, de cadena o perfilada. La jaula de soporte 105 puede

incluir miembros de soporte que tengan diferentes formas transversales, dimensiones o propiedades del material. Cuando los miembros de soporte tienen diferentes formas, dimensiones o propiedades del material, la jaula de soporte 105 puede sufrir deformación no radial. Dicha deformación puede ser útil para conformar el dispositivo 100 en el interior del hueso B (incluyendo los segmentos óseos P_a, P_h y P_B).

Los miembros de soporte 106 se ilustran unidos en la base 108 de la jaula y el conector 110. Los extremos de los miembros se muestran unidos en ambos extremos. Los miembros de soporte 106 pueden tener uno o más extremos libres o parcialmente libres.

Los miembros de soporte 106 pueden cortarse de un solo tubo o pueden fabricarse independientemente y unirse luego.

El sustrato de anclaje 112 está presente dentro de la jaula estructural 105. El sustrato de anclaje 112 puede estar en estado plegado y en estado expandido. El estado plegado puede usarse para la administración. El estado expandido puede usarse para desplegar y reparar fracturas.

El sustrato de anclaje 112 puede incluir una estructura cortada con láser. El sustrato de anclaje 112 puede construirse de manera que se engrane a un anclaje tal como 114 (mostrado en la FIG. 1) y mantenga el anclaje bajo una carga mecánica. El sustrato de anclaje 112 puede fijarse a la jaula de soporte 105. El sustrato de anclaje 112 puede fijarse a uno o más de entre el conector 110, una o más partes de miembros de soporte 106, el miembro del eje central 124, la base 108 de la jaula y la base proximal 120.

El sustrato de anclaje 112 puede no fijarse al dispositivo 100 (aunque puede ser retenido por la jaula de soporte 105). Dicha ausencia de fijación puede facilitar el ajuste de la tensión y la carga de los segmentos óseos.

La FIG. 1B es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 1B-1B (mostradas en la FIG. 1A). La FIG. 1B muestra el miembro del eje central 124 que se extiende desde el conector 110 (no mostrado) a través de la base 132 del sustrato de anclaje (que está concéntricamente dentro de la base 108 de la jaula), el vástago 128, la base proximal 120 y el miembro de retención 126 del dispositivo.

El conector 130 del miembro central sobresale proximalmente del miembro de retención 126 del dispositivo. El conector 130 del miembro central puede configurarse para engranarse a fin de ajustar o controlar la tensión y/o la rotación del miembro central 124. La manipulación del conector 130 del miembro central puede facilitar el administración y la expansión de la jaula estructural 105 y/o del sustrato de anclaje 112. El conector 130 del miembro central puede mantener la tensión entre los extremos distal y proximal de la jaula estructural 105 o del sustrato de anclaje 112.

El miembro de retención 126 del dispositivo puede usarse en relación con la administración, manipulación y/o extracción del dispositivo 100.

Se puede tirar del tope 134 del miembro del eje central 124 en la dirección proximal D_P tirando del conector 130 del miembro central en la dirección D_P con respecto al vástago 128. Esto se puede realizar empujando el miembro de retención 126 del dispositivo distalmente (-Dp) mientras se tira del conector 130 del miembro central proximalmente. Estas acciones de empujar y tirar se pueden realizar usando los aparatos y métodos mostrados y descritos en el presente documento o instrumentos de dispositivos de agarre conocidos.

El tope 134 impulsará la base 108 del sustrato de anclaje en la dirección D_P. La base 108 del sustrato de anclaje tirará entonces del sustrato de anclaje 112 en la dirección D_P. El movimiento del sustrato de anclaje 112 en la dirección DP aplicará fuerza a los anclajes 114 y 116. La fuerza puede tener un componente distal y un componente radialmente hacia adentro ($-R_D$). La fuerza puede comprimir así los segmentos óseos P_a y P_h contra el segmento óseo P_B (mostrado en la FIG. 1).

El tope 134 puede transferir fuerza longitudinal desde el miembro de retención 126 del dispositivo en una dirección proximal para anclar el sustrato 112 a través del mecanismo de acoplamiento entre el miembro de retención 126 del dispositivo, la base proximal 120 y el conector 130 del miembro central. Como alternativa, el miembro del eje central 124 puede estar acoplado mecánicamente a la base 108 de la jaula por un trinquete, tornillo u otro mecanismo adecuado.

La FIG. 1C muestra una vista tomada a lo largo de las líneas 1C-1C (mostradas en la FIG. 1A). La FIG. 1C muestra la jaula de soporte 105 expandida (que incluye el conector 110) y el sustrato de anclaje 112 expandido. También se muestra el anclaje de bloqueo 122.

Una o más de las superficies o elementos del dispositivo 100 pueden incluir un recubrimiento. El recubrimiento puede incluir un agente. El agente puede proporcionar un agente de potenciación del crecimiento óseo, un agente de inhibición o prohibición del crecimiento óseo, un agente de elución de fármaco o cualquier otro agente adecuado.

La FIG. 2 muestra el esqueleto S ilustrativo. El esqueleto S incluye huesos S_i ilustrativos en los que se puede usar el

dispositivo 100 (mostrado en la FIG. 1) como se muestra y describe en relación con el hueso B (mostrado en la FIG. 1). La Tabla 2 incluye una lista parcial de huesos S_i.

Tabla 2. Huesos S_i.

Hueso	El número de referencia de la FIG. 2
Radio distal	S_0
Húmero	S_1
Radio proximal y cúbito (codo)	S_2
Metacarpianos	S_3
Clavícula	S_4
Costillas	S_5
Vértebras	S_6
Cúbito	S_7
Cadera	S_8
Fémur	S_9
Tibia	S_{10}
Fíbula	S_{11}
Hueso	El número de referencia de la FIG. 2
Metatarsianos	S_{12}

La FIG. 3 muestra esquemáticamente la anatomía del hueso B (mostrado en la FIG. 1). Los rasgos distintivos anatómicos del hueso B se enumeran en la Tabla 3. Los aparatos y métodos de acuerdo con los principios de la divulgación pueden implicar uno o más de los rasgos distintivos anatómicos mostrados en la Tabla 3. Los rasgos distintivos del hueso B pueden describirse en referencia al eje óseo L_B (en el que B indica hueso) y al radio R_B (en el que B indica hueso).

Tabla 3. Rasgos distintivos anatómicos de algunos de los tipos de hueso que se pueden tratar con el aparato y los métodos.

Rasgo distintivo anatómico	El número de referencia de la FIG. 3
Superficie articular	B_0
Hueso esponjoso o trabecular	B_1
Cavidad medular	B_2
Hueso cortical o denso	B_3
Periostio	B_4
Superficie articular proximal	B_5
Diáfisis o tercio medio	B_6
Metáfisis o región final	B_7
Epífisis	B_8
Superficie articular	B_9

Las expresiones "extremo del hueso" y "fractura del extremo del hueso" pueden usarse para referirse a fracturas que se producen en la región epifisaria o metafisaria de los huesos largos. Dichas fracturas incluyen fracturas periarticulares e intraarticulares.

La FIG. 4 muestra la parte 400 de un entorno quirúrgico ilustrativo en el que se puede diagnosticar y tratar una fractura en el hueso B. El paciente P puede ser sedado adecuadamente. Se puede administrar un bloqueo nervioso de la extremidad. Se puede usar un manguito de presión para mantener la extremidad Q en un estado relativamente libre de sangre. La extremidad Q puede estar soportada por la tabla de procedimiento 402 y cualquier otro soporte apropiado para controlar la posición del hueso B durante la cirugía. El entorno 400 puede incluir el sistema 404 de generación de imágenes.

La FIG. 5 muestra el escenario terapéutico 500 ilustrativo. En el escenario 500, se aplican técnicas de tracción manual para restablecer la reducción anatómica de la fractura F_p en el hueso B.

La reducción provisional o temporal se suele llevar a cabo en la reparación de fracturas para restablecer los segmentos óseos a sus posiciones normales antes de anclarlos.

Cuando el número de segmentos óseos es pequeño y/o la dislocación de los segmentos óseos es modesta, se pueden emplear técnicas de reducción cerrada. La reducción cerrada no incluye incisiones y utiliza la tracción manual realizada por uno o más médicos. Los médicos usarán diferentes movimientos de tensión, compresión y flexión para restablecer el posicionamiento normal de los segmentos óseos. Un médico o asistente puede mantener las posiciones normales de los segmentos óseos durante un procedimiento de implante.

Para patrones de fractura más desplazados, se puede usar una reducción abierta limitada. Se pueden emplear alambres de K, sondas exteriores y elementos de sujeción especiales para la reducción provisional. Se pueden realizar pequeñas incisiones que permitan que las sondas y los elementos de sujeción ayuden a volver a colocar los segmentos de la fractura. Una vez que los segmentos óseos están en su sitio, se pueden usar alambres de K para mantener la reducción. Los alambres de K son alambres metálicos de aproximadamente 1-2 mm de diámetro que se pueden dirigir a través de las líneas de fractura para proporcionar un soporte temporal. Los alambres de K pueden colocarse y luego retirarse estratégicamente para facilitar el procedimiento de una manera que se reduzca la interferencia con la preparación de la cavidad ósea o el despliegue del implante.

La FIG. 6 muestra la envoltura 600 ilustrativa. Se muestra la envoltura 600 hueca que entra en el espacio intramedular IS del hueso B. La envoltura 600 puede incluir la luz 610. La luz 610 puede proporcionar acceso al espacio intramedular IS. La envoltura 600 entra en el espacio intramedular IS en la posición 602. La posición 602 puede estar en la sección diafisaria D del hueso B. La posición 602 puede seleccionarse para reducir al mínimo el daño del tejido blando. Cerca de la posición 602, se puede realizar una pequeña incisión en el tejido blando (no se muestra). El tejido puede desplazarse dejando al descubierto la superficie ósea BS.

Se puede usar un instrumento de perforación ortopédica convencional para crear el orificio de acceso 604 en el hueso B. El orificio 604 del eje se puede perforar a lo largo del eje L_h. El eje L_h puede formar un ángulo A con el eje óseo L_B. El ángulo A puede ser un ángulo agudo.

El orificio 604 puede ser similar a los orificios de acceso a los huesos perforados comúnmente. El orificio 604 puede ser lo suficientemente pequeño como para que el orificio 604 no provoque elevaciones de la tensión en la posición 602. El extremo distal 606 de la envoltura 600 puede avanzarse, a través del canal intramedular IC, en la región metafisaria M del hueso B. El extremo proximal 608 de la envoltura 600 puede colocarse en el orificio 604. El extremo distal 606 puede disponerse en cualquier parte del espacio intramedular IS, tal como en el extremo del hueso.

La envoltura 600 puede ser una cánula flexible de pared delgada. La envoltura 600 puede ser similar a las cánulas que se usan comúnmente en procedimientos de intervención mínimamente invasivos o percutáneos en otras partes del cuerpo. La envoltura 600 puede estar hecha de metal rígido conformado para potenciar el acceso al espacio intramedular IS.

La FIG. 7 muestra un escariador 700 ilustrativo del espacio intramedular. El escariador 700 puede ser expandible y contraíble. El escariador 700 puede insertarse en un estado contraído en el extremo proximal 608 de la envoltura 600 (que se muestra en la FIG. 6). El eje 702 del escariador puede usarse para hacer avanzar el escariador 700 a través de la luz 610 hacia la región metafisaria M del hueso B. El escariador 700 puede tener rasgos distintivos adecuados en o alrededor de la superficie 704 para retirar tejido no deseado, tal como el hueso esponjoso, del extremo del hueso. El eje 702 del escariador puede hacer rotar la superficie 704 del escariador alrededor y trasladarla a lo largo, del eje óseo L según sea apropiado para preparar el extremo del hueso para un tratamiento adicional.

El uso del escariador 700 puede coincidir con los procedimientos que se usan en la implantación de clavos intramedulares. Dichos procedimientos incluyen la aplicación de uno o más de entre energía ultrasónica, vibración, energía de RF, presión, rotación, chorro de agua, succión y otros mecanismos adecuados para retirar el tejido no deseado. El escariador 700 puede tener uno o más de las siguientes rasgos distintivos: expansión, tamaño fijo (no expandible), escariado unidireccional, escariado multidireccional, eje rígido 702 del escariador, eje flexible 702 del escariador y capacidad de dirección.

La FIG. 8 muestra una etapa en la administración del dispositivo 100 en el extremo del hueso B. En la FIG. 8, el aparato 800 de administración del dispositivo está engranado con el elemento de retención 126 del dispositivo en el extremo proximal del dispositivo 100. El eje 802 puede controlar el posicionamiento y la rotación del aparato 800 de administración del dispositivo. El aparato 800 de administración puede incluir una pinza con llave para engranar y desengranar las partes del dispositivo 100 (mostrado en la FIG. 1). El dispositivo 100 está en un estado comprimido. El dispositivo 100 se coloca dentro de la luz 610 de la envoltura 600. El conector distal 110 del dispositivo 100 está en la región epifisaria E del hueso B. Los miembros de soporte 106 y el vástago 128 también se muestran dentro de la luz 610.

La FIG. 9 muestra una etapa posterior en la administración del dispositivo 100 en el extremo del hueso B. En la FIG. 9, el aparato 800 de administración del dispositivo ha movido el dispositivo 100 distalmente fuera de la envoltura 600. La jaula estructural 105 se ha expandido en el extremo del hueso. En el ejemplo ilustrado, el extremo del hueso se extiende desde los segmentos óseos hasta el tercio medio D del espacio intramedular IS del hueso B.

La FIG. 9 también muestra el controlador 900 del aparato de administración proximal. El controlador 900 puede incluir el asa 902, el mecanismo de activación 904 y el tornillo de fijación 906. El asa 902 se puede usar para aplicar, a través del eje 802, las fuerzas necesarias para colocar y expandir el dispositivo 100. El mecanismo de activación 904 puede usarse para engranar o desengranar el miembro de retención 126 del dispositivo.

La FIG. 10 muestra la fijación del segmento óseo P_a al sustrato de anclaje 112. Se puede realizar una pequeña incisión

en la piel K en una ubicación óptima. Entonces, se puede realizar un pequeño orificio piloto en el segmento óseo P_a. El ayudante puede mantener una reducción provisional con la mano 1002, instrumentos de tipo pinza/elemento de sujeción, cables de K u otros métodos conocidos. Se puede proporcionar el soporte 1004 para colocar los segmentos óseos P_a, P_h y P_B de la inserción del anclaje 116. Entonces, el instrumento 1000 puede usarse para conducir el anclaje 116 a través del segmento óseo P_a. El instrumento 1000 puede ser un destornillador u otro instrumento adecuado.

La FIG. 11 muestra el anclaje 114 que sujeta el segmento óseo P_h al sustrato de anclaje 112. El dispositivo 100 puede estabilizarse en el hueso B usando el aparato 800 de administración del dispositivo.

La FIG. 12 muestra el dispositivo 100 tensor en el espacio intramedular IS del hueso B. Los anclajes 114 y 116 se han conducido total o casi totalmente a los segmentos óseos P_h y P_a, respectivamente. Los anclajes 114 y 116 se fijan dentro del hueso B anclando el sustrato 112. Las fuerzas internas aplicadas por los anclajes 114 y 116, en concierto con el sustrato de anclaje 112, y las fuerzas externas aplicadas por los miembros de soporte 106 de la jaula estructural 105, han alineado los segmentos óseos P_h y P_a a lo largo de la fractura F_a y han cerrado la fractura F_a. El par de torsión (aplicado a los anclajes), el ángulo y la posición de los anclajes 114 y 116 pueden seleccionarse para proporcionar una fuerza de contacto deseada entre los segmentos óseos P_h y P_a a lo largo de la fractura F_a. Los anclajes pueden bloquearse en el sustrato de anclaje 112 para evitar la extracción involuntaria.

La fractura F_h permanece abierta por la cantidad de separación Δf, que separa P_a y P_h de P_B, el segmento principal del hueso B. La compresión entre los segmentos óseos P_a, P_h y P_B se pueden proporcionar usando uno o más de entre el dispositivos 100, el aparato 800 de administración del dispositivo y el controlador 900 del aparato de administración. La compresión puede ayudar a reducir o eliminar la Δf. La compresión puede potenciar la curación. La compresión puede proporcionar estabilidad a los segmentos óseos en rotación y flexión.

La compresión se puede proporcionar tirando del dispositivo 100 en la dirección proximal D_p, esencialmente. La longitud T del dispositivo 100 puede ser fija, al menos temporalmente. Por ejemplo, la longitud T puede mantenerse fija usando una relación mecánica del miembro del eje central 124 con la base 108 de la jaula y el conector 110. Se puede tirar entonces del dispositivo 100 en la dirección D_p mediante el aparato 800 de administración del dispositivo. Se puede tirar del aparato 800 de administración del dispositivo en la dirección D_p por el eje 802. Se puede tirar del eje 802 a través de la luz 610 usando el controlador 900 del aparato de administración.

El dispositivo 900 puede incluir un mecanismo que pueda activarse mediante un gatillo o una palanca tal como 904 o 906. Se puede tirar del eje 802 tirando del controlador 900 del aparato de administración en la dirección D_h a lo largo del eje L_h. El extremo distal 606 de la envoltura 600, en la medida en que permanezca en el espacio intramedular IS, se desplazará, en general, a lo largo de la dirección D_p y tirará del dispositivo 100 en esa dirección a través del aparato 800 de administración del dispositivo.

Se puede dejar que se extienda la longitud T cuando se tire del dispositivo 100 en la dirección D_p. El conector 110 puede retenerse esencialmente en su sitio con respecto al segmento óseo P_a. Se puede dejar que la base 108 de la jaula se desplace en la dirección D_p. Esto puede reducir el radio R_D de la jaula estructural 105. Cuando se reduce el radio de la jaula estructural 105, se pueden reducir, anular o invertir las fuerzas radialmente hacia afuera sobre el hueso.

A medida que aumenta la longitud del dispositivo 100 mientras disminuye su radio, el dispositivo 100 puede plegarse parcial o totalmente a su estado administrado. Dependiendo del diámetro del espacio intramedular IS del hueso B, dicha contracción puede ser deseable para obtener la colocación adecuada de los segmentos óseos. Una vez conseguida la posición adecuada del segmento óseo, se puede ajustar el diámetro radial para lograr la forma y la fuerza radial deseadas. Esta condición puede mantenerse entonces bloqueando el miembro del eje central 124 en los extremos distal y proximal del dispositivo 100.

Se puede tirar de una parte proximal del sustrato de anclaje 112 en la dirección D_p. Esto puede tirar de los anclajes tales como 114 y 116 en dirección D_p y dirección $-R_B$. Se puede tirar del sustrato de anclaje 112 en la dirección D_p con una fuerza que sea superior, inferior o igual a con la que se tira de la jaula estructural 105 en la dirección D_p.

Un médico puede evaluar y, si es apropiado, ajustar uno o más de los segmentos P_a, P_h y P_B para lograr una alineación deseada. La evaluación puede realizarse usando imágenes fluoroscópicas, por ejemplo, usando el sistema 404 de generación de imágenes (mostrado en la FIG. 4). La evaluación se puede realizar bajo visualización directa durante un procedimiento quirúrgico completo.

La FIG. 13 muestra la aplicación de la fuerza Φ en la dirección D_p. La fuerza Φ es aplicada al dispositivo 100 en el miembro de retención 126 del dispositivo por el aparato 800 de administración del dispositivo. Δf de fractura F se ha estabilizado, reducido o sustancialmente eliminado. El anclaje 122 ahora se inserta a través del hueso B en el vástago 128. El anclaje 122 puede retener la parte proximal del dispositivo 100 en o cerca de una posición axial a lo largo del eje óseo L_B. El anclaje 122 puede evitar que el dispositivo 100 gire alrededor del eje óseo L_B. El anclaje 122 puede preservar la compresión entre segmentos entre los segmentos óseos P_a, P_h y P_B. Más en general, el anclaje 122 puede conservar una o más de entre una posición, una orientación y un estado de estrés deseado para cada uno de los

segmentos óseos individuales. El anclaje 122 puede transportar toda o parte de la carga. La fricción entre la jaula estructural 105 y otras partes del dispositivo 100 puede soportar parte de la carga.

El papel del anclaje 122 puede cumplirse mediante varios anclajes que pueden usarse para bloquear el dispositivo 100 en el hueso B mientras se conserva la compresión. Los anclajes proximales se pueden adquirir de ambos lados del hueso o solo a través de un lado. El ángulo de los anclajes puede variar desde casi paralelo al eje L_D hasta perpendicular al eje L_D.

La FIG. 14 muestra la liberación del miembro de retención 126 del dispositivo (por el aparato 800 de administración del dispositivo, que, en la FIG. 14, ha sido retirado a la envoltura 600). El miembro de retención 126 del dispositivo se muestra como un extremo de bola con llave sencilla que puede retenerse con un instrumento de agarre conocido. También se consideran y prevén otros tipos de mecanismos de retención con respecto a ejemplos de la divulgación, que incluyen, pero sin limitación; mecanismo de roscado, de conector hembra, de fijación, de conector a presión, de placa metálica circular y cualquier otro mecanismo conocido en la técnica.

La FIG. 15 muestra el dispositivo en un estado implantado final con la envoltura 600 (no mostrada) retirada del espacio intramedular 15 del hueso B. El dispositivo 100 retiene los segmentos P_a, P_h y P_B en compresión entre sí. Las fracturas F_a y F_h se reducen.

La FIG. 16 muestra que el dispositivo 100 puede recapturarse en el espacio intramedular IS y retirarse del hueso B. El dispositivo de administración/recaptura 1600 ilustrativo puede engranarse al conector 130 del miembro central. El miembro de engranaje 1602 en el extremo distal del dispositivo de administración/recaptura 1600 puede deslizarse sobre el conector 130 del miembro central y engranase al miembro de retención 126 del dispositivo. Los miembros de soporte 106 de la jaula de soporte 105 pueden contraerse a medida que se introducen en la envoltura 600.

La FIG. 17 muestra el conjunto de cierre 1700 que puede usarse para cerrar el orificio 604 y conservar el acceso al dispositivo 100 en el hueso B. El conjunto de cierre 1700 puede incluir el tapón 1702. El tapón 1702 puede sellar o sellar sustancialmente el orificio 604. El tapón 1702 puede tapar la cánula 1704. La cánula 1704 puede proporcionar acceso al conector 130 del miembro central (no se muestra) y al miembro de retención 126 del dispositivo (no se muestra). La pestaña 1706 puede engranarse con uno o ambos de entre el conector 130 del miembro central (no se muestra) y el miembro de retención 126 del dispositivo (no se muestra). La pestaña 1706 puede fijarse a la envoltura 1704. La cánula 1704 puede configurarse para aplicar fuerza al dispositivo 100 para ajustar la tensión o el diámetro radial en la jaula estructural 105 o el sustrato de anclaje 112.

Parte o toda la funcionalidad proporcionada por la cánula 1704 puede ser proporcionada por un cable o un eje (no mostrado). En algunos de esos ejemplos, el tapón 1702 puede ser un tapón roscado o acanalado, o un tapón con forma de tornillo, que está unido al cable.

Se puede retirar la tapa 1702 para insertarse un instrumento tal como el miembro de engranaje 1602 a fin de recapturarse el dispositivo 100 de una manera como la mostrada en la FIG. 16.

La FIG. 18 muestra el miembro de administración/recaptura 1802 ilustrativo, que puede ser una alternativa al miembro de retención 126 del dispositivo en un dispositivo tal como 100 (mostrado en la FIG. 1). El miembro de administración/recaptura 1802 puede formarse a partir de un tubo. Se puede cortar la muesca 1810 en el tubo. Puede haber cualquier número apropiado de muescas tales como 1810 en el miembro de administración/recuperación 1802. El miembro de administración/recuperación 1802 puede incluir el casquillo 1804, que puede fijarse al extremo proximal 1806 del vástago 1806 del dispositivo. El vástago 1806 puede corresponder al vástago 128 del dispositivo 100 (mostrado en la FIG. 1).

El instrumento de recaptura 1812 puede incluir una o más cuchillas tales como la cuchilla 1814. El instrumento de recaptura 1812 y la cuchilla 1814 se pueden cortar de un tubo para que coincidan con el miembro de administración/recaptura 1802 y la muesca 1810, respectivamente. El instrumento de recaptura 1812 puede ser administrado a través de una envoltura tal como 600 (mostrada en la FIG. 6) en un espacio intramedular para recuperar un dispositivo unido al vástago 1808.

El instrumento de recaptura 1812 puede estar alineado con el miembro de administración/recaptura 1802. La cuchilla 1814 puede insertarse en el recorte 1816 del miembro de administración/recaptura 1802. El instrumento de recaptura 1812 puede rotarse de manera que la cuchilla 1814 se mueva hacia el interior de la muesca 1810. El instrumento de recaptura 1812 puede así engranarse al miembro de administración/recaptura 1802 para tirar del dispositivo en la dirección proximal Dp. La cuchilla 1814 y el miembro de administración/recaptura 1802 pueden flexionarse radialmente fuera del plano entre sí para desengranarse. La flexión se puede lograr flexionando o liberando un mecanismo de resorte o por deformación plástica del instrumento de recaptura 1812.

La FIG. 19 muestra el dispositivo 1900 ilustrativo. El dispositivo 1900 puede tener rasgos distintivos que funcionen como algunos o todos los rasgos distintivos correspondientes del dispositivo 100 (que se muestra en la FIG. 1). Por ejemplo, el dispositivo 1900 puede incluir soportes 1906 que forman la jaula 1905. La jaula 1905 puede incluir la base

1908 de la jaula. La base 1932 del sustrato de anclaje puede estar presente concéntricamente dentro de la base 1908 de la jaula. El miembro de retención 1926 del dispositivo puede extenderse proximalmente desde la base de sustrato de anclaje 1932. El dispositivo 1900 no incluye un vástago tal como el vástago 128. El anclaje proximal 1932 puede usarse para engranarse a un hueso tal como a B (mostrado en la FIG. 1) con el extremo proximal del sustrato de anclaje 1912.

La FIG. 20 muestra una sección transversal del dispositivo 1900 tomada a lo largo de las líneas 20-20 (mostradas en la FIG. 19). El miembro del eje central 1924 ilustrativo se fija en el conector 1910 de la jaula de soporte 1905. El miembro del eje central 1924 puede incluir la pestaña 1902. La pestaña 1902 puede bloquearse mecánicamente en la cámara 1904 del miembro de retención 1926 del dispositivo. El miembro del eje central 1924 puede moverse axialmente hasta que la pestaña 1902 encaje en la cámara 1904. Esto puede bloquear el miembro del eje central 1924 entre el extremo proximal 1920 y el extremo distal 1922 del dispositivo 1900 y, por lo tanto, proporcionar tensión axial que puede soportar la rigidez radial del dispositivo 1900. El miembro del eje central 1924 puede distribuir la tensión que puede aplicarse al miembro de retención 1926 del dispositivo entre el extremo proximal 1920 y el extremo distal 1922 del dispositivo 1900.

El dispositivo 1900 se puede expandir antes del despliegue (como en una reducción abierta). En dichos ejemplos, el soporte estructural 1905 y el sustrato de anclaje 1932 pueden fijarse longitudinalmente entre sí en el extremo proximal 1920 y el extremo distal 1922 del dispositivo 1900.

La FIG. 21 muestra, en sección transversal, el mecanismo de trinquete 2100 ilustrativo. El mecanismo de trinquete 2100 puede usarse para conservar la tensión en un miembro del eje central tal como 124 (mostrado en la FIG. 1). Una parte de dicho miembro del eje central puede estar realizada como el miembro acanalado 2102. Se puede tirar del miembro acanalado 2102 a través del miembro con lengüetas 2104 en la dirección proximal Dp. Puede tirarse del nervio 2106 en la dirección DP desviando la lengüeta anular 2108. Una vez que el nervio 2106 pase la lengüeta anular 2108, la lengüeta anular 2108 vuelve a su posición de reposo (como se muestra) y evita que el nervio 2106 retroceda a una posición distal a la lengüeta anular 2108.

El mecanismo de trinquete 2100 puede proporcionarse en o sobre una base de sustrato de anclaje tal como 132, en o alrededor de un vástago tal como 128, en o sobre una base proximal tal como 120, o en o sobre el miembro de retención 126 del dispositivo (todos mostrados en la FIG. 1). El miembro con lengüetas 2104 se puede fijar longitudinalmente al dispositivo. El miembro del eje central puede estar provisto sobre una parte de su longitud con el miembro acanalado 2102. Por lo tanto, se puede tirar del miembro del eje central en la dirección proximal Dp y bloquearse en su sitio mediante lengüetas anulares 2108. Esto puede conservar la tensión en partes del miembro del eje central que están distantes de las lengüetas 2108.

Los rasgos distintivos de trinquete pueden adoptar cualquier forma que facilite el bloqueo unidireccional. El bloqueo unidireccional puede ser permanente o liberable. Las lengüetas 2104 se pueden liberar para que el miembro acanalado 2102 pueda ajustarse en cualquier dirección longitudinal.

Se pueden incorporar al aparato rasgos distintivos de un trinquete. Los rasgos distintivos del trinquete pueden estar integrados en una o más partes del aparato. Por ejemplo, los vástagos del dispositivo, tales como los mostrados en la FIG. 25, pueden incluir rasgos distintivos de un trinquete complementarios para que cuando los vástagos estén en una relación concéntrica, el vástago interior pueda moverse en una sola dirección.

La FIG. 22 muestra una vista terminal del mecanismo de trinquete 2100 (mostrado en sección transversal, a lo largo de las líneas 21-21, en la Fig. 21).

La FIG. 23 muestra anillos de apilamiento 2300 ilustrativos que pueden formar todo o una parte de un miembro del eje central tal como 124 (mostrado en la Figura 1). Los anillos se muestran como una hélice continua. Los anillos pueden ser anillos anulares individuales con rasgos distintivos de apilamiento similares a los anillos de apilamiento helicoidales 2300.

La FIG. 24 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 24-24. Los anillos helicoidales forman eslabones en S que se entrelazan entre sí bajo la carga longitudinal de la pila, ya sea en compresión o en tensión. La forma de los anillos de apilamiento 2300 es tal que pueden juntarse en compresión o tensión y reducir eficazmente el grado mecánico de libertad para moverse entre sí. Todo o una parte de un miembro del eje central tal como 124 (mostrado en la FIG. 1) puede incluir un segmento de anillos helicoidales 2300. Cuando se carga en tensión o compresión, el miembro del eje central puede volverse recto y rígido. La rectitud y la rigidez pueden aumentar la cantidad de carga, ya sea en tensión, compresión o flexión, que puede ser soportada por un dispositivo tal como 100.

La FIG. 25 muestra el dispositivo 2500 ilustrativo, que está de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 2500 puede incluir el miembro del eje central 2502. El miembro del eje central 2502 puede incluir el cuerpo celular 2504. El miembro del eje central 2502 puede incluir el miembro de retención 2506 del dispositivo.

El dispositivo 2500 puede incluir el miembro intermedio 2507. El miembro intermedio 2507 puede incluir el sustrato de

anclaje 2506. El sustrato de anclaje 2506 se muestra en un estado expandido. El miembro intermedio 2507 puede incluir el vástago 2508. El vástago 2508 puede ser continuo con el sustrato de anclaje 2506. El collarín 2510 puede proporcionar soporte estructural y conexión entre el sustrato de anclaje 2506 y el vástago 2508. Cuando el sustrato de anclaje 2506 está en un estado contraído, el miembro intermedio 2507 puede contraerse hasta un diámetro esencialmente equivalente al del vástago 2508. El miembro de retención 2512 del dispositivo puede estar presente en el extremo del vástago 2508.

El dispositivo 2500 puede incluir el miembro exterior 2514. El miembro exterior 2514 puede incluir una jaula de soporte 2516. La jaula de soporte 2516 se muestra en un estado expandido. El miembro exterior 2514 puede incluir el vástago 2518. El vástago 2518 puede ser continuo con la jaula de soporte 2516. El collarín 2520 puede proporcionar soporte estructural y conexión entre la jaula de soporte 2516 y el vástago 2518. Cuando la jaula de soporte 2516 está en un estado contraído, el miembro exterior 2514 puede contraerse hasta un diámetro esencialmente equivalente al del vástago 2528. El miembro de retención 2522 del dispositivo puede estar presente en el extremo del vástago 2518.

La FIG. 25 muestra el miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 separados entre sí, pero pueden usarse juntos para realizar algunas o todas las funciones del dispositivo 100 (mostradas en la FIG. 1). El miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 pueden corresponder respectivamente, al menos en parte, a un miembro del eje central tal como 124, un sustrato de anclaje tal como 112 y una jaula de soporte tal como 105 (mostrada en la FIG. 1).

Uno o ambos de entre el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 pueden ser autoexpandibles. Uno o ambos de entre el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 se pueden expandir mediante accionamiento mecánico.

La FIG. 26 muestra el dispositivo 2500 en una configuración ensamblada y expandida. El miembro interior 2502 se extiende longitudinalmente dentro del miembro intermedio 2507. El miembro intermedio 2507 se extiende longitudinalmente dentro del miembro exterior 2514. Los miembros de retención 2506, 2512 y 2522 del dispositivo se extienden desde el extremo proximal del dispositivo 2500. El anclaje proximal 2524 corta los vástagos 2518 (del miembro exterior 2514) y 2508 (del miembro intermedio 2507, no mostrados) y el cuerpo celular 2504 del miembro interior 2502.

En ausencia del anclaje proximal 2524, el miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 pueden moverse longitudinalmente, entre sí, a lo largo del eje LD. El movimiento relativo puede ser inducido por instrumentos de administración/recaptura engranados con cada uno de los miembros de retención del dispositivo. Por ejemplo, se puede proporcionar un instrumento de administración/recaptura como 1812 (mostrado en la FIG. 18) para cada uno de los miembros de retención del dispositivo. Los tres instrumentos de recaptura pueden ser coaxiales entre sí.

Uno o más de entre el miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 pueden estar acoplados entre sí en el extremo distal del dispositivo 2500, obteniéndose una respuesta apropiada a la aplicación de fuerzas longitudinales y de rotación que pueden aplicarse a uno o más de entre el miembro interior 2502, miembro intermedio 2507 y miembro exterior 2514. La respuesta puede modificarse acoplando uno o más de entre el miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 entre sí en una parte más proximal del dispositivo 2500.

El miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514 se muestran con extremos distales cerrados. Uno o más de los miembros pueden tener un extremo distal abierto o libre.

El dispositivo 2500 puede no incluir el miembro interior 2502. Esos ejemplos pueden incluir el miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514. El dispositivo 2500 puede incluir dos o más miembros intermedios 2507 y o dos o más miembros exteriores 2514. Por ejemplo, el dispositivo 2500 puede incluir el miembro interior 2502, el miembro intermedio 2507, el miembro exterior 2514 y exterior al miembro exterior 2514, un cuarto miembro (no se muestra), que es similar al miembro intermedio 2507. El dispositivo 2500 puede incluir, interior a los otros miembros, un cuarto miembro (no mostrado) que es similar al miembro exterior 2514. El dispositivo puede incluir, radialmente fuera del cuarto miembro, el miembro intermedio 2507, un quinto miembro (no mostrado) que es similar al miembro intermedio 2507 y el miembro exterior 2514.

La FIG. 27 muestra el miembro exterior 2514 en un estado contraído. El miembro exterior 2514 puede tener flexibilidad de flexión a lo largo del eje longitudinal L_D, como se muestra en la FIG. 27. El miembro interior 2502 y el miembro intermedio 2507 también pueden tener flexibilidad de flexión a lo largo del eje longitudinal LD. La flexibilidad puede facilitar el acceso al espacio intramedular IS del hueso B. La configuración contraída del dispositivo 2500 puede incluir una curvatura para facilitar el acceso al espacio intramedular IS del hueso B.

La FIG. 28A muestra un dispositivo 2800 ilustrativo de reparación de fracturas de dos miembros. El dispositivo 2800 se muestra en un estado contraído. El dispositivo 2800 puede ser autoexpandible o expandible por globo. El dispositivo 2800 puede incluir el miembro de jaula 2802 y el miembro de anclaje 2804 (dentro del miembro de jaula 2802).

El miembro de jaula 2804 puede incluir una jaula de soporte 2806. La jaula de soporte 2806 puede incluir miembros de soporte 2810. Los miembros de soporte 2810 pueden terminar en el conector distal 2812 y en la base 2814 de la jaula. El vástago 2816 de la jaula puede extenderse proximalmente desde la base 2814 de la jaula. El vástago 2816 de la jaula puede terminar en el miembro de retención 2818 del dispositivo. La jaula de soporte 2806 puede expandirse en un espacio intramedular IS (mostrado en la FIG. 1).

El miembro de anclaje 2804 puede incluir el sustrato de anclaje 2820. El miembro de anclaje 2804 puede incluir el vástago de anclaje 2822 y el miembro de retención 2824 del dispositivo. En el estado contraído, el miembro de anclaje 2804 puede deslizarse longitudinalmente dentro del miembro de jaula 2804.

La FIG. 28B muestra el dispositivo 2800 en el estado expandido. La jaula de soporte 2806 está expandida. El sustrato de anclaje 2820 está expandido.

La FIG. 28C muestra una sección transversal parcial, tomada a lo largo de las líneas 28C-28C (mostradas en la FIG. 28B) del dispositivo 2800 en el estado expandido. El sustrato de anclaje 2820 está presente dentro de la jaula de soporte 2806. El vástago de anclaje 2822 está presente dentro del vástago 2816 de la jaula. El miembro de retención 2824 del dispositivo está presente dentro del vástago 2816 de la jaula.

Los anclajes distales pueden unir los segmentos óseos al sustrato de anclaje 2820. Los miembros de retención 2824 y 2818 del dispositivo pueden trasladarse longitudinalmente, juntos o entre sí, para aplicar fuerza a los anclajes en dirección proximal D_P y dirección radial hacia adentro $-R_D$.

El dispositivo 2800 puede ser autoexpandible. El dispositivo 2800 puede ser deformable plásticamente y expandirse por una fuerza externa. Uno o más elementos del dispositivo 2800 pueden estar hechos de un miembro unitario tal como un tubo cortado con láser. Uno o más elementos del dispositivo 2800 pueden fabricarse individualmente y luego ensamblarse.

La FIG. 29 muestra el dispositivo 2900 ilustrativo de reparación de fracturas óseas, que está de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 2900 se muestra insertado dentro del húmero B_H. El húmero B_H incluye las fracturas F_1 y F_2, que separan los segmentos óseos P_1 y P_2, respectivamente, del segmento óseo P. El dispositivo 2900 puede incluir una jaula de soporte 2902. El dispositivo 2900 puede incluir el sustrato de anclaje 2904. La jaula de soporte 2902 y el sustrato de anclaje 2906 se muestran en un estado expandido. El dispositivo 2900 puede incluir el miembro del eje central 2924.

Los anclajes 2907 y 2908 pueden estar presentes para anclar los segmentos óseos P_1 y P_2, respectivamente, al sustrato de anclaje 2904.

El dispositivo 2900 puede incluir un accionador 2910 de desplazamiento relativo. El accionador 2910 puede efectuar el desplazamiento con respecto a la jaula de soporte 2902, al soporte de anclaje 2904 al miembro central 2906. Durante la administración del dispositivo 2900 en el espacio intermedio IS, el dispositivo 2900 puede estar en un estado contraído (no se muestra). Durante el despliegue, el dispositivo 2900 puede expandirse. La expansión puede ser realizada, por ejemplo, por el movimiento diferencial, a lo largo del eje longitudinal del dispositivo LD, de la parte proximal 2912 de la jaula de soporte 2902 y la parte proximal 2914 del sustrato de anclaje 2904. Durante el despliegue, los anclajes 2907 y 2908 pueden insertarse tras la expansión del dispositivo 2900.

El dispositivo 2900 puede incluir un accionador 2910 de desplazamiento relativo para efectuar el desplazamiento diferencial. El accionador 2910 puede incluir una base roscada 2916 de jaula de soporte. La base roscada 2916 de la jaula de soporte puede estar fijada longitudinalmente al extremo proximal 2912 de la jaula de soporte 2902. La base roscada 2916 de la jaula de soporte puede incluir un primer orificio longitudinal roscado (no mostrado).

El accionador 2910 puede incluir una base de doble rosca 2918 del sustrato de anclaje. La base de doble rosca 2918 del sustrato puede estar fijada a la parte proximal 2914 del sustrato de anclaje 2904. La base de doble rosca 2918 del sustrato puede tener roscas exteriores 2920 que pueden enroscarse en el primer orificio roscado longitudinal de la base 2916 de la jaula de soporte. La base de doble rosca 2918 del sustrato puede incluir un segundo orificio longitudinal roscado (no mostrado).

El accionador 2910 puede incluir una base roscada 2922 del miembro del eje central. La base del miembro del eje central roscado 2922 puede fijarse al extremo proximal del miembro del eje central 2906. La base roscada 2922 del miembro del eje central puede tener roscas exteriores 2924 que se pueden enroscar en el segundo orificio longitudinal roscado de la base de doble rosca 2918 del sustrato.

El catéter puede desplegar uno o más instrumentos de control para rotar una o más de entre la base 2916 de la jaula, la base de doble rosca 2918 del sustrato de anclaje y la base roscada 2922 de miembro del eje central para lograr el desplazamiento o los desplazamientos deseados entre las partes proximales de la jaula de soporte 2902, el sustrato de anclaje 2904 y el miembro del eje central 2906. Los desplazamientos diferenciales pueden expandir el dispositivo

durante el despliegue.

Tras el despliegue del dispositivo 2901, los anclajes 2907 y 2908 pueden insertarse a través de los segmentos óseos P_1 y P_2, respectivamente, en el sustrato de anclaje 2904. Tras la inserción de los anclajes 2907 y 2908, se puede usar el accionador de desplazamiento relativo 2910 ara ajustar el estado de tensión de los segmentos óseos P_1 y P_2. Por ejemplo, la base de doble rosca 2918 del sustrato de anclaje puede rotarse de modo que se mueva en la dirección proximal DP con respecto a la base 2916 de la jaula de soporte. Este movimiento relativo tiraría de los segmentos óseos P_1 y P_2, con respecto a la jaula de soporte 2902, en dirección proximal DP y en dirección radial hacia adentro - R_D.

Tras la colocación apropiada del dispositivo 2900 y el desplazamiento relativo apropiado de la jaula de soporte 2902 y el sustrato de anclaje 2904, se puede insertar un anclaje proximal tal como 1922 (mostrado en la FIG. 19) a través del fémur B_F y el sustrato de anclaje 2904 para mantener el dispositivo 2900 en su sitio.

La FIG. 30 muestra una vista en sección transversal del dispositivo 2910 tomada a lo largo de las líneas 29-29 de la FIG. 29. La FIG. 29 muestra la base roscada 2916 de la jaula de soporte fijada longitudinalmente a la parte proximal 2912 de la jaula de soporte 2902. La base de doble rosca 2918 del sustrato de soporte se enrosca en el primer orificio roscado de la base 2916 de la jaula de soporte. La base de doble rosca 2918 del sustrato de soporte se fija longitudinalmente a la parte proximal 2914 del sustrato de anclaje 2904. El miembro del eje central roscado 2922 se enrosca en el segundo orificio roscado de la base de doble rosca 2918 del sustrato de soporte. El miembro del eje central 2906 se extiende en dirección distal (-D_P) desde el miembro del eje central roscado 2922.

La FIG. 31 muestra un dispositivo 3100 ilustrativo de reparación de fracturas expandible con globo. El dispositivo 3100 puede incluir el miembro estructural exterior 3102. El miembro estructural exterior 3102 puede incluir la jaula estructural 3104, el vástago 3106 y el miembro de retención 3108 del dispositivo. El dispositivo 3100 puede incluir el miembro de anclaje 3110. El miembro de anclaje 3110 puede incluir el sustrato de anclaje 3112, el vástago 3114 del miembro de anclaje y el miembro de retención 3116 del dispositivo.

La jaula estructural 3104 y el sustrato de anclaje 3112 pueden colocarse en un estado contraído en un espacio intramedular de un hueso usando los miembros de retención 3108 y 3116 del dispositivo, respectivamente. Los miembros de retención del dispositivo pueden usarse para colocar la jaula estructural 3104 y el sustrato 3112 longitudinalmente entre sí.

El globo 3118 puede estar presente dentro del sustrato de anclaje 3112. El catéter 3120 puede proporcionar una presión de gas adecuada para el inflado del sustrato de anclaje 3112.

La membrana 3130 puede estar presente alrededor del miembro estructural exterior 3102. La membrana 3130 puede cubrir sustancialmente por completo el dispositivo 3130. La membrana 3130 puede estar dispuesta en el exterior o interior del dispositivo 3100, o entre los elementos descritos del dispositivo 3100.

La membrana 3130 puede incluir material elástico. La membrana 3130 puede incluir material no elástico. La membrana 3130 puede incluir poliéster tejido, película de EPTFE, un globo de PET, una película de silicio, una película de poliuretano, cualquier material adecuado que pueda producirse en forma de película, cualquier material adecuado que pueda inhibir el crecimiento del tejido, cualquier material biocompatible, biodegradable y/o bioabsorbible adecuado, y cualquier otro material adecuado.

La membrana 3130 puede facilitar la extracción del dispositivo 100 al inhibir el crecimiento óseo dentro del dispositivo 100. La membrana 3130 puede inhibir el crecimiento de tejido en los espacios intersticiales del dispositivo 3100.

La membrana 3130 puede facilitar la administración o la recuperación del material que se puede usar en conexión con el dispositivo 3100, tal como cemento óseo.

La membrana 3130 puede integrarse estructuralmente en el dispositivo 3100. La membrana 3130 puede configurarse para usarse con el dispositivo 3100 como un componente auxiliar o accesorio. El componente se puede usar según sea necesario para la reparación de fracturas.

La membrana 3130 puede usarse para expandir la jaula estructural 3104. La membrana 3130 puede usarse para expandir el sustrato de anclaje 3112. En dichos ejemplos, la membrana 3130 se puede desmontar de la jaula estructural 3104 y/o del sustrato de anclaje 3112. La membrana 3130 puede permanecer implantada en el espacio intramedular IS.

La membrana 3130 puede ser extraíble independientemente de otros elementos del dispositivo 3100.

La membrana 3130 puede incluir un agente. El agente puede estar impregnado en la membrana 3130. El agente puede estar presente como un recubrimiento sobre la membrana 3130. El agente puede proporcionar un agente de potenciación del crecimiento óseo, un agente de inhibición o prohibición del crecimiento óseo, un agente de elución

de fármaco o cualquier otro agente adecuado.

La FIG. 32 muestra una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 32-32 del dispositivo 3100. La FIG. 32 muestra el catéter 3120 entrando en el sustrato de anclaje 3112. El globo 3118 puede llenarse desde los puertos 3122 del catéter 3120. El contorno del sustrato de anclaje 3124 puede estar predeterminado por sus materiales y su construcción (o ambos).

La FIG. 33 muestra el miembro de anclaje 3300 ilustrativo. El miembro de anclaje 3300 puede usarse en un dispositivo tal como el dispositivo 3100 (mostrado en la FIG. 31) y puede corresponder al miembro de anclaje 3110. El miembro de anclaje 3300 puede incluir el anillo distal 3302, el sustrato de anclaje 3304, el vástago 3306 y el miembro de retención 3308 del dispositivo.

Se puede insertar un globo tal como 3118 (mostrado en la FIG. 31) dentro del miembro de anclaje 3300 para expandir el miembro de anclaje 200. El dispositivo 3300 puede ser autoexpandible.

El collar 3302 tiene un radio esencialmente fijo y puede no expandirse. El collar 3302 puede incluir anillos 3303. Los anillos 3303 pueden estar dispuestos en una configuración anidada en la que los anillos 3303 son parcial o esencialmente perpendiculares al eje L_d. Los anillos 3303 pueden ser coaxiales con el eje L_D. En dichas configuraciones, los anillos 3303 pueden facilitar el acoplamiento a un miembro del eje central tal como 124 (mostrado en la FIG. 1) y/o una jaula estructural tal como 105 (mostrada en la FIG. 1).

Cuando se usa un globo para la expansión, el globo puede estar situado a una distancia distal suficiente del vástago 3306 para que el radio del vástago 3306 permanezca esencialmente igual durante la expansión del globo.

El sustrato de anclaje 3304 puede incluir la banda de expansión 3310. La banda de expansión 3310 incluye celdas de expansión tales como 3312, que pueden deformarse a lo largo de las direcciones C_D y $-C_D$ bajo tensión radialmente hacia afuera (dirección RD) desde el globo en expansión. La banda 3310 tiene varias celdas de expansión a lo largo de su circunferencia. El número de celdas de expansión a lo largo de la circunferencia de una banda tal como 3310 se denomina densidad de celdas.

Se puede considerar que los grupos de celdas que son relativamente expandibles en respuesta a una compresión longitudinal tienen una alta "relación de expansión". Se puede considerar que los grupos de celdas que son relativamente no expandibles en respuesta a la misma compresión longitudinal tienen una baja "relación de expansión". Las variaciones en la densidad de las celdas, la forma de las celdas, la longitud de la "pata" de la celda (material que bordea la celda que separa la celda de otras celdas o material) (o "riostra"), el espesor de la pata de la celda y otros parámetros adecuados pueden usarse para variar la relación de expansión.

El sustrato de anclaje 3304 puede incluir la banda de expansión 3314. La banda de expansión 3314 tiene una densidad de celdas que es superior a la densidad de celdas de la banda 3310. Cuando se somete a una fuerza radial hacia afuera desde el globo, la banda de expansión 3314 se expandirá así en dirección radial R_D más de lo que se expandirá la banda de expansión 3310. La banda de expansión 3316 tiene la misma densidad de celdas que la banda de expansión 3314. La banda de expansión 3318 tiene la mayor densidad de celdas y, por lo tanto, puede expandirse en dirección radial R_D más que las otras bandas de expansión.

La variación longitudinal en la densidad de celdas a lo largo del sustrato de anclaje longitudinal 3340 puede producir una expansión radial variable. La densidad de celdas, la anchura de la banda (tal como la anchura 3318 de la banda 3316) y la posición de la banda a lo largo del eje L_D pueden seleccionarse para proporcionar un contorno expandido del sustrato de anclaje 3304 que se adapte de una manera deseada a una jaula de soporte tal como 105 (mostrada en la FIG. 1) o un espacio intramedular tal como IS (mostrado en la FIG. 1). Las variaciones circunferenciales (en la dirección C_D) en la densidad de celdas pueden proporcionar radios de expansión circunferencialmente variables. Dichas variaciones se pueden usar para proporcionar un sustrato de anclaje que tenga un contorno que corresponda o se contornee con, una cavidad intramedular asimétrica, tal como en el extremo de un húmero.

La FIG. 34 muestra un sustrato de anclaje 3402 ilustrativo para un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El sustrato de anclaje 3402 puede estar soportado en el extremo distal 3404 por la pestaña 3406. El sustrato de anclaje 3402 puede estar soportado en el extremo proximal 3408 por la pestaña 3410. El miembro del eje central 3412 puede estar fijado longitudinalmente a la pestaña 3406. La pestaña 3410 puede estar esencialmente libre para trasladarse con respecto al miembro del eje central 3412. Esto permite que disminuya la distancia T entre las pestañas para que el sustrato de anclaje 3402 pueda expandirse en dirección radial R_D.

El dispositivo 3400 puede ser autoexpandible. El sustrato de anclaje 3402 puede incluir malla trenzada. El dispositivo 3400 puede incluir múltiples sustratos de anclaje.

La FIG. 35 muestra el sustrato de anclaje 3414 en un estado expandido entre las pestañas 3406 y 3410. La pestaña 3410 se ha movido distalmente hacia arriba del miembro del eje central 3412. El sustrato de anclaje 3414 corresponde al sustrato de anclaje 3402 (mostrado en la FIG. 34), pero puede tener una densidad de celdas que varíe

longitudinalmente y, por lo tanto, puede expandirse hasta un radio superior al que puede el sustrato de anclaje 3402.

Tras la unión de los anclajes al sustrato de anclaje 3414, se puede estirar de la pestaña 3410 proximalmente para reducir el diámetro del sustrato y aplicar una fuerza de tracción a los elementos de anclaje unidos. Durante dicha reducción del diámetro, la forma de las celdas en el sustrato de anclaje 3414 puede cambiar. Por ejemplo, las celdas pueden, en el estado expandido, ser, en general, cuadradas. En el estado contraído (o relativamente contraído), las celdas pueden ser de forma de diamante o trapezoidal. El cambio de forma puede aumentar la resistencia del engranaje entre el sustrato de anclaje 3414. El cambio de forma puede bloquear eficazmente el anclaje en el sustrato de anclaje 3414.

La FIG. 36 muestra un sustrato de anclaje 3600 ilustrativo para un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El sustrato de anclaje 3600 puede estar unido a un miembro del eje central (no mostrado). El sustrato de anclaje 3600 puede soldarse, corrugarse, tejerse o unirse de otro modo al miembro del eje central a lo largo del miembro del eje central. Por ejemplo, las partes radialmente interiores 3602 pueden estar unidas al miembro del eje central.

El sustrato de anclaje 3600 puede estar unido en sus extremos distal y proximal a un miembro central tal como 124 (mostrado en la FIG. 1) y a lo largo de su longitud a una jaula estructural tal como 105 (mostrada en la FIG. 1). Este tipo de fijación puede facilitar la envoltura o el plegamiento a través de la rotación relativa entre la jaula y el miembro central. El sustrato de anclaje 3600 puede estar presente dentro de una jaula estructural tal como 105 (mostrada en la FIG. 1), pero puede estar separado o desacoplado de la jaula estructural.

El sustrato de anclaje 3600 puede tener suficiente elasticidad para conservar los pliegues 3603. Las superficies 3604 y las partes radialmente exteriores 3606 pueden engranarse a los anclajes que presionan los segmentos óseos contra una jaula de soporte tal como 105 (mostrada en la FIG. 1). El sustrato de anclaje 3600 puede incluir pliegues secundarios 3608 para aumentar la disponibilidad de superficies 3604 para recibir los anclajes.

El miembro del eje central puede rotarse en la dirección $-C_D$ para tirar de los anclajes hacia adentro en la dirección $-R_D$ aproximadamente hacia el miembro del eje central. Se puede tirar del miembro del eje central proximalmente para aplicar fuerza longitudinal a los segmentos óseos.

La FIG. 37 muestra un sustrato de anclaje 3700 ilustrativo para un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El sustrato de anclaje 3700 puede construirse unido a un miembro del eje central y accionarse como el sustrato de anclaje 3600 (mostrado en la FIG. 36). El sustrato de anclaje 3700 puede incluir pliegues primarios 3702. El sustrato de anclaje 3700 puede no incluir pliegues secundarios tales como 3608 en el sustrato de anclaje 3600.

Algunos ejemplos pueden incluir elementos filiformes que se entrelazan con el sustrato de anclaje 3600 y/o una jaula estructural tal como 105 (que se muestra en la FIG. 1). Los elementos filiformes pueden estar conectados al miembro del eje central para facilitar el estiramiento de partes del sustrato de anclaje o de la jaula estructural hacia el eje del dispositivo. Los elementos filiformes pueden ser arrastrados a través del miembro del eje central por un instrumento de administración.

La FIG. 38 muestra un sustrato de anclaje 3800 ilustrativo para un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El sustrato de anclaje 3800 puede estar unido a un miembro del eje central (no mostrado). El sustrato de anclaje 3800 puede soldarse, corrugarse o unirse de otro modo al miembro del eje central cerca de un extremo proximal del miembro del eje central. Por ejemplo, las partes radialmente interiores y proximales 3802 pueden estar unidas al miembro del eje central. El sustrato de anclaje puede tener suficiente elasticidad para conservar los pliegues helicoidales 3803. Las superficies plegadas 3804 pueden engranarse a los anclajes que presionan los segmentos óseos contra una jaula de soporte tal como 105 (mostrada en la FIG. 1).

El extremo distal 3808 del miembro de anclaje 3800 puede fijarse a una pestaña, tal como 3406 (mostrada en la FIG. 35). El miembro del eje central puede rotar libremente en la dirección $-C_D$ con respecto a la pestaña. Cuando el miembro del eje central está tan rotado, puede apretar los pliegues helicoidales 3803 y tirar de los anclajes hacia adentro en dirección $-R_D$ aproximadamente hacia el miembro del eje central. Se puede tirar del miembro del eje central proximalmente para aplicar fuerza longitudinal a los segmentos óseos.

La FIG. 39 muestra un sustrato de anclaje 3900 ilustrativo para un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El sustrato de anclaje puede incluir pliegues apilados en forma de disco 3902. Los pliegues en forma de disco pueden expandirse y contraerse longitudinal y radialmente en forma de acordeón.

La FIG. 40 muestra el sustrato de anclaje 3900 en sección transversal como se ve a lo largo de las líneas 40-40 (mostradas en la Figura 39). Cuando el extremo proximal 3904 y el extremo distal 3906 (por ejemplo, en la pestaña 3908) se desplazan longitudinalmente entre sí, el sustrato de anclaje 3900 puede comprimirse longitudinalmente y los pliegues en forma de disco 3902 pueden expandirse en la dirección R_D. Cuando el extremo proximal 3904 y el extremo distal 3906 (por ejemplo, en la pestaña 3908) están desplazados longitudinalmente alejados entre sí, el sustrato de

anclaje 3900 puede extenderse longitudinalmente y los pliegues en forma de disco 3902 pueden contraerse en la dirección -R_D.

La extensión longitudinal se puede usar para desplegar el sustrato de anclaje en un estado comprimido radialmente. Tras el despliegue, el sustrato de anclaje puede comprimirse longitudinalmente de modo que los pliegues 3902 se expandan en dirección radial R_D. Los anclajes se pueden engranar a los pliegues 3902. El sustrato de anclaje 3900 puede entonces extenderse longitudinalmente para aplicar fuerza radialmente hacia adentro a los anclajes. Se puede aplicar entonces tensión en la dirección DP a los anclajes tirando del extremo proximal 3904. Los pliegues 3902 pueden estar desviados en el ángulo B en la dirección -D_P para que cuando se tire del extremo 3904, los ejes de pliegue Lf se alineen previamente con los anclajes.

La parte proximal 3904 puede estar unida a un miembro de tracción (no mostrado) que puede ser similar a una parte de un miembro del eje central tal como 124 (como se muestra en la FIG. 1B). El extremo distal 3906, en la pestaña 3908, puede estar unido a una parte del dispositivo que permanece esencialmente longitudinalmente estacionaria cuando el dispositivo de tracción tira de la parte proximal 3904. Por ejemplo, la pestaña 3908 puede fijarse al extremo distal de una jaula de soporte correspondiente tal como 105 (mostrada en la FIG. 1).

La FIG. 41 muestra la jaula de soporte 4100 ilustrativa para un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. La jaula de soporte 4100 puede incluir el conector 4102 y el anillo base 4104. Los miembros de soporte en espiral 4106 se extienden entre el conector 4102 y el anillo base 4104. Un miembro del eje central (no mostrado) puede extenderse a lo largo del eje del dispositivo L_D. El miembro del eje central puede tener un extremo distal que esté fijado longitudinalmente al conector 4102. El miembro del eje central puede extenderse a través del anillo base 4104. El anillo base 4104 puede moverse a lo largo del miembro del eje central. Cuando el anillo base 4104 se aleja del conector 4102, los miembros de soporte en espiral 4106 pueden extenderse longitudinalmente y enderezarse. A medida que los miembros de soporte en espiral 4106 se enderezan, el anillo 4104 puede rotar.

La extensión longitudinal de la jaula de soporte 4100 puede configurar la jaula de soporte 4100 para el despliegue. La compresión longitudinal de la jaula de soporte 4100 puede configurar la jaula de soporte 4100 para el despliegue y el engranaje con los anclajes de los segmentos óseos. La jaula de soporte 4100 puede expandirse y plegarse mediante la aplicación de una fuerza de rotación externa.

La jaula de soporte 4100 puede ser autoexpandible. En esos ejemplos, la jaula de soporte 4100 puede tener un estado relajado que esté comprimido longitudinalmente. La jaula de soporte 4100 puede extenderse longitudinalmente para su despliegue. La jaula de soporte 4100 puede volver a su estado relajado tras el despliegue.

La FIG. 42 muestra un híbrido de jaula de soporte y sustrato de anclaje 4200 ilustrativo. El híbrido de jaula/sustrato 4200 pueden incluir miembros de soporte 4202. Los miembros de soporte 4202 pueden soportar segmentos óseos tales como P_a, P_h y P_B (mostrados en la FIG. 1). El híbrido de jaula/sustrato 4200 puede incluir miembros de sustrato 4204 para engranarse a los anclajes tales como 114 y 116 (mostrados en la FIG. 1). Los miembros de sustrato 4204 pueden estar soportados por los miembros de soporte 4202. Los miembros de sustrato 4204 y 4202 pueden expandirse y contraerse radialmente como una sola unidad.

El híbrido de jaula/sustrato 4200 puede incluir el vástago 4206 y el miembro de retención 4208 del dispositivo. Los miembros de soporte 4202 pueden estar integrados en los miembros de sustrato 4204 en una estructura de una sola capa. Los miembros de sustrato 4204 pueden tener rasgos distintivos que se describen en el presente documento en relación con sustratos de anclaje tales como 112 (mostrado en la FIG. 1). Por ejemplo, los miembros de sustrato 4204 pueden formarse para facilitar el acoplamiento y la retención de los anclajes. El híbrido de jaula/sustrato 4200 puede usarse solo o en concierto con capas de otros El híbridos de jaula/sustrato como 4200 o con capas de otras construcciones tales como los dispositivos descritos anteriormente en el presente documento como el miembro de eje central 2502 (mostrado en la FIG. 25), el miembro intermedio 2507 (mostrado en la FIG. 25), el miembro de anclaje 3300 (mostrado en la FIG. 33) y el miembro exterior 2514 (mostrado en la FIG. 25).

La FIG. 43 muestra el dispositivo 4300 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 4300 incluye el sustrato de anclaje 4302 y jaula de soporte 4304. El sustrato de anclaje 4302 está radialmente fuera de la jaula de soporte 4304. El dispositivo 4300 puede incluir el conector distal 4306. El conector distal 4306 puede proporcionar soporte para el extremo proximal 4308 del miembro del eje central 4310. La base proximal 4312 puede soportar partes proximales del sustrato de anclaje 4302 y la jaula de soporte 4304. El miembro del eje central 4310 puede pasar a través de la base proximal 4312. El miembro del eje central 4310 puede soportar el miembro de retención 4314 del dispositivo.

La FIG. 44 muestra el dispositivo 4400 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 4400 puede incluir una jaula estructural 4402 y un sustrato de anclaje 4404. El dispositivo 4400 puede incluir el manguito 4406 para deslizar la parte proximal 4408 de la jaula estructural 4402 a lo largo del miembro del eje central 4410. El dispositivo 4400 puede incluir un manguito 4412 para deslizar la parte proximal 4414 del sustrato de anclaje 4404 a lo largo del miembro del eje central 4410. Los manguitos pueden soportar los miembros de retención del dispositivo tales como 1802 (mostrado en la FIG. 18). Los miembros de retención del dispositivo

pueden usarse para expandir y contraer el dispositivo 4400. Los ejemplos esféricos o de tipo esférico del dispositivo 440 pueden proporcionar una alta resistencia a la compresión radial y generar altas fuerzas de compresión radial, basadas en la forma.

La FIG. 45 muestra el dispositivo 4500 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 4500 puede incluir un tren de jaulas estructurales esencialmente esféricas o de tipo esférico 4502, 4504 y 4506 dentro de la jaula estructural exterior 4508. El dispositivo 4500 puede incluir tantas jaulas como se desee para hacer un tren de una longitud deseada. Puede estar presente un sustrato de anclaje como 4300 (mostrado en la FIG. 43). El sustrato de anclaje puede estar presente dentro o fuera de la jaula estructural 4508.

Las jaulas pueden ser parcialmente esféricas. Un sustrato de anclaje está presente dentro de cada una de las jaulas estructurales. El dispositivo 4500 puede incluir manguitos 4510 y 4512 para posicionar el extremo proximal 4516 de la jaula estructural exterior 4508 y el extremo proximal 4514 del tren, respectivamente, a lo largo del miembro del eje central 4518. El miembro del eje central 4518 puede fijarse rígidamente en el conector 4520 de la jaula estructural exterior. Las jaulas estructurales 4502, 4504 y 4506, la jaula estructural exterior 4508 y los sustratos de anclaje se pueden expandir y plegar mediante manguitos deslizantes 4510 y 4512 a lo largo del miembro del eje central 4518.

La FIG. 46 muestra el dispositivo 4600 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 4600 se muestra en el hueso largo B_L en una vista que es similar a la vista del dispositivo 4500 a lo largo de las líneas 46-46 que se muestran en la FIG. 45. El dispositivo 4600 puede incluir un tren de jaulas estructurales esencialmente esféricas 4602, 4604 y 4606 dentro de la jaula estructural exterior 4608. El dispositivo 4600 puede cortar la fractura F_L.

Puede haber un sustrato de anclaje presente dentro de cada una de las jaulas estructurales 4602, 4604 y 4606. El dispositivo 4600 puede incluir el miembro de retención 4610 del dispositivo. El miembro de retención 4610 del dispositivo puede configurarse para deslizarse con respecto al miembro del eje central 4612. El miembro del eje central 4612 puede terminar proximalmente en el miembro de recaptura 4614 del dispositivo. El miembro del eje central 4612 puede terminar distalmente en el conector 4616 de la jaula estructural exterior, al que el miembro del eje central 4612 puede estar fijado rígidamente.

Las jaulas estructurales 4602, 4604 y 4606, la jaula estructural exterior 4608 y los sustratos de anclaje se pueden expandir y plegar deslizando el miembro de retención 4610 del dispositivo con respecto al miembro de recaptura 4614 del dispositivo. Puede haber manguitos dentados 4618 para retener el dispositivo 4600 en un estado expandido. Una vez expandido el dispositivo 4600, se pueden insertar los anclajes 4620, 4622 y 4624 a través de los segmentos óseos B_{L1} y B_{L2} para engranarse a los sustratos de anclaje.

Se puede aplicar una tracción compresiva a la fractura F_L insertando inicialmente los anclajes 4620 y 4622, tirando del dispositivo 4600 en dirección proximal Dp con respecto al segmento óseo B_{L2}, y posteriormente insertando el anclaje 4624.

La FIG. 47 muestra el dispositivo 4700 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 47 se muestra desplegado en el espacio intramedular IS del hueso largo B_L. El dispositivo 47 establece un puente por la fractura F_L. El dispositivo 47 puede incluir una jaula estructural 4702. El dispositivo 47 puede incluir el sustrato de anclaje 4704. La jaula estructural 4072 puede desplegarse en el espacio intramedular IS. La jaula estructural 4072 puede proporcionar soporte radialmente hacia afuera a los segmentos óseos B_{L1} y B_{L2}. El sustrato de anclaje 4704 puede desplegarse dentro de la jaula estructural 4072.

El sustrato de anclaje 4704 puede engranarse mediante los anclajes 4706, 4708, 4710 y 4712 para estabilizar los segmentos óseos B_{L1} y B_{L2} contra la jaula estructural 4702. Se puede aplicar una tracción compresiva a la fractura FL insertando inicialmente los anclajes 4706 y 4708, tirando del dispositivo 4700 en dirección proximal DP con respecto al segmento óseo B_{L2}, y posteriormente, insertando los anclajes 4710 y 4712.

El dispositivo 4700 se muestra con los extremos sustancialmente abiertos. El dispositivo 4700 puede tener extremos que terminen en un conector o una base, tal como se muestra y se describe en el presente documento. El dispositivo 4700 puede usarse como se muestra o junto con otros dispositivos que se muestran y describen en el presente documento.

La FIG. 48 muestra el anclaje ilustrativo 4800 que puede usarse con un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje 4800 puede incluir el miembro alargado 4802, el cabezal 4804 y las lengüetas 4806. El anclaje 4800 puede desplegarse usando un par de torsión, presión axial o ambos. El miembro alargado 4802 puede insertarse a través de un segmento óseo. Las lengüetas 4806 pueden ser elásticamente deformables de modo que cuando se inserte el anclaje 4800 a través del segmento óseo, las lengüetas 4806 descansen sustancialmente igualadas con la superficie exterior del miembro alargado 4802.

El extremo 4808 puede pasar a través de una celda en un sustrato de anclaje tal como 112 (mostrado en la FIG. 1). Una o más de las lengüetas 4806 pueden engranarse al sustrato de anclaje y evitar que el anclaje 4800 se desengrane

del sustrato de anclaje. Las lengüetas 4806 pueden desviarse para descansar sustancialmente igualadas con la superficie exterior del miembro alargado 4802 cuando el anclaje 4800 penetra en el sustrato de anclaje.

Las lengüetas 4806 pueden tener un estado previo al despliegue en el que las lengüetas 4806 pueden descansar sustancialmente igualadas con la superficie exterior del miembro alargado 4802. Las lengüetas 4806 pueden desplegarse tras la inserción del anclaje 4800 a través del hueso y el sustrato de anclaje. Las lengüetas 4806 pueden desplegarse insertando un eje de accionador (no mostrado) en la luz del miembro alargado 4802. El eje del accionador puede empujar las lengüetas 4806 radialmente hacia afuera.

Las lengüetas 4806 pueden incluir extensiones (no mostradas) que se extienden dentro de la luz del anclaje 4800. Las extensiones pueden extenderse lejos del "plano" de las lengüetas. Las extensiones pueden facilitar el despliegue de las lengüetas cuando el eje del accionador es conducido hacia abajo por la luz y entra en contacto con las extensiones.

El miembro alargado 4802 puede construirse a partir de material de tubo. Las lengüetas 4806 pueden perforarse o cortarse con láser del tubo. El cabezal 4804 puede soldarse al miembro alargado 4802. El cabezal 4804 puede incluir el receptáculo 4804 del conductor. El diámetro del material de tubo puede seleccionarse para que se corresponda con el de las celdas de sustrato de anclaje para maximizar la interferencia (y entre las lengüetas 4806 y el sustrato de anclaje. Dicha selección puede proporcionar una retención adecuada de los anclajes.

La FIG. 49 muestra el anclaje ilustrativo 4900 que puede usarse con un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje 4900 puede incluir el miembro alargado 4902, el cabeza 4904 y los segmentos de rosca 4906. El anclaje 4900 puede desplegarse usando un par de torsión, presión axial o ambos. El miembro alargado 4902 puede insertarse a través de un segmento óseo. Los segmentos de rosca 4906 pueden ser elásticamente deformables para facilitar la inserción en el segmento óseo y el engranaje con el sustrato de anclaje. Los parámetros de los segmentos de rosca 4906 pueden seleccionarse para engranarse con un sustrato de anclaje. Los parámetros pueden incluir diámetro menor, diámetro mayor, paso y cualquier otro parámetro adecuado.

Los segmentos de rosca 4906 pueden incluir caras circunferenciales 4908 y caras de bloqueo circunferenciales 4910 correspondientes. Las caras de bloqueo circunferenciales 4910 pueden engranarse con el sustrato de anclaje y evitar que el anclaje 4900 se desenrosque del sustrato de anclaje.

La FIG. 50 muestra el anclaje ilustrativo 5000 que puede usarse con un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje 5000 puede incluir el miembro alargado 5002, el cabeza 5004 y los segmentos de rosca 5006. Los segmentos de rosca 5006 pueden tener algunos o todos los rasgos distintivos de los segmentos de rosca 4906 (mostrados en la FIG. 49). Por ejemplo, los segmentos de rosca 5006 pueden incluir caras circunferenciales 5008 y caras de bloqueo circunferenciales 5010 correspondientes. Las caras de bloqueo circunferenciales 5010 pueden engranarse con el sustrato de anclaje y evitar que el anclaje 5000 se desenrosque del sustrato de anclaje.

El anclaje 5000 puede desplegarse usando un par de torsión, presión axial o ambos.

El anclaje 5000 puede incluir un retén articulado 5012. El retén articulado 5012 puede estar presente en un estado no desplegado en la luz 5014 del miembro alargado 5002. La varilla 5014 puede estar suelta en la luz 5014 y puede empujar la pata 5018 del retén 5012. La pata 5018 puede obligar a la bisagra 5020 a salir del puerto 5022 en el miembro alargado 5002. El retén 5024 correspondiente puede desplegarse de manera similar. Las patas 5018 y 5026 pueden engranarse en el sustrato de anclaje después del despliegue de los retenes 5012 y 5024. El anclaje 5000 puede bloquearse, por tanto, en el sustrato de anclaje.

La FIG. 51 muestra el anclaje ilustrativo 5100 que puede usarse con un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje 5100 puede incluir el miembro en espiral 5102, el cabezal 5104 y las muescas 5106. El anclaje 5100 puede desplegarse usando un par de torsión, presión axial o ambos.

El miembro alargado 5102 puede insertarse a través de un segmento óseo. Un orificio piloto en el segmento óseo puede tener un diámetro correspondiente al diámetro d del miembro en espiral 5102. El miembro en espiral 5102 puede pasar así a través del segmento óseo sin una rotación sustancial. Se podría crear un orificio de acceso del anclaje en el hueso para el anclaje 5100. El orificio de acceso del anclaje puede tener un diámetro que no sea inferior al diámetro d' del miembro alargado 5102 y que sea lo suficientemente grande como para permitir que el miembro alargado 5102 se enrosque helicoidalmente a través del orificio. Dicho orificio de acceso puede ser más pequeño que un orificio de anclaje convencional.

La punta 5108 puede entonces engranarse al sustrato de anclaje. La rotación del anclaje 5100 puede entonces conducir el anclaje 5100 relativamente más profundo dentro del sustrato de anclaje. Las muescas 5106 pueden engranarse en el sustrato de anclaje y evitar que el anclaje 5100 rote fuera del engranaje con el sustrato de anclaje. La parte terminal 5110 puede proporcionarse sin muescas para que el anclaje 5100 pueda retroceder fuera del sustrato de anclaje, si se desea, antes de conducir el anclaje 5100 a una relación bloqueada con el sustrato de anclaje.

La FIG. 52 muestra el anclaje ilustrativo 5200 que puede usarse con un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje 5200 puede incluir el miembro alargado 5202, el cabezal 5204 y el retén 5206. El retén 5206 puede ser soportado por y rotatorio alrededor del pasador 5208. El retén 5206 puede estar presente en un estado no desplegado o parcialmente presente en la ranura 5210 del miembro alargado 5202. Por ejemplo, el retén 5206 puede rotar en la dirección m de modo que la punta 5212 rote en la ranura 5210, y la punta 5214 rote en una posición que se extienda más allá del miembro alargado 5202.

Con semejante configuración, el miembro alargado 5202 puede insertarse a través de un segmento óseo. La punta 5214 puede atravesar entonces una parte del sustrato de anclaje. Después de la travesía, la punta 5214 puede rotar en la dirección -m de modo que el anclaje 5200 vuelva a la configuración mostrada en la FIG. 52. El tramo del retén 5206 puede exceder el diámetro de una celda del sustrato de anclaje. El anclaje 5200 puede bloquearse, por tanto, en el sustrato de anclaje.

Puede haber un accionador de tornillo 5216 en el orificio 5218 del miembro alargado 5202. El accionador de tornillo 5216 puede atornillarse en el orificio. Esta acción puede reducir la longitud eficaz del anclaje 5200 y, por lo tanto, tensar el segmento óseo hacia el sustrato de anclaje. Una punta (no mostrada) del accionador de tornillo 5216 puede desviar la punta 5212 fuera de la ranura 5210 para rotar el retén 5206. La punta 5212 puede biselarse para facilitar la desviación por la punta del accionador de tornillo 5216.

La FIG. 53 muestra los anclajes 5200 desplegados y bloqueados en el sustrato de anclaje 112 del dispositivo 100 (mostrado también en la FIG. 1). Los anclajes 5200 fijan así los segmentos óseos Pa y Ph al sustrato de anclaje 112.

La FIG. 54 muestra el dispositivo 5400 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 5400 se implanta en el hueso B. El alambre 5402 pasa a través de orificios que se perforan a través del segmento óseo P_a, del sustrato de anclaje 5404 y del segmento óseo PB para formar el bucle 5406. Los extremos del cable 5402 pueden estar sujetos entre sí para fijar las partes óseas P_a, P_h y P_B entre sí.

La FIG. 55 muestra el dispositivo 5500 de reparación de fracturas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 5500 se muestra desplegado y bloqueado en el húmero B_H. Los miembros de soporte 5502, en general, se ajustan a los contornos del espacio intramedular IS del hueso B_H. El sustrato de anclaje aplica tensión en la dirección D_p a los anclajes 5504 y 5506. El anclaje proximal 5508 retiene la tensión.

El anclaje cilíndrico 5510 en expansión está presente coaxialmente sobre la base de la jaula estructural 5512. El anclaje 5510 puede expandirse radialmente cuando se comprime a lo largo del eje L_D. Cuando el anclaje 5510 se expande, las cuchillas circunferenciales 5514 se extienden radialmente hacia el hueso B_H. El anclaje 5510 puede comprimirse fijando longitudinalmente el extremo distal 5516 en una posición sobre la base 5512 de la jaula estructural y empujando distalmente en el extremo proximal 5518. Se puede proporcionar un freno (no mostrado) para evitar que el anclaje 5510 se extienda longitudinalmente. Cuando está bloqueado en el estado comprimido, el anclaje 5510 se corta en el hueso B_H y bloquea el dispositivo 5500, o partes del mismo, longitudinalmente. El anclaje 5510 puede expandirse automáticamente cuando se libera de la contención. El anclaje 5510 se puede rotar durante la expansión para potenciar el engranaje con el hueso.

El anclaje cilíndrico 5522 en expansión se muestra conectado directamente al sustrato de anclaje 5530. El anclaje 5522 puede bloquearse una vez obtenida la tensión deseada en el dispositivo 5500. El anclaje cilíndrico 5522 en expansión puede tener algunos o todos los rasgos distintivos del anclaje cilíndrico 5510 en expansión.

La FIG. 56A muestra un anclaje 5600 en expansión ilustrativo que puede usarse de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje 5600 puede tener algunos o todos los rasgos distintivos del anclaje 5510 (mostrado en la FIG. 55). El anclaje 5600 se puede cortar de un tubo. La compresión a lo largo del eje L_D produce la articulación de la bisagra viva 5604. La articulación hace que las cuchillas 5602 se extiendan radialmente lejos del eje L_D. El anclaje 5600 puede ser autoexpandible.

La FIG. 56B muestra una vista del anclaje 5600 desde la dirección 56B-56B (mostrada en la FIG. 56A). La FIG. 56C muestra una vista del anclaje 5600 desde la dirección 56C-56C (mostrada en la FIG. 56A).

La FIG. 57A muestra un anclaje helicoidal 5700 en expansión ilustrativo que puede usarse de acuerdo con los principios de la divulgación. El anclaje helicoidal 5700 puede tener algunos o todos los rasgos distintivos del anclaje 5510 (que se muestra en la FIG. 55). El anclaje 5700 se puede cortar de un tubo. La compresión a lo largo del eje L_D produce la articulación de la bisagra viva 5704. La articulación hace que las cuchillas 5702 se extiendan radialmente lejos del eje L_D. El anclaje 5700 puede ser autoexpandible.

La FIG. 57B muestra una vista del anclaje 5700 desde la dirección 57B-57B (mostrada en la FIG. 57A). La FIG. 57C muestra una vista del anclaje 5700 desde la dirección 57C-57C (mostrada en la FIG. 56A).

Cuando el anclaje helicoidal 5700 se rota en relación con el hueso circundante, puede moverse como un tornillo debido a la forma helicoidal de las cuchillas 5702. Cuando el anclaje helicoidal 5700 se rota comprimido y rota

simultáneamente, las cuchillas 5702 pueden tallar el material óseo mientras se engrana el anclaje 5700 en el hueso. El tallado del material óseo puede reducir el esfuerzo circunferencial en el hueso.

La FIG. 58 muestra un dispositivo 5800 de reparación de fracturas óseas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación en el fémur B_F. El dispositivo 5800 incluye la jaula estructural 5802 y el sustrato de anclaje 5804. Los anclajes 5806 sujetan partes (segmentos óseos individuales no mostrados) del fémur B_F al sustrato de anclaje 5804. La jaula estructural 5800 puede incluir una base 5808 dela jaula, que puede configurarse para recibir el anclaje proximal 5810. El anclaje proximal 5810 puede aplicar tensión al miembro del eje central 5812. El anclaje proximal 5810 puede aplicar tensión al sustrato de anclaje 5804.

El dispositivo 5800 se puede introducir en un sitio cerca del punto 5814 del hueso B_F, de modo que el dispositivo 5800 se pueda administrar en una orientación y en una posición que estén cerca de la orientación y la posición desplegadas deseadas.

Una placa de refuerzo 5816 puede estar presente junto al hueso B_F. La placa de refuerzo 5816 puede proporcionar estabilidad a los anclajes 5806 y 5814. La placa de refuerzo 5816 puede distribuir las fuerzas desde los anclajes 5806 y 5814 a diferentes partes de hueso B_F. La placa de refuerzo 5816 puede alojar tantos anclajes 5806 como sea apropiado para fijar la fractura. La placa de refuerzo 5816 puede tener rasgos distintivos de acoplamiento especialmente construidos para bloquear el dispositivo 5800 en un ángulo deseado con respecto a la placa de refuerzo 5816.

La FIG. 59 muestra un dispositivo 5900 de reparación de fracturas óseas ilustrativo de acuerdo con los principios de la descripción en el húmero B_H. El dispositivo 5900 puede administrarse completamente y desplegarse a través de un solo orificio de acceso (no mostrado). El dispositivo 5900 incluye la jaula estructural 5902. La jaula estructural 5902 puede proporcionar soporte radial y longitudinal hacia afuera para los segmentos óseos P, P_1 y P_2.

Los anclajes se pueden administrar mediante un catéter dirigible al hueso BH y a través de una base de jaula tal como 108 (mostrada en la FIG. 1). Las correas 5904 y 5906 pueden aplicar tensión radial y proximal hacia adentro a los segmentos óseos P_1 y P_2, respectivamente. Las correas pueden administrarse en el húmero BH a través de un orificio de acceso (no mostrado) que es el dispositivo proximal 5900. El dispositivo 5900 puede no incluir un sustrato de anclaje.

El anclaje de barra en T 5908 puede anclar la correa 5904 al segmento óseo P_1. El anclaje de barra en T 5908 puede tener algunos o todos los rasgos distintivos del anclaje 5200 (mostrada en la FIG. 52). El anclaje de tipo tornillo 5910 puede anclar la correa 5906 al segmento óseo P_2.

Las correas se pueden administrar a través del tubo de soporte acampanado 5912. El tubo de soporte acampanado 5912 puede incluir un taco unidireccional 5914. Las correas pueden estirarse en dirección proximal Pd para aplicar tensión a los segmentos óseos. El taco unidireccional 5914 puede evitar la liberación de la tensión.

La FIG. 60 muestra un dispositivo 6000 de reparación de fracturas óseas ilustrativo de acuerdo con los principios de la descripción en el húmero B_H. El dispositivo 6000 incluye la jaula estructural 6002. La jaula estructural 6002 puede proporcionar soporte radial y longitudinal hacia afuera para los segmentos óseos P, P_1 y P_2. La jaula estructural 6002 y sustrato de anclaje 6004. Los anclajes 6006, 6008 y 6010 pueden administrase mediante un catéter dirigible a través de la base 6012 de la jaula y hacia el interior del sustrato de anclaje 6004. Entonces, se pueden insertar los anclajes en los segmentos óseos P_1 y P_2. El catéter dirigible puede entonces retirarse. Después, se puede tirar del sustrato de anclaje 6004 en la dirección proximal D_p usando las metodologías mostradas y descritas en el presente documento u otros métodos adecuados. Al tirarse del sustrato de anclaje 6004 en la dirección D_p se pueden comprimir los segmentos óseos P_1 y P_2 contra el segmento óseo P.

La FIG. 61 muestra el dispositivo 6100 de reparación de fracturas óseas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación en el hueso B. El dispositivo 6100 puede administrarse en el espacio intramedular IS del hueso B a través del orificio de acceso 6101 en la estiloides radial S.

El dispositivo 6100 puede incluir la jaula estructural 6102, el sustrato de anclaje 6104 y el miembro del eje central 6106. La jaula estructural 6102 puede incluir el conector 6108, donde los miembros de soporte 6110 se unen rígidamente. El conector 6108 puede soportar el miembro de retención 6112 del dispositivo.

La envoltura de administración 6114 puede proporcionar acceso al espacio intramedular a través de la estiloides S. Los instrumentos de administración (no mostrados) pueden extenderse a través de la envoltura de administración 6114 y engranarse al miembro de retención 6112 del dispositivo para colocar y desplegar el dispositivo 6100.

LA FIG. 62 muestra la placa 6200 ilustrativa que puede usarse en conexión con un dispositivo de reparación de fracturas óseas de acuerdo con los principios de la divulgación. La placa 6200 incluye una pluralidad de orificios 6202 para el paso de los anclajes.

La placa 6200 puede soportar segmentos óseos y un dispositivo tal como 6300 (mostrado en la FIG. 63) que está dentro de un hueso. La placa 6200 se puede usar durante un procedimiento quirúrgico abierto en la superficie exterior del hueso. La placa 6200 puede ser rígida o flexible. La forma de la 6200 puede seleccionarse para la captura de algunos o todos los segmentos del hueso.

La FIG. 63 muestra el dispositivo 6300 de reparación de fracturas óseas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación. El dispositivo 6300 puede usarse en conexión con una placa tal como 6200 (mostrada en la FIG. 62). El dispositivo 6300 puede incluir una jaula estructural 6302 y un sustrato de anclaje 6304. Los anclajes tales como los anclajes en espiral 6306 pueden pasar a través de los orificios 6202 y los segmentos óseos P_B y P_a. Los anclajes 6306 pueden tener algunos o todos los rasgos distintivos de los anclajes 5100 (mostrados en la FIG. 51). Los anclajes 6306 pueden anclarse, y bloquearse, en el sustrato de anclaje 6304.

La FIG. 64 muestra el dispositivo 4600 (mostrado en la FIG. 46) desplegado dentro de la vértebra V. El dispositivo 4600 proporciona soporte radial hacia afuera. El dispositivo 4600 puede usarse en la vértebra V sin anclajes.

La FIG. 65 muestra un escenario ilustrativo para proporcionar acceso al húmero proximal PH. La introducción del instrumento 6502 puede proporcionar un orificio de acceso en el húmero proximal PH. Se puede introducir el dispositivo 6504, colocarlo, desplegarlo y anclarlo cerca del extremo del húmero proximal PH. Se puede proporcionar un dispositivo de generación de imágenes 6506 para proporcionar información visual sobre la ubicación de los rasgos distintivos anatómicos del húmero proximal PH y del dispositivo 6504.

La FIG. 66 muestra un escenario ilustrativo para desplegar el dispositivo 6600 de reparación de fracturas óseas ilustrativo de acuerdo con los principios de la divulgación en la fractura abierta F_h del hueso B. El dispositivo 6600 puede incluir la jaula estructural 6602, el sustrato de anclaje 6604 y el miembro del eje central 6606. El dispositivo 6600 puede insertarse en el espacio intramedular del hueso B a través de la fractura F_h. El dispositivo 6600 puede insertarse en un estado contraído. El dispositivo 6600 puede insertarse en un estado expandido.

La FIG. 67 muestra un sustrato de anclaje 6700 ilustrativo que puede usarse con un dispositivo de reparación de fracturas de acuerdo con los principios de la divulgación. El sustrato de anclaje 6700 puede incluir la parte alargada 6702. La parte alargada 6702 puede terminar con la tapa 6704 en el extremo. Uno o ambos de entre la parte alargada 6702 y la tapa 6704 del extremo pueden incluir orificios 6706. Los orificios 6706 pueden engranarse con los anclajes para mantener los segmentos óseos en su sitio.

El sustrato de anclaje 6700 puede usarse de la reparación de huesos que tienen fracturas abiertas tales como la fractura F_h del hueso B como se muestra en la FIG. 66. El sustrato de anclaje 6700 puede ser expandible. El sustrato de anclaje puede no ser expandible.

Los aparatos y métodos descritos en el presente documento son ilustrativos. El aparato y los métodos de la divulgación pueden implicar algunos o todos los rasgos distintivos del aparato ilustrativo y/o algunas o todas las etapas de los métodos ilustrativos. Las etapas de los métodos pueden realizarse en un orden diferente al que se muestra y describe en el presente documento. Algunos métodos de la divulgación pueden omitir las etapas mostradas y descritas en relación con los métodos ilustrativos. Algunos métodos de la divulgación pueden incluir etapas que no se muestran ni describen en relación con los métodos ilustrativos.

Los procesos de acuerdo con los principios de la divulgación pueden incluir uno o más rasgos distintivos de los procesos ilustrados en la FIG. 68. Algunas etapas de los procesos pueden realizarse en un entorno hospitalario. Algunas etapas de los procesos pueden realizarse de forma ambulatoria.

La FIG. 68 muestra etapas ilustrativas del proceso 6800 de reparación de una fractura. El proceso 6800 puede comenzar en la etapa 6802. En la etapa 6802, un profesional sanitario puede reducir provisionalmente la fractura. En la etapa 6804, el profesional sanitario puede establecer el acceso a la cavidad intramedular en el hueso fracturado. En la etapa 6806, el profesional sanitario puede insertar un catéter en el hueso fracturado. En la etapa 6808, el profesional sanitario puede confirmar la colocación del catéter mediante fluoroscopia (o cualquier otra metodología de generación de imágenes adecuada). En la etapa 6810, el profesional sanitario puede desplegar un soporte estructural tal como la jaula estructural 105 (mostrada en la FIG. 1). En la etapa 6812, el profesional sanitario puede desplegar un sustrato de anclaje tal como el sustrato de anclaje 112 (mostrado en la FIG. 1). En la etapa 6814, el profesional sanitario puede insertar los anclajes en los segmentos óseos y el sustrato de anclaje. En la etapa 6815, el profesional sanitario puede aplicar tensión. La tensión puede aplicarse a uno o más de un anclaje, un sustrato de anclaje, un soporte estructural o cualquiera de los aparatos mostrados y descritos en el presente documento usando cualquiera de las metodologías mostradas y descritas en el presente documento. En la etapa 6816, el profesional sanitario puede confirmar la ubicación del segmento óseo usando imágenes médicas. En la etapa 6818, el profesional sanitario puede bloquear los dispositivos de inserción en la cavidad intramedular. En la etapa 6820, los dispositivos insertados pueden desengranarse del sistema de administración usado para administrar los dispositivos.

Existen diferentes combinaciones de secuencias del implante. La Tabla 4 muestra diferentes secuencias ilustrativas de las etapas del tratamiento. También se pueden llevar a cabo otras etapas de tratamiento y diferentes secuencias

de acuerdo con los principios de la divulgación.

Tabla 4. Secuencias ilustrativas de reparación de fracturas.

Secuencia ilustrativa A	Secuencia ilustrativa B	Secuencia ilustrativa C
Se reduce la fractura	Anclaje	Se manipulan los segmentos
Se introduce el dispositivo	Se manipulan los segmentos	Se engranan los segmentos
Se ancla el segmento al dispositivo	Se engranan los segmentos	Anclaje
Se tensa el ensamblado para finalizar la reducción	Se tensan los segmentos	Se proporciona tensión a los segmentos
Se ancla en ensamblado	Se ancla o se fijan los segmentos	Se bloquea el ensamblado
Se desengrana del ensamblado	Se desengrana	Etapas adicionales apropiadas
Etapas adicionales apropiadas	Etapas adicionales apropiadas	

Hay muchas otras etapas que pueden incluirse. Se pueden usar diferentes ejemplos del aparato mostrado y descrito en el presente documento junto con diferentes etapas del proceso 6800, independientemente de si se muestran o no en la FIG. 68 o en la Tabla 4. Por ejemplo, se puede aplicar cemento óseo, se puede insertar una autografía esponjosa, se pueden administrar antibióticos tópicos o interiores y se pueden usar otras terapias adecuadas.

Por lo tanto, se han proporcionado aparatos y métodos para la reparación de fracturas. Los expertos en la materia apreciarán que la presente divulgación se puede poner en práctica mediante otros ejemplos distintos a los descritos, que se presentan con fines ilustrativos y no limitantes. La presente invención solo está limitada por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) para tratar una fractura de un hueso, incluyendo la fractura segmentos, teniendo el hueso una cavidad interna, comprendiendo el aparato (100):

un soporte estructural (105) para colocar un primero de los segmentos óseos en relación con un segundo de los segmentos óseos, estando el soporte estructural (105) configurado para desplegarse en la cavidad interna; y
un sustrato de anclaje (112) configurado para estabilizar el primer segmento óseo con relación al segundo segmento óseo y/o comprimir el primer segmento óseo contra el segundo segmento óseo, estando configurado el sustrato de anclaje (112) para desplegarse en la cavidad interna y autoexpandirse dentro de la cavidad interna para engranarse, en un estado expandido:

con un primer tornillo roscado (114, 1922) configurado para ser conducido a través del primer segmento óseo a fin de fijar el primer segmento óseo al sustrato de anclaje (112); y
un segundo tornillo roscado (116, 1922) configurado para ser conducido a través del segundo segmento óseo a fin de fijar el segundo segmento óseo al sustrato de anclaje (112) en una posición con respecto al primer segmento óseo adecuada para potenciar la curación de la fractura.

2. El aparato (100) de la reivindicación 1, en donde el sustrato de anclaje (112) comprende una pluralidad de celdas, en donde al menos una de las celdas está configurada para engranarse al y retener el primer o segundo tornillo roscado (114, 116, 1922).

3. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el soporte estructural (105) y/o el sustrato de anclaje (112) están configurados para expandirse desde un estado contraído hasta un estado expandido tras la liberación desde un instrumento de administración percutánea.

4. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde:

el soporte estructural (105) incluye un primer miembro de desplazamiento relativo;
el sustrato de anclaje (112) incluye un segundo miembro de desplazamiento relativo; y
el primer y el segundo miembro de desplazamiento relativo están configurados para desplazar una parte del sustrato de anclaje (112) con respecto a una parte del soporte estructural (105).

5. El aparato (100) de la reivindicación 1, que comprende además:

un miembro del eje central (124) que está dispuesto al menos parcialmente dentro del soporte estructural (105) y dispuesto al menos parcialmente dentro del sustrato de anclaje (112),
en donde el miembro del eje central (124) define preferentemente una dirección longitudinal, y una parte distal del miembro del eje central (124) está preferentemente fijada longitudinalmente, en una parte distal del soporte estructural (105), a la parte distal del soporte estructural (105) y
en donde una parte proximal del soporte estructural (105) está configurada preferentemente para ser desplazada distalmente a lo largo del miembro del eje central (124) de manera que,, cuando la parte proximal del soporte estructural (105) se desplaza distalmente a lo largo del miembro del eje central (124), el soporte estructural (105) se expande radialmente lejos del eje longitudinal.

6. El aparato (100) de la reivindicación 5, en donde el miembro del eje central (124) define una dirección longitudinal, y bien:

a) una parte proximal del miembro del eje central (124) está fijada longitudinalmente, en una parte proximal del soporte estructural (105), a la parte proximal del soporte estructural (105), comprendiendo dicho aparato además preferentemente un bloqueo unidireccional configurado para evitar esencialmente el desplazamiento del miembro del eje central (124), con respecto a la parte proximal del soporte estructural (105), en una dirección distal, o
b) una parte distal del miembro del eje central (124) está fijada longitudinalmente, en una parte distal del sustrato de anclaje (112), a la parte distal del sustrato de anclaje (112), en donde una parte proximal del sustrato de anclaje (112) está configurada preferentemente para ser desplazada distalmente a lo largo del miembro del eje central (124) de manera que, cuando la parte proximal del sustrato de anclaje (112) se desplaza distalmente a lo largo del miembro del eje central (124), el sustrato de anclaje (112) se expande radialmente lejos del eje longitudinal; o
c) una parte proximal del miembro del eje central (124) está fijada longitudinalmente, en una parte proximal del sustrato de anclaje (112), a la parte proximal del sustrato de anclaje (112).

7. El aparato (3300) de la reivindicación 6b), en donde el sustrato de anclaje (112) comprende:

una primera parte (3310) que tiene celdas de expansión (3312) que tienen una primera relación de expansión; una segunda parte (3314) que tiene celdas de expansión que tienen una segunda relación de expansión; siendo la primera relación de expansión diferente de la segunda relación de expansión; y
al menos una de entre la primera y la segunda relación de expansión se seleccionan para proporcionar un contorno

deseado cuando el sustrato de anclaje (112) se expande.

8. El aparato (100) de la reivindicación 6c), que comprende además un bloqueo unidireccional configurado para evitar esencialmente el desplazamiento del miembro del eje central (124), con respecto a la parte proximal del sustrato de anclaje (112), en una dirección distal.

9. El aparato (100) de la reivindicación 5, en donde:

el miembro del eje central (124) comprende un retén; y
el sustrato de anclaje (112) comprende un tope;
en donde, cuando el miembro del eje central (124) se retira del sustrato de anclaje (112) en una dirección proximal, el retén se engrana al tope para tirar de una parte proximal del sustrato de anclaje (112) en la dirección proximal con respecto a una parte proximal del soporte estructural (105).

10. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además:

un anclaje proximal (5600) que está configurado para fijar una parte proximal del sustrato de anclaje (112) al hueso, en donde el anclaje proximal (5600) es preferentemente esencialmente cilíndrico y comprende cuchillas (5602) que se extienden radialmente hacia afuera, y en donde:

el anclaje proximal (5600) incluye preferentemente un extremo proximal y un extremo distal; y
las cuchillas (5600) se mueven preferentemente radialmente hacia afuera cuando los extremos proximal y distal se mueven uno hacia el otro.

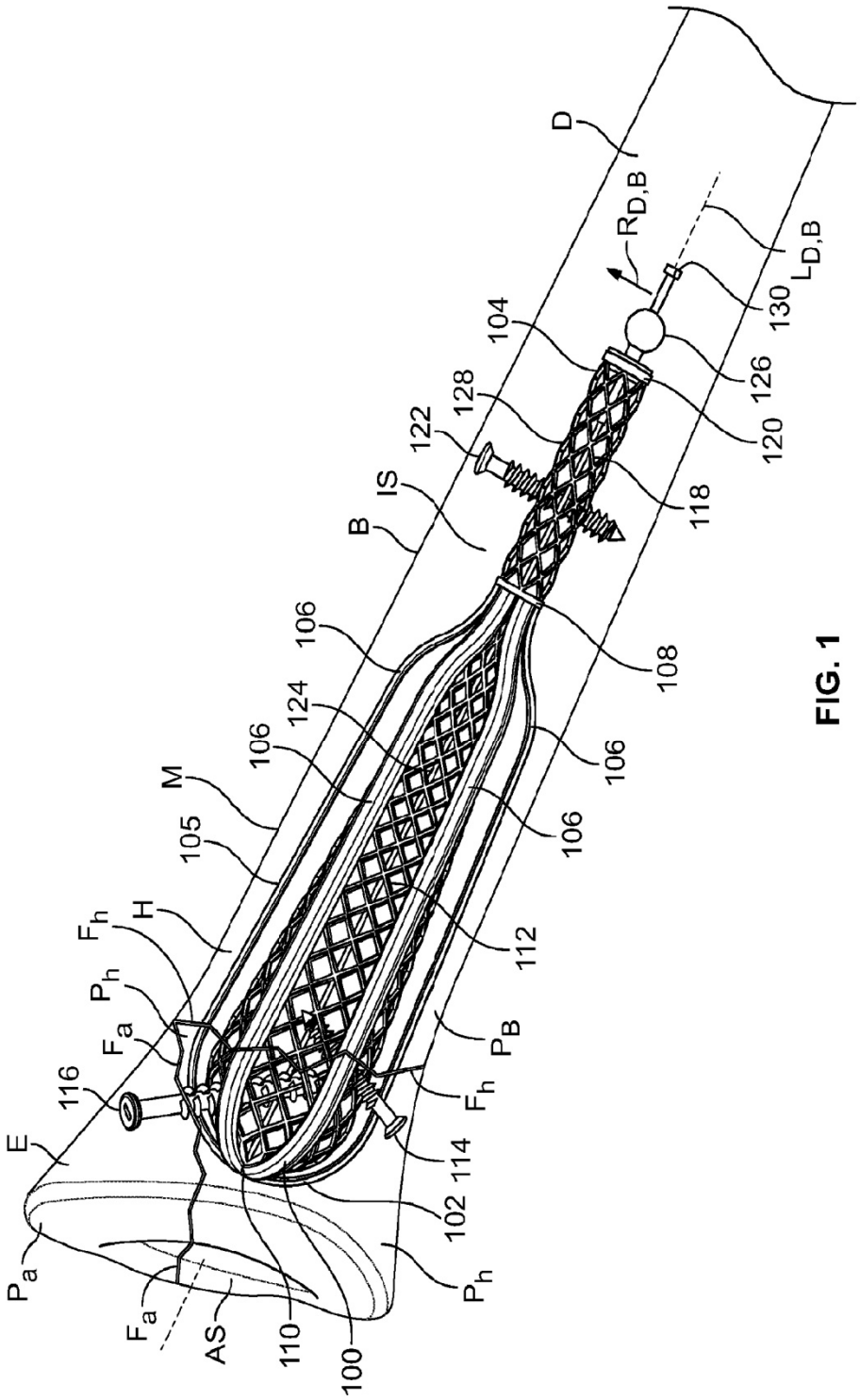
D
$R_{D,B}$
$L_{D,B}$
130
104
126
128
120
122
118
IS
B
106
108
124
106
106
106
M
105
112
H
F_h
P_h
F_a
P_B
116
F_h
E
114
102
P_a
P_h
F_a
AS
110
100

FIG. 1

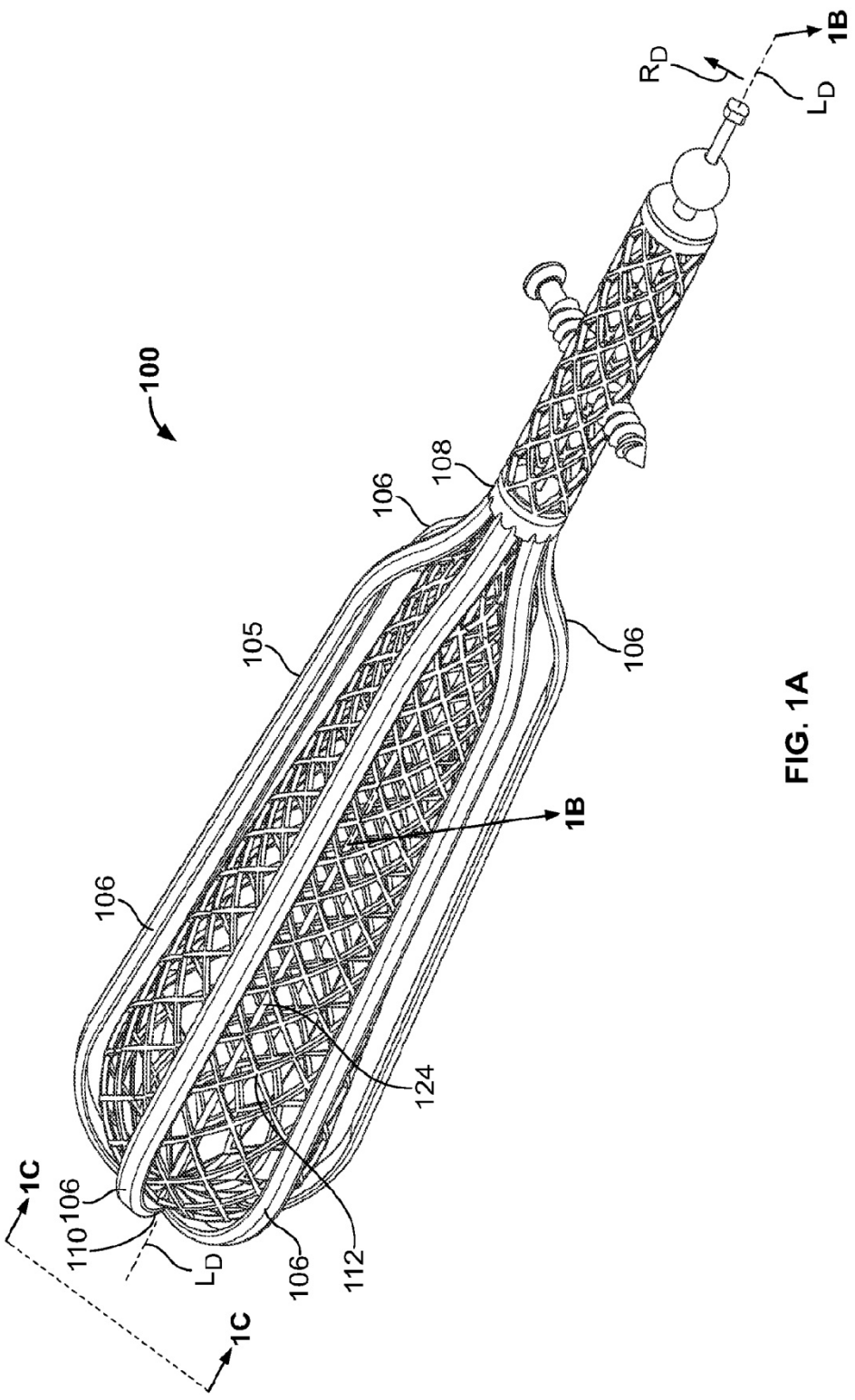

FIG. 1A

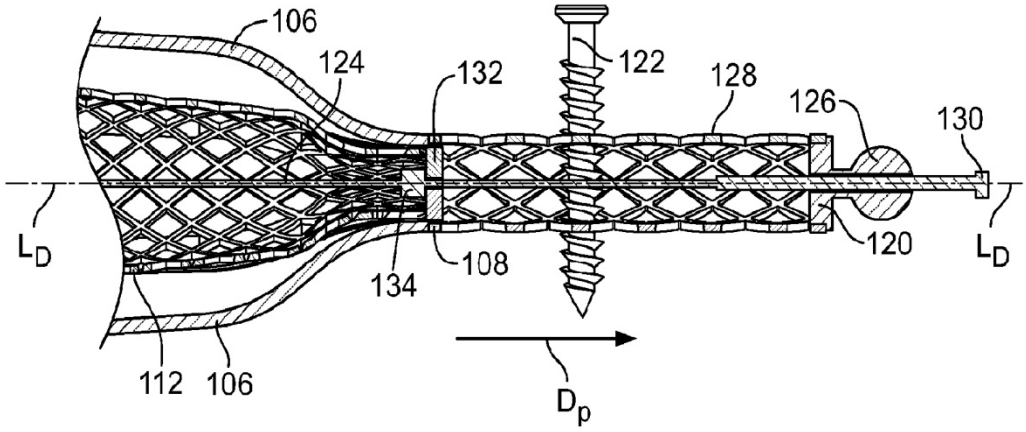
106
124
132
122
128
126
130
L_D
120
L_D
134
108
112
106
D_p

FIG. 1B

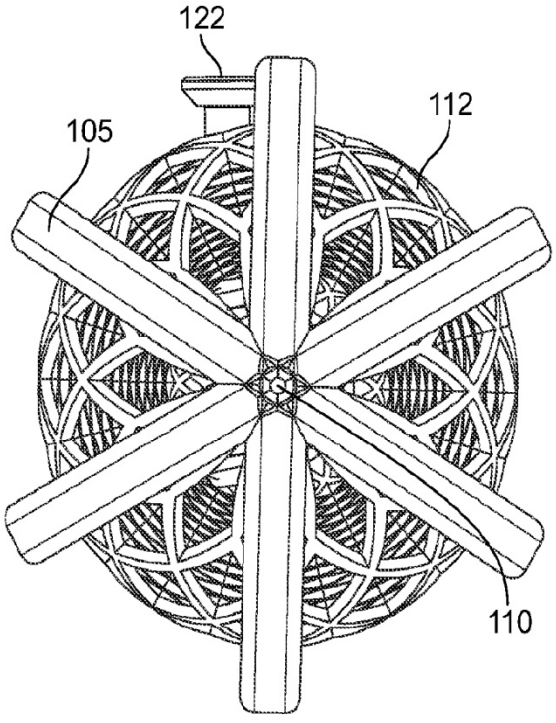
122
112
105
110

FIG. 1C

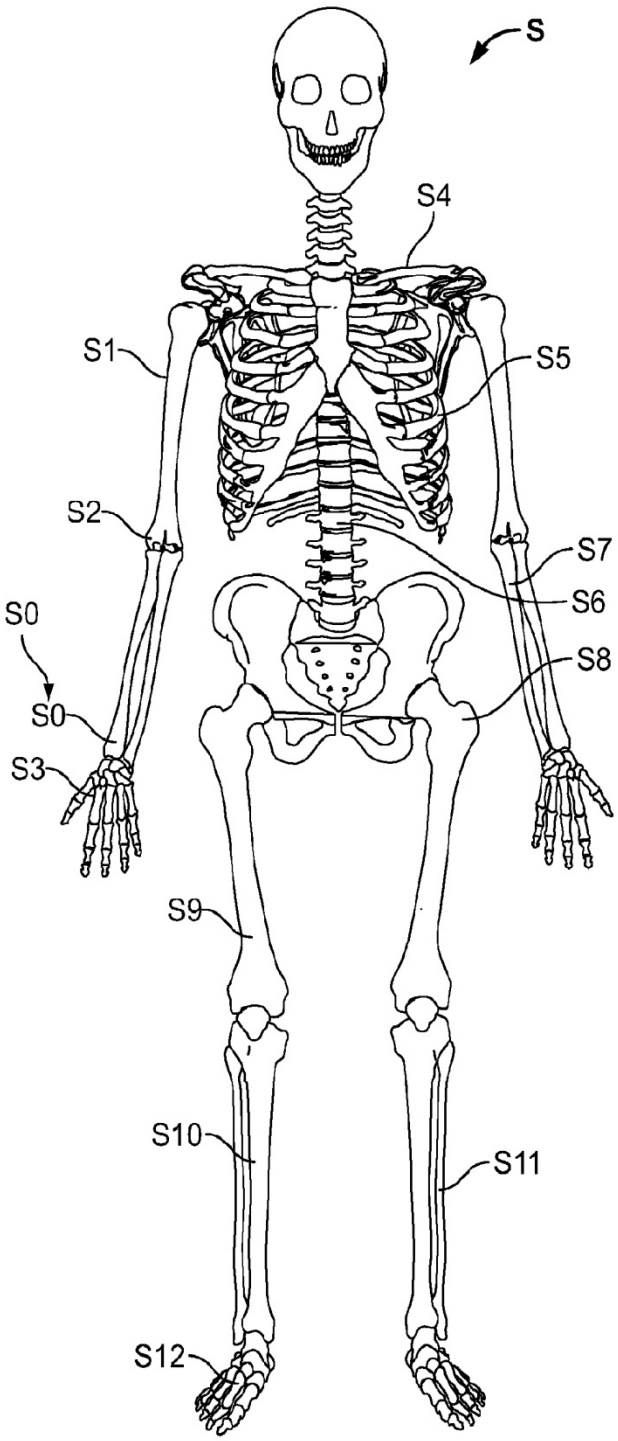
S
S4
S1
S5
S2
S7
S6
S0
S0
S8
S0
S3
S9
S10
S11
S12

FIG. 2

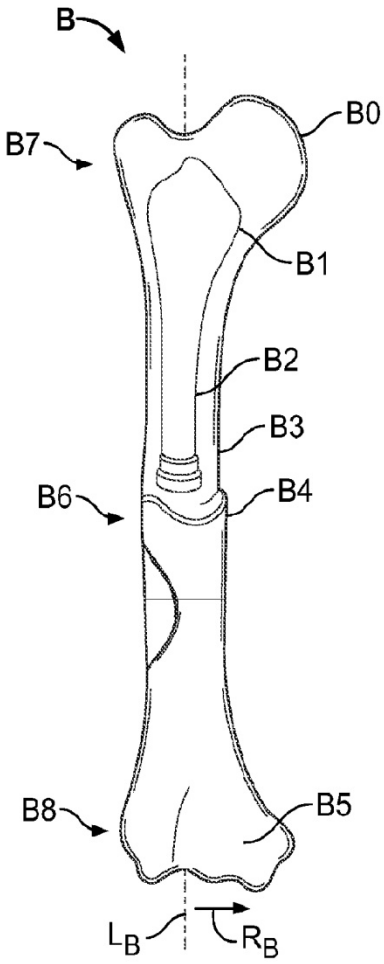
B
B0
B7
B1
B2
B3
B6
B4
B8
B5
L_B
R_B

FIG. 3

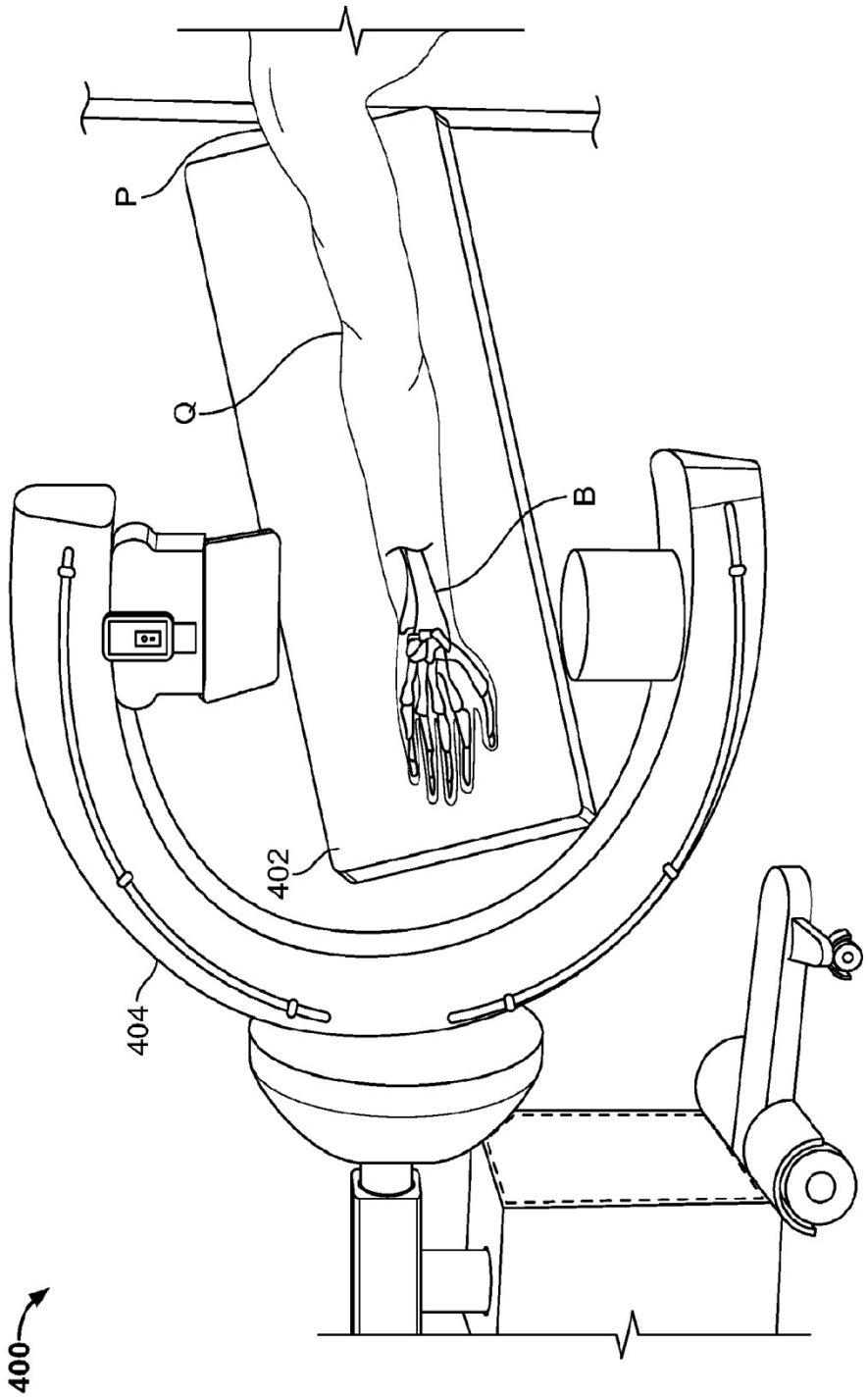

FIG. 4

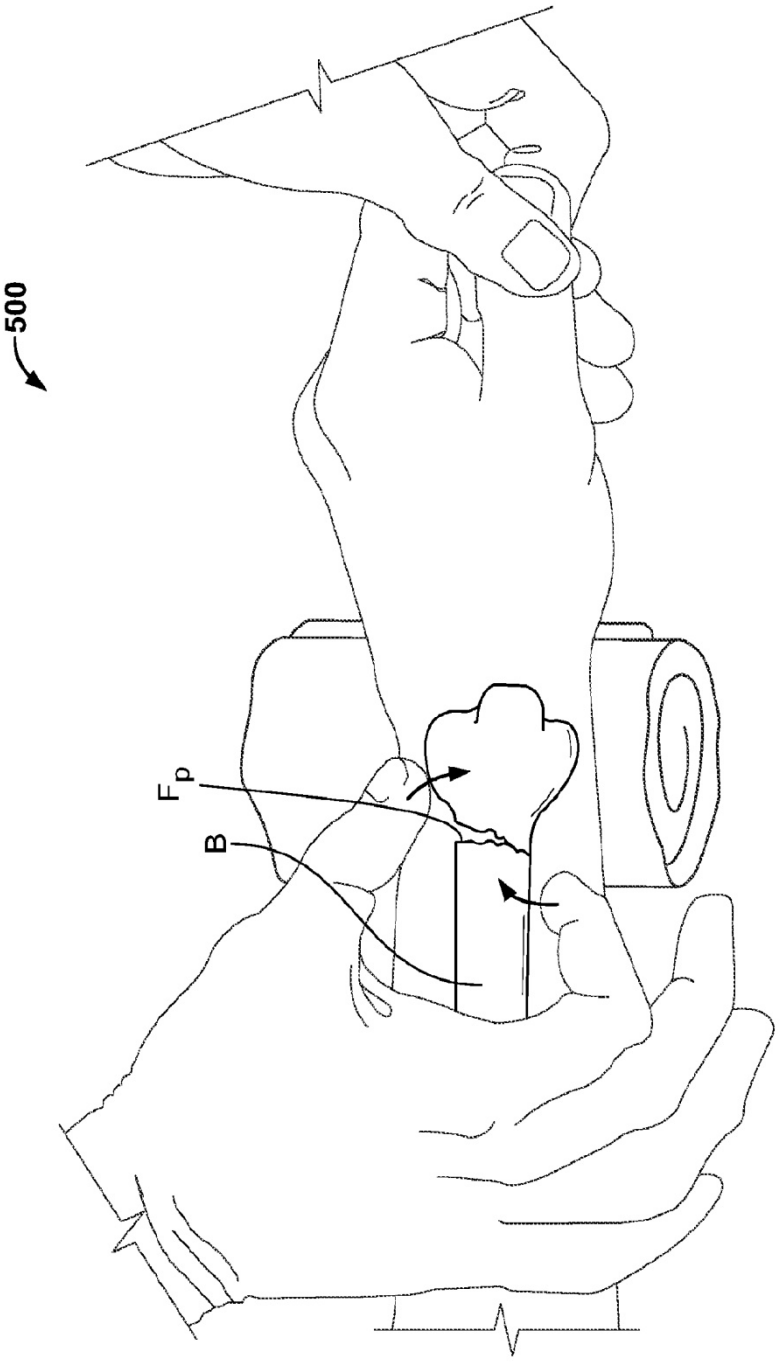

FIG. 5

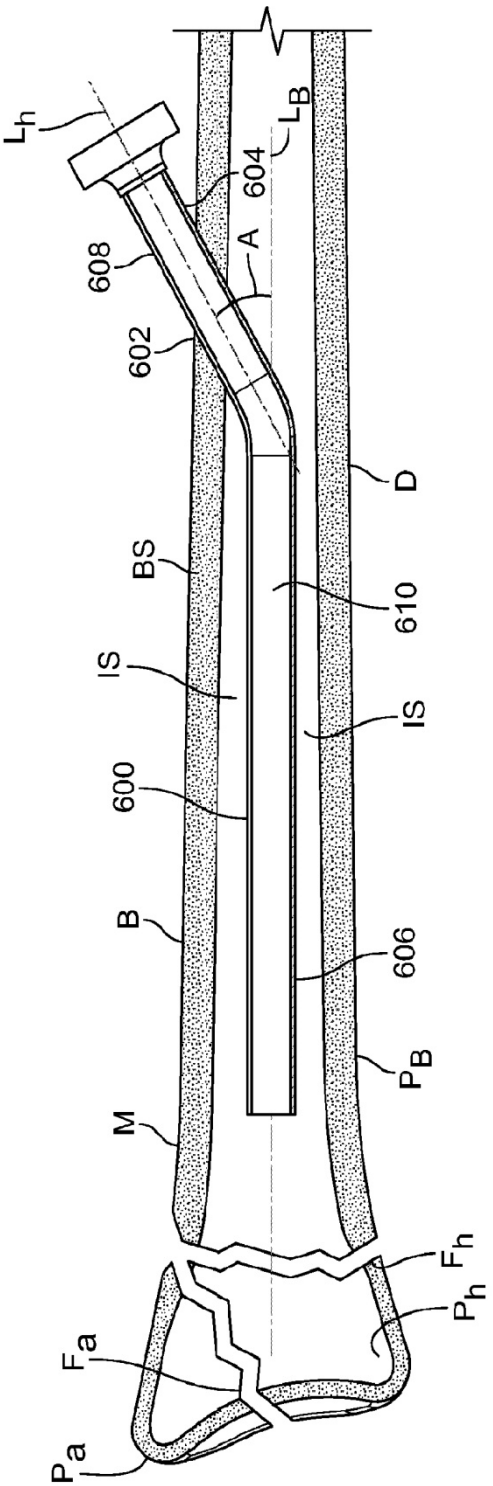

FIG. 6

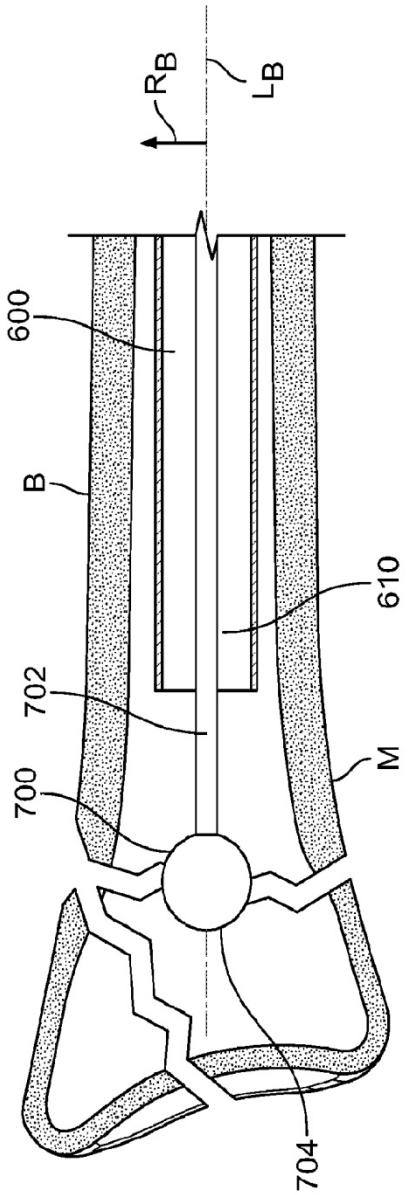

FIG. 7

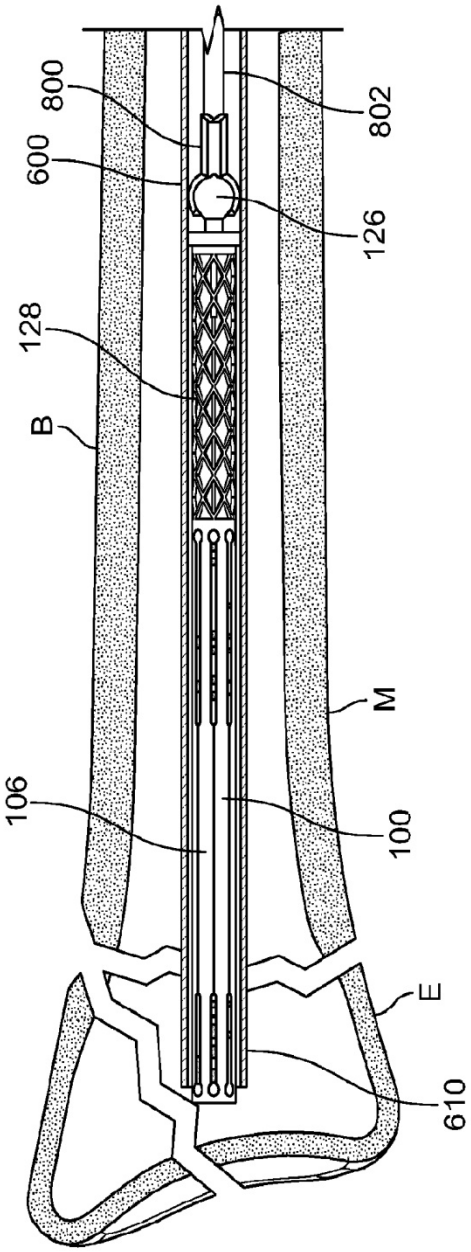

FIG. 8

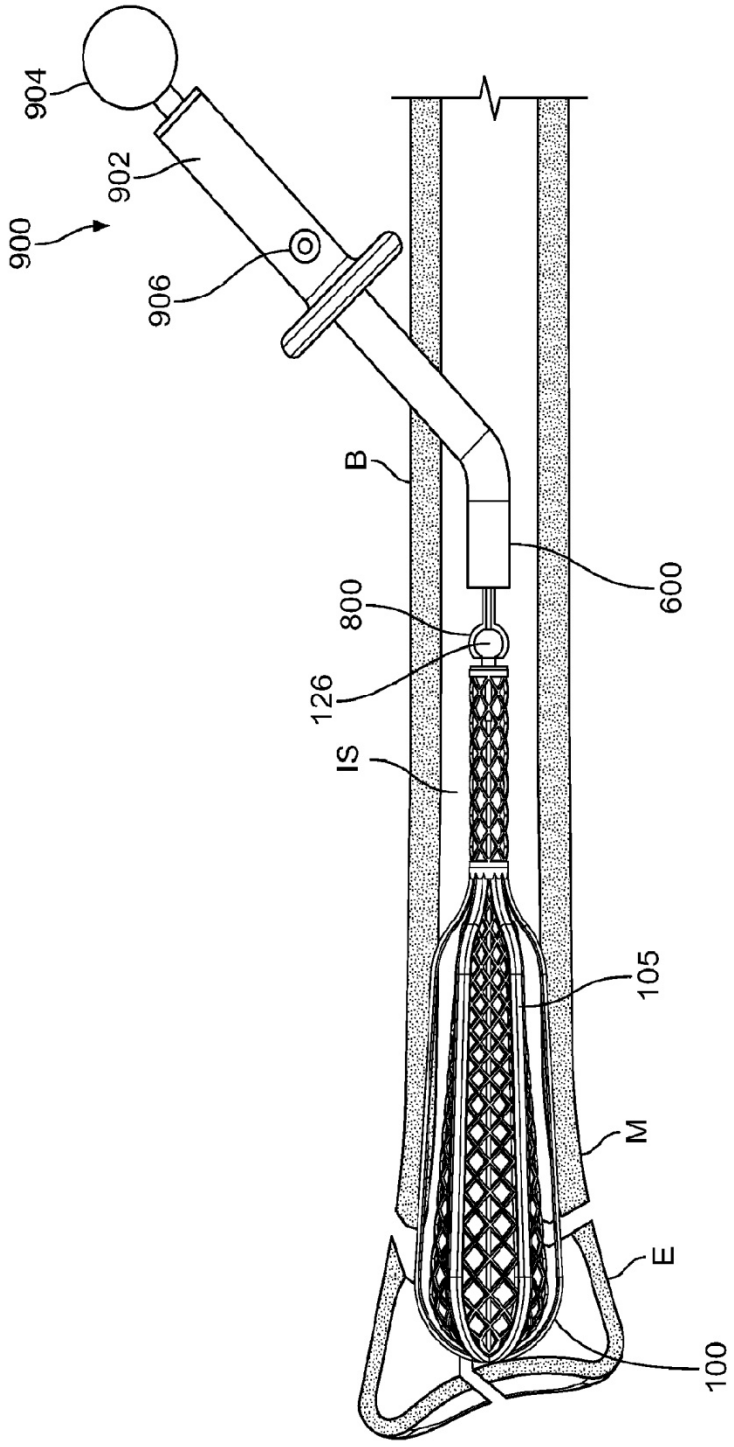

FIG. 9

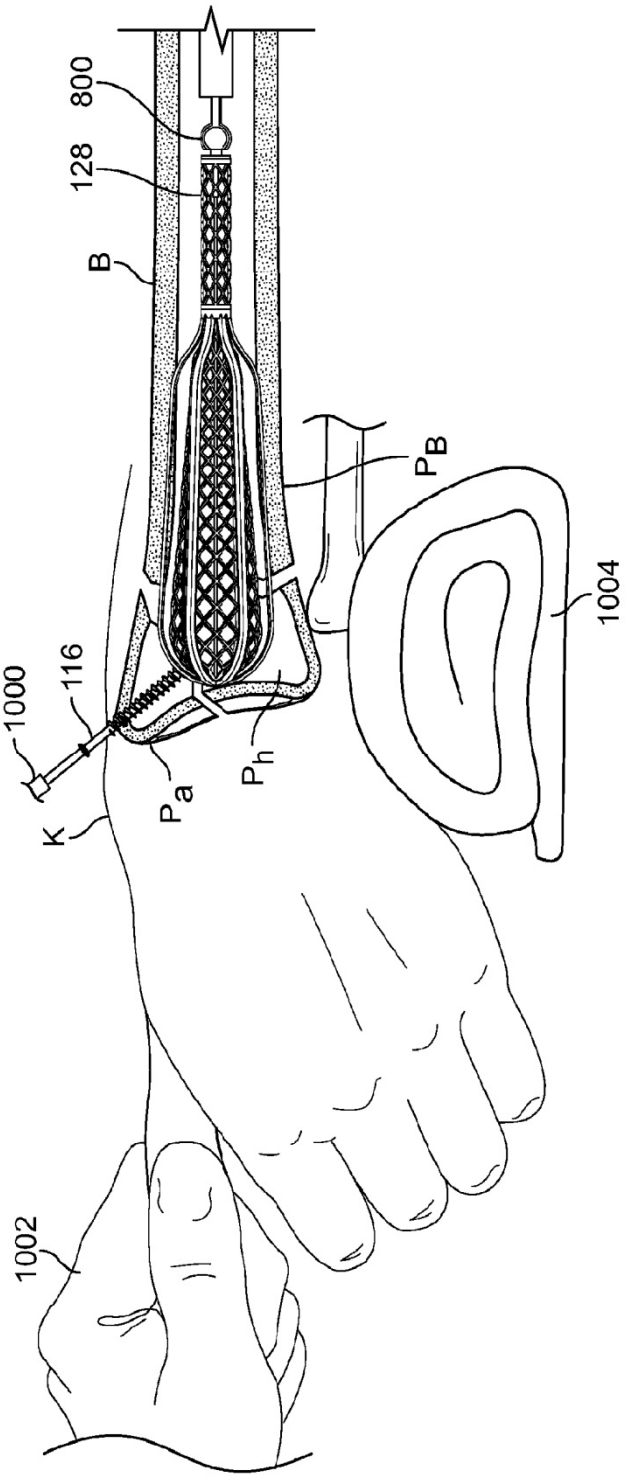

FIG. 10

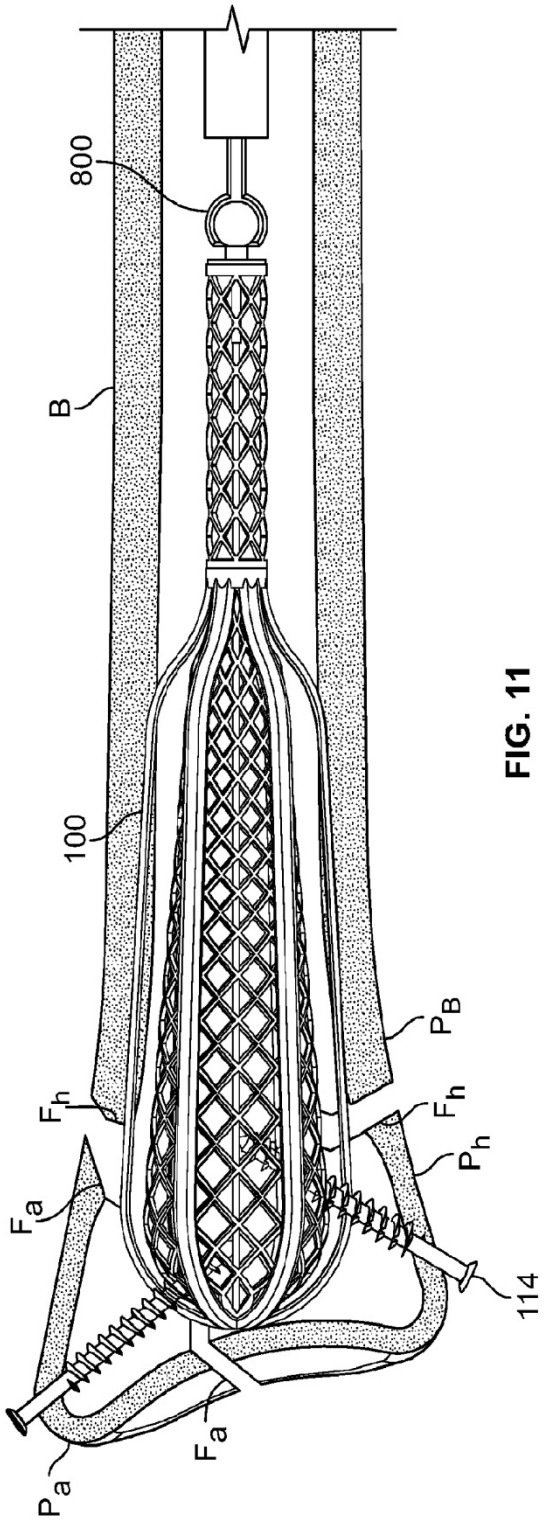

FIG. 11

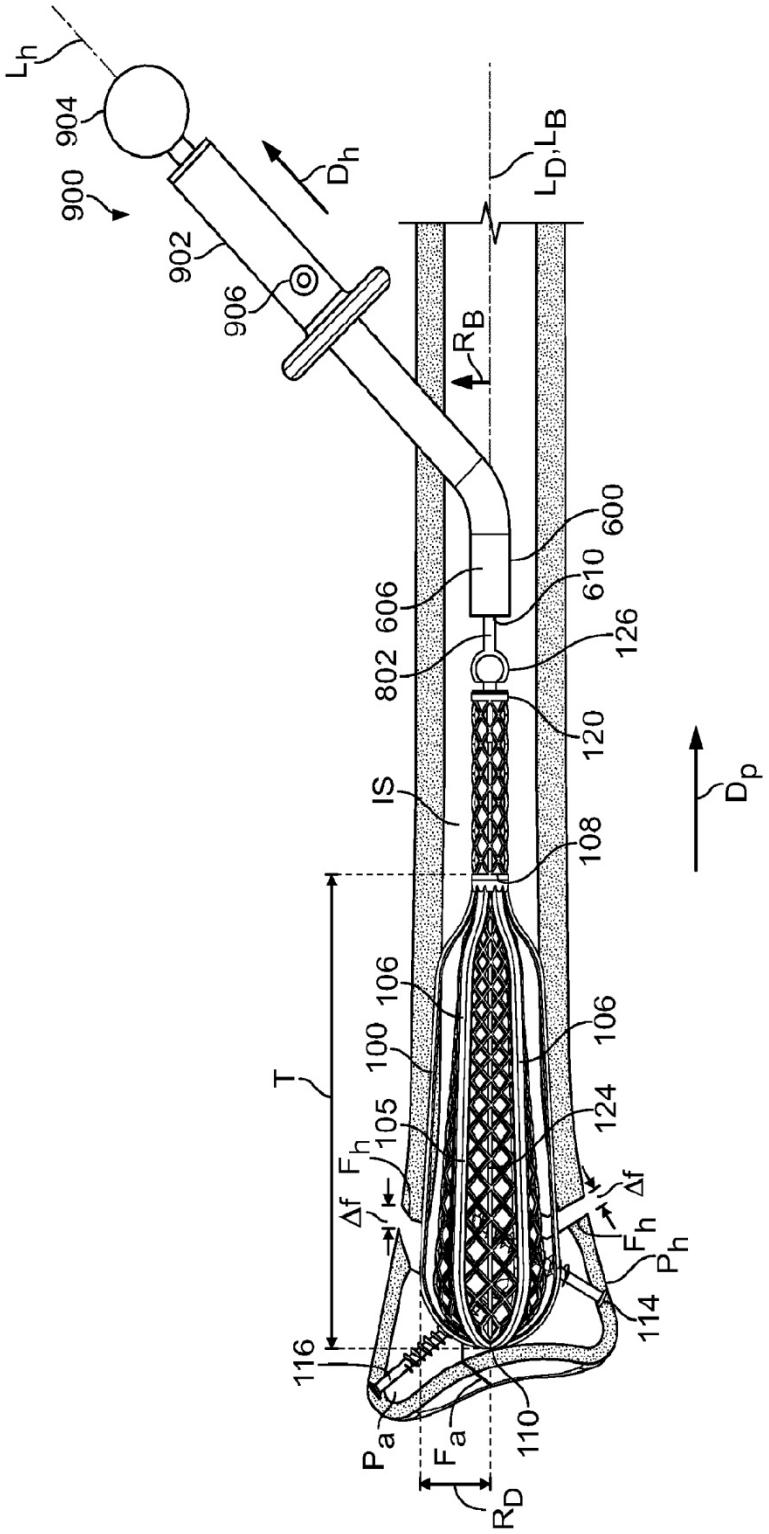
L_h
904
900
902
906
D_h
L_D, L_B
R_B
600
610
606
802
126
120
IS
108
D_p
106
100
106
T
124
105
F_h
Δf
Δf
F_h
P_h
114
116
110
P_a
F_a
R_D

FIG. 12

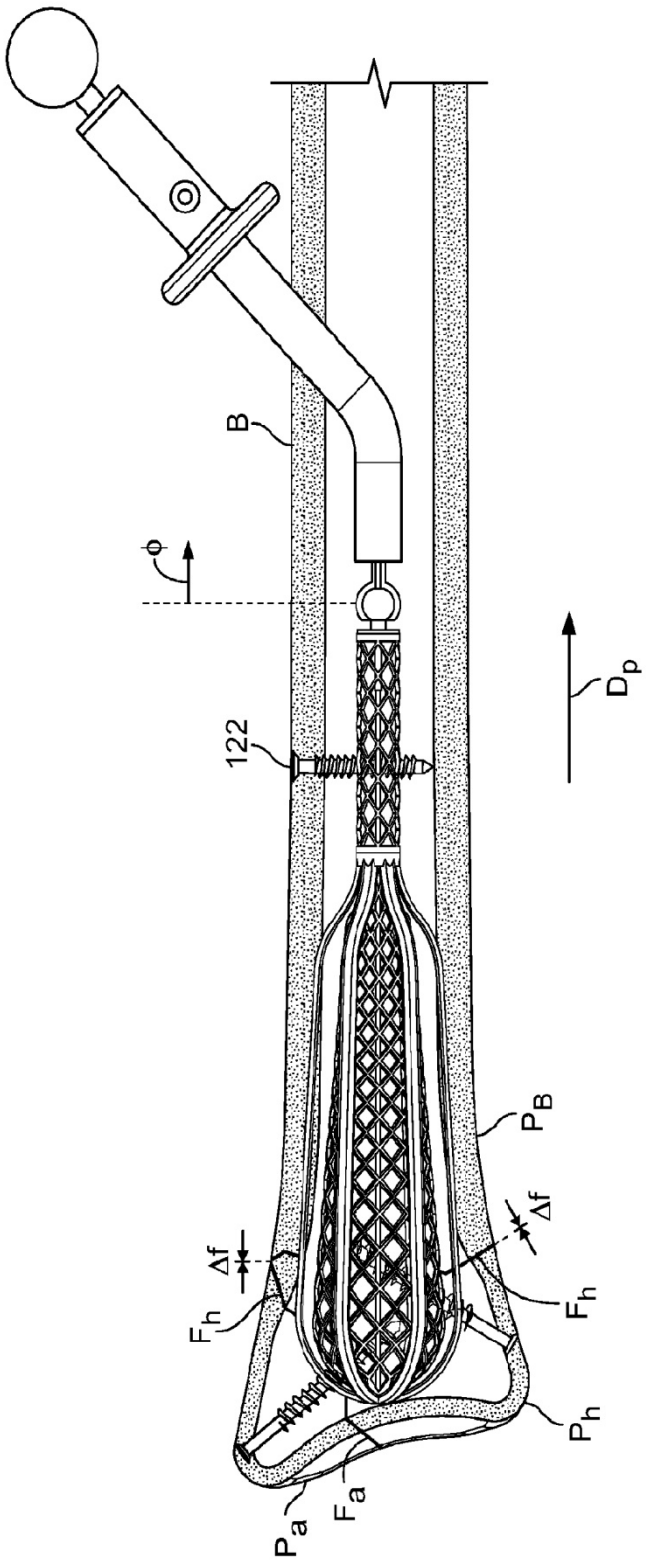

FIG. 13

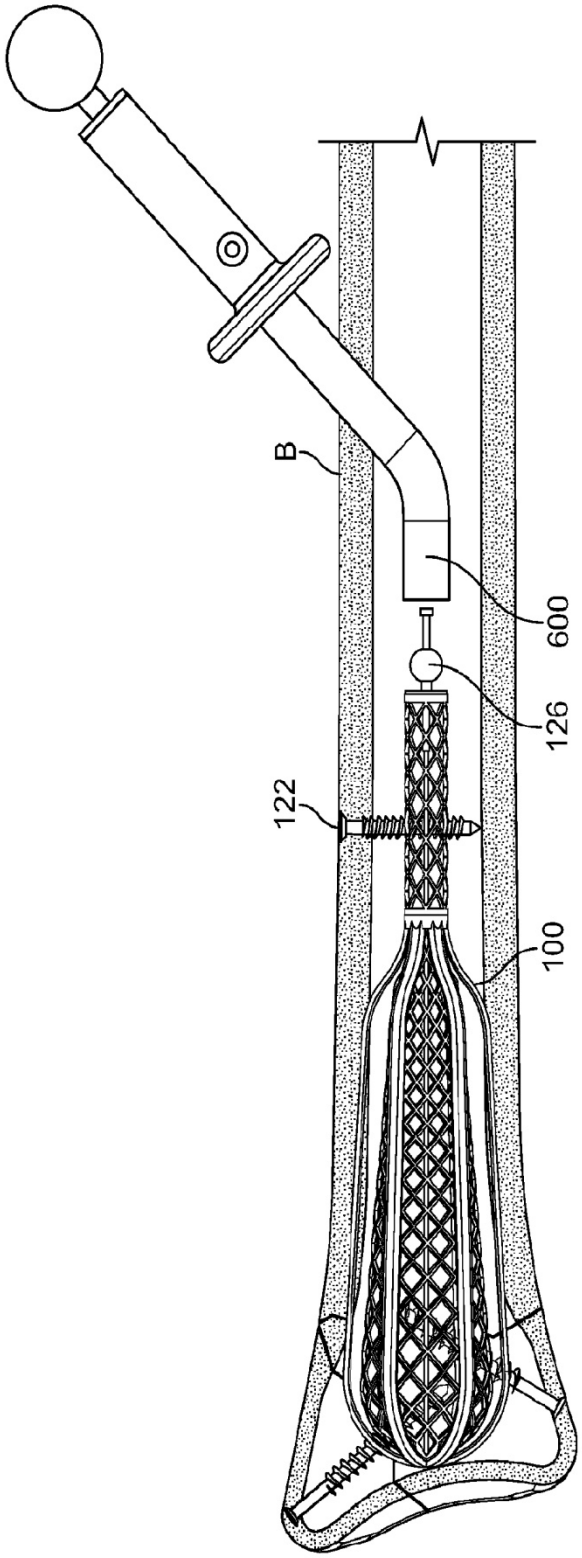

FIG. 14

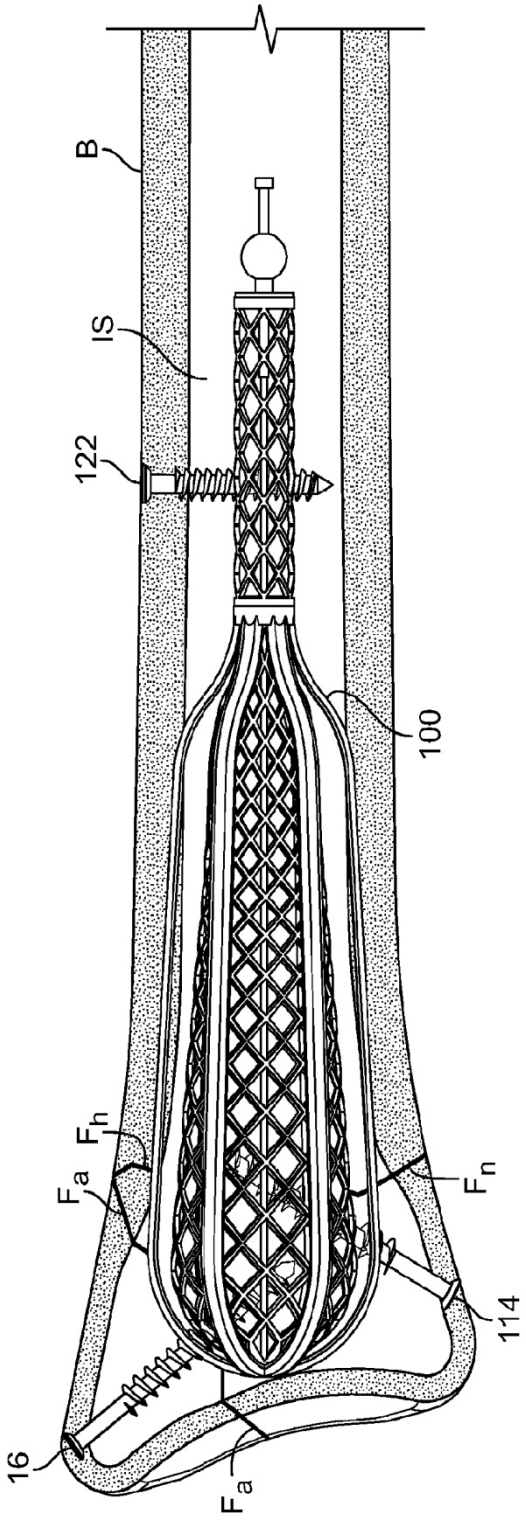

FIG. 15

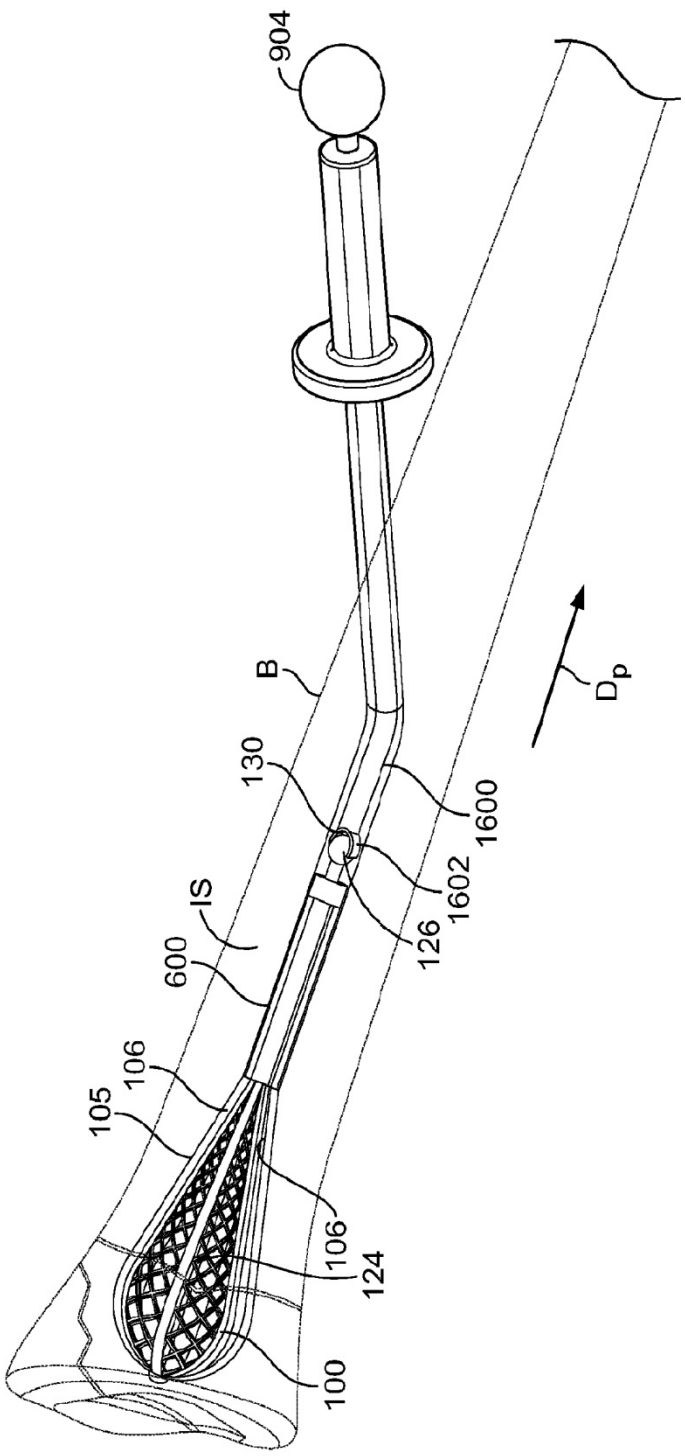

FIG. 16

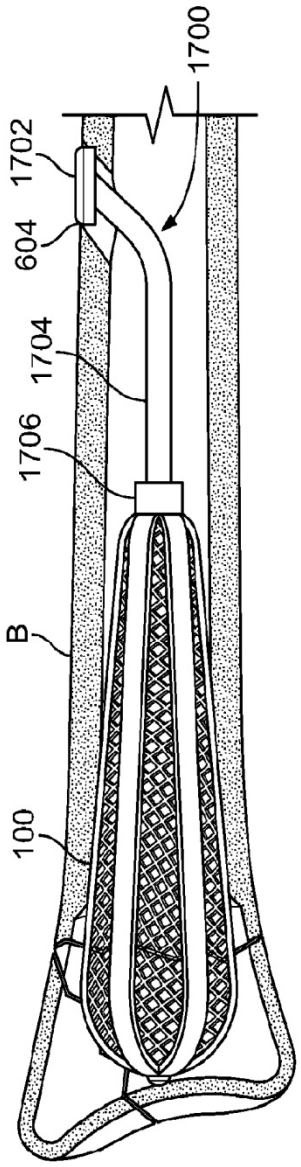
1700
1702
604
1704
1706
B
100

FIG. 17

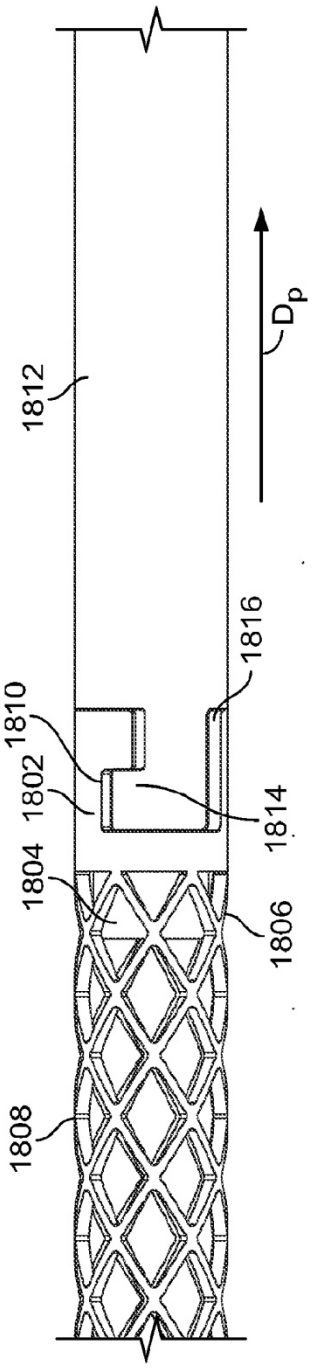
1812
D_p
1816
1810
1802
1814
1804
1806
1808

FIG. 18

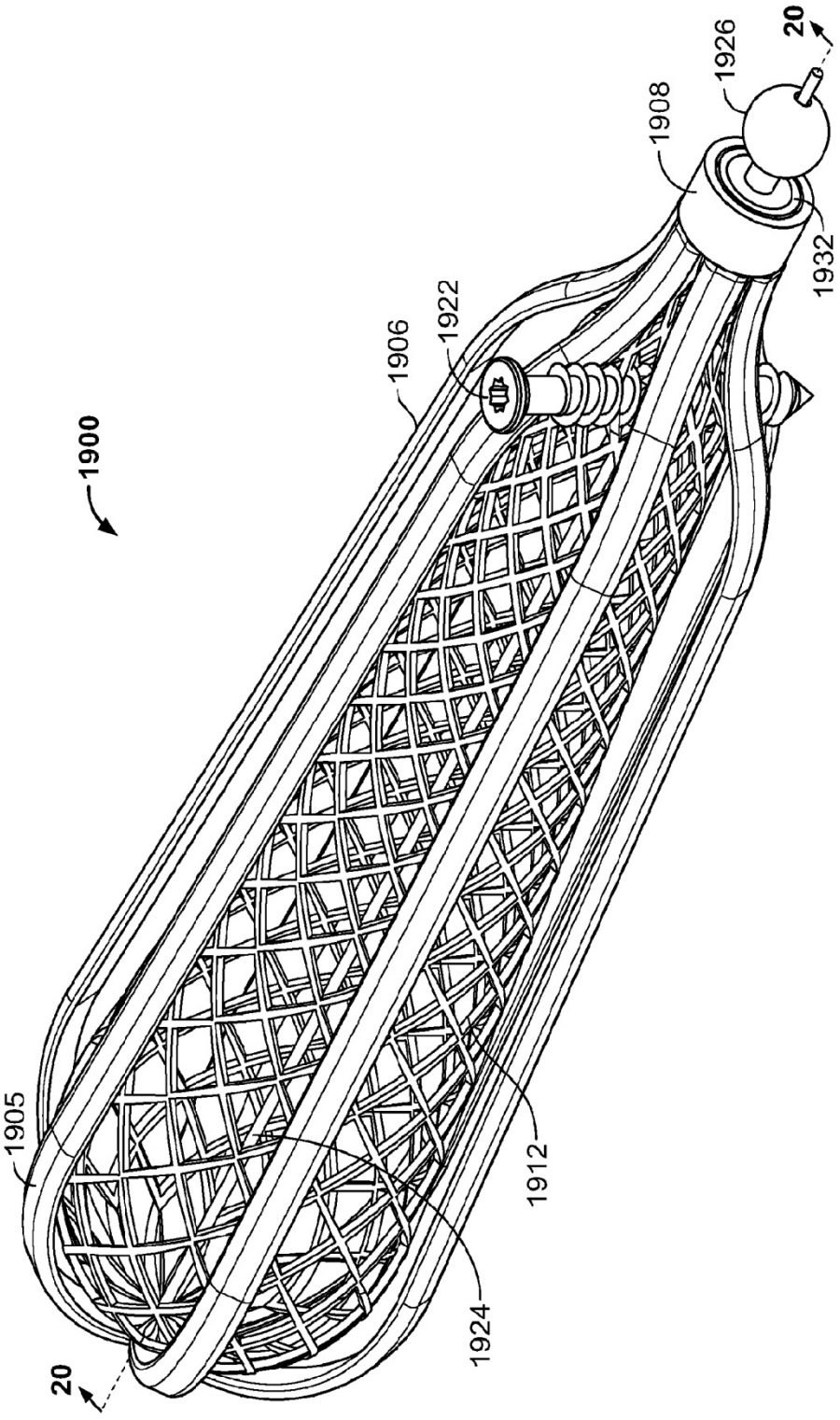

FIG. 19

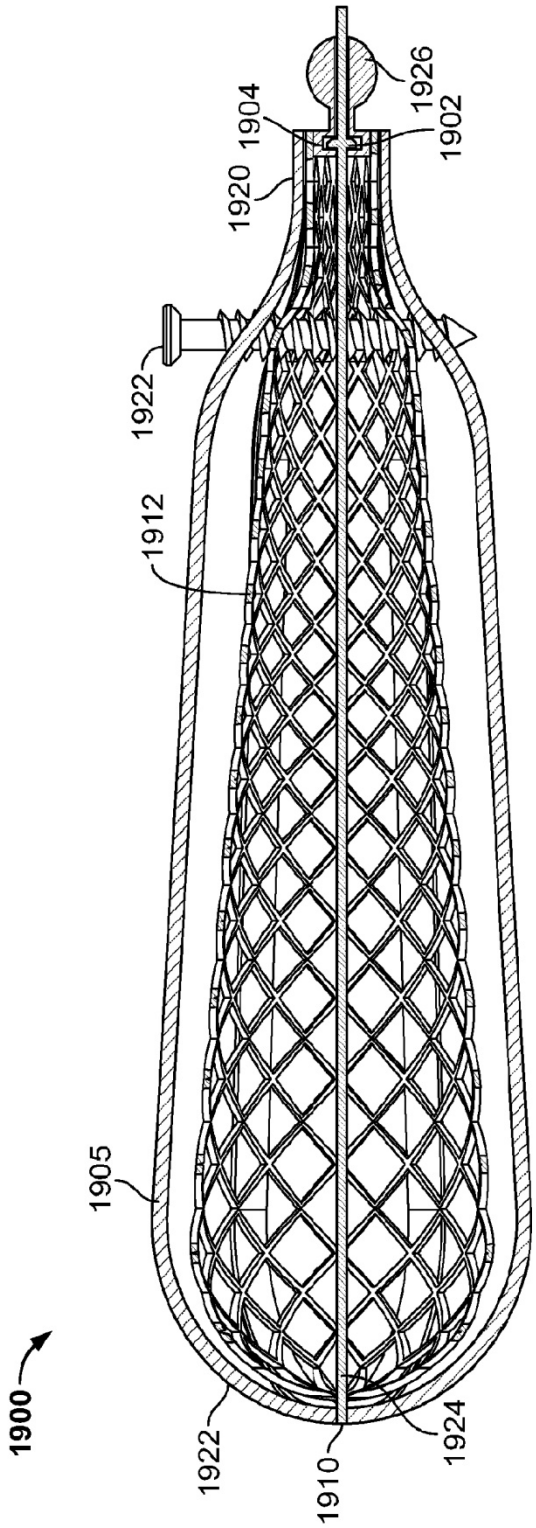

FIG. 20

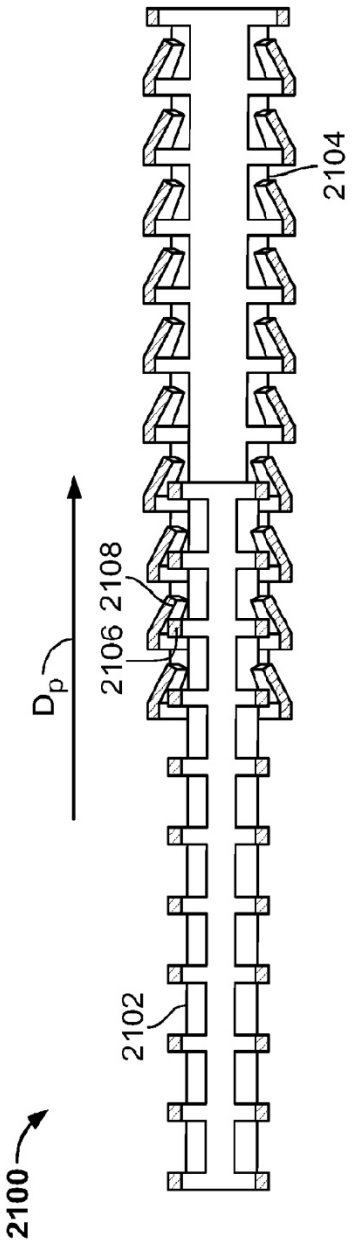

FIG. 21

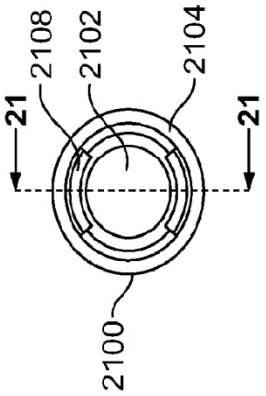

FIG. 22

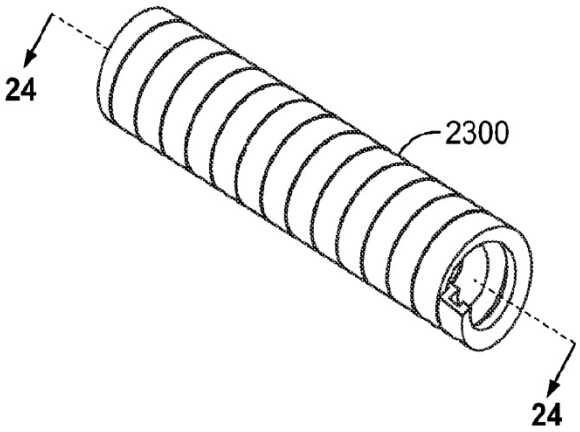

FIG. 23

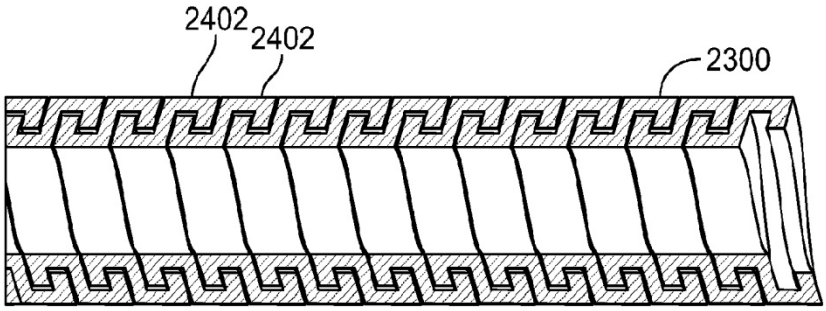

FIG. 24

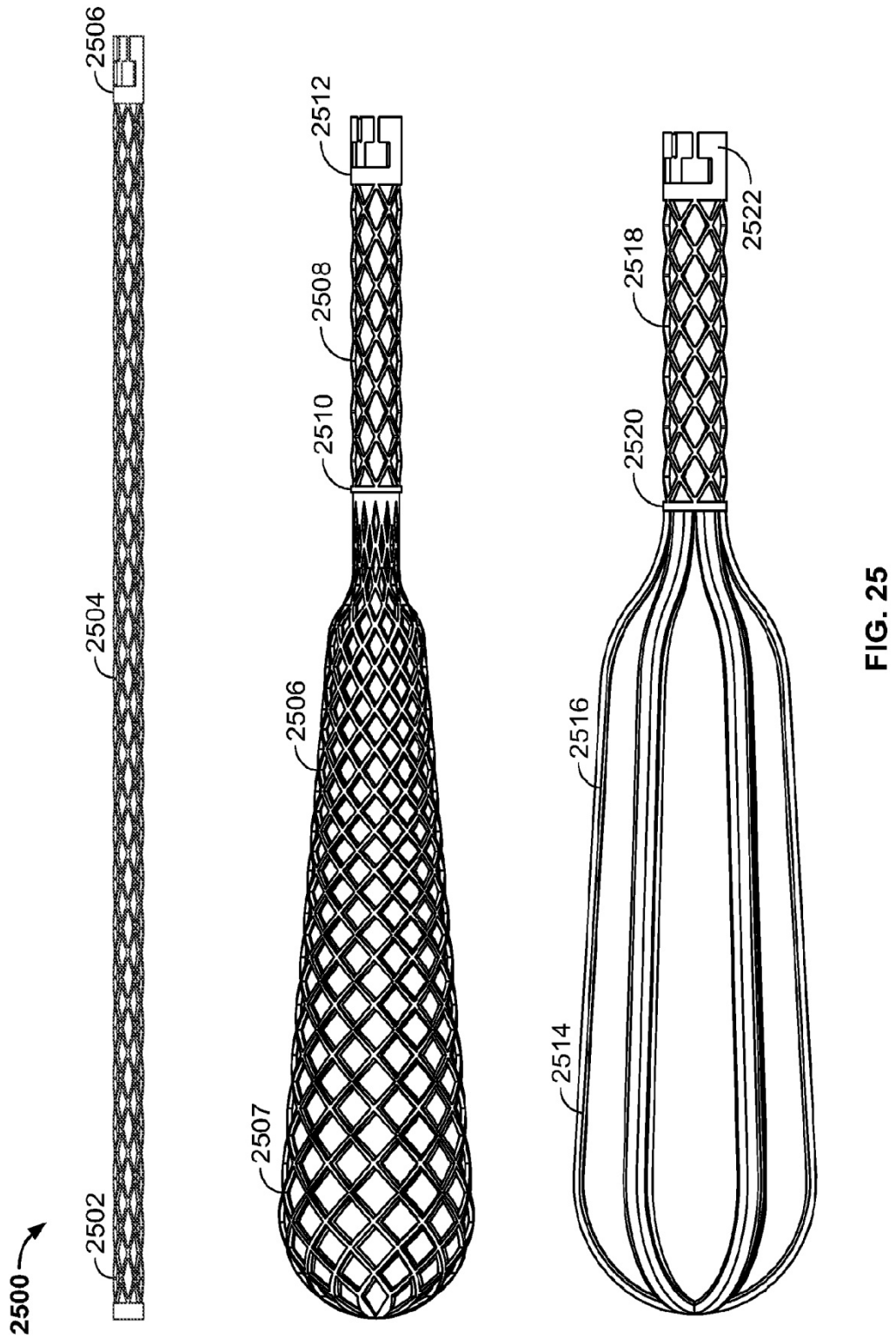
2500
2502
2504
2506
2507
2508
2510
2512
2514
2516
2518
2520
2522

FIG. 25

FIG. 26

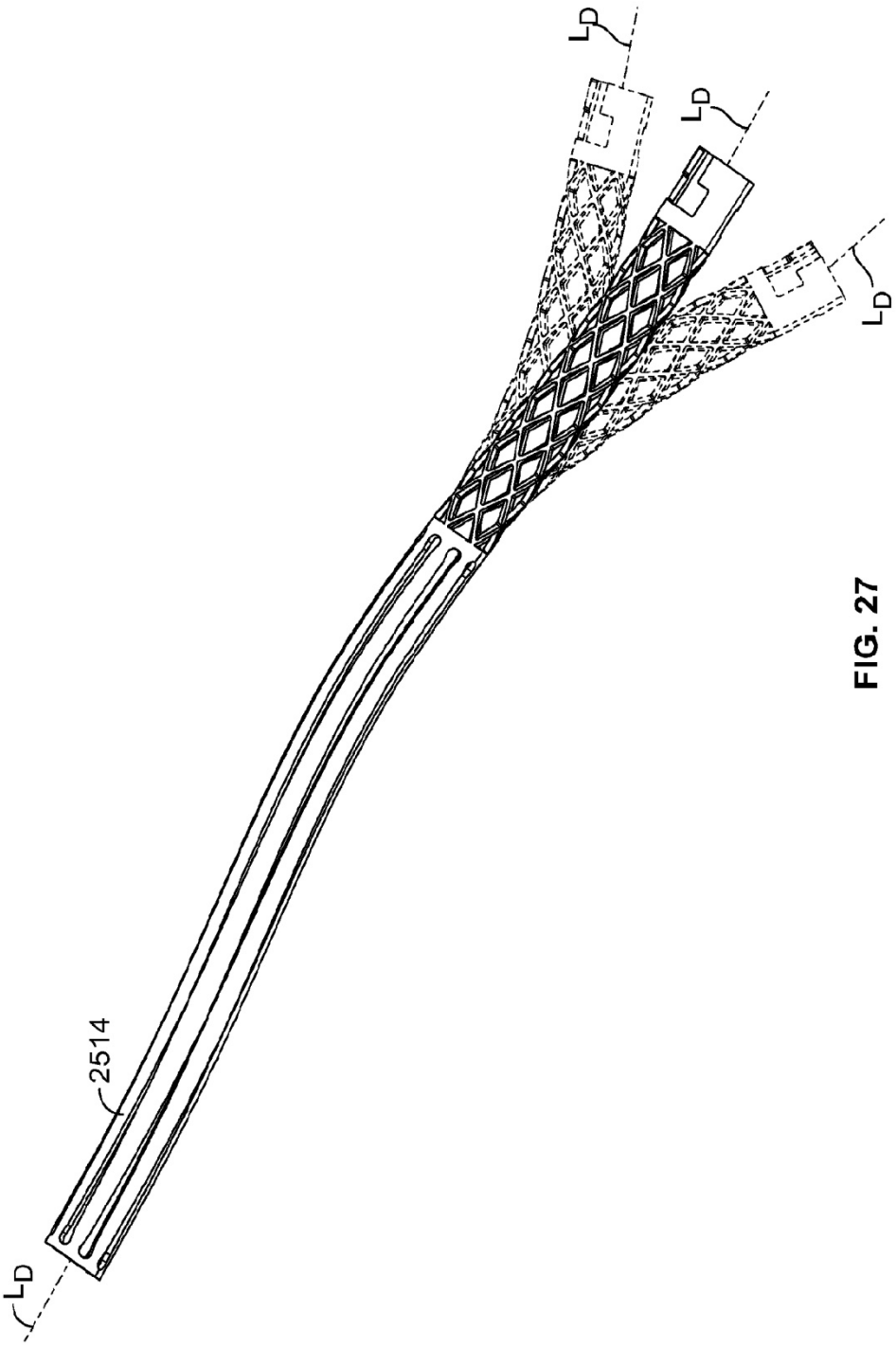

FIG. 27

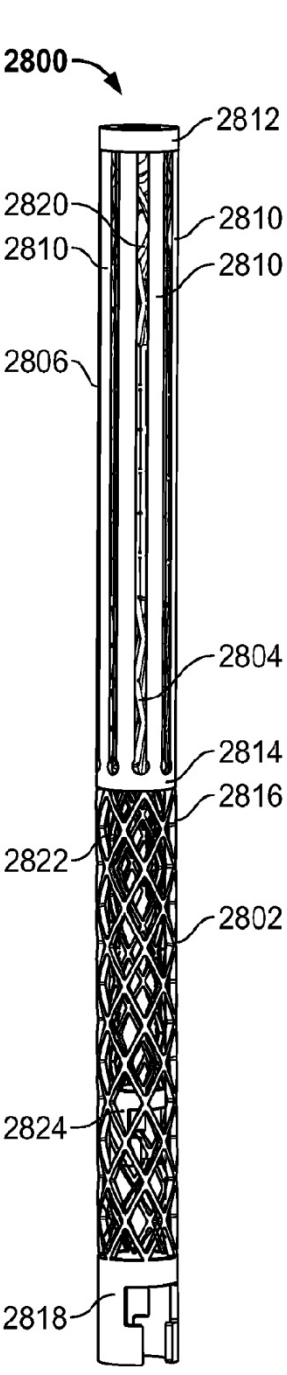

FIG. 28A

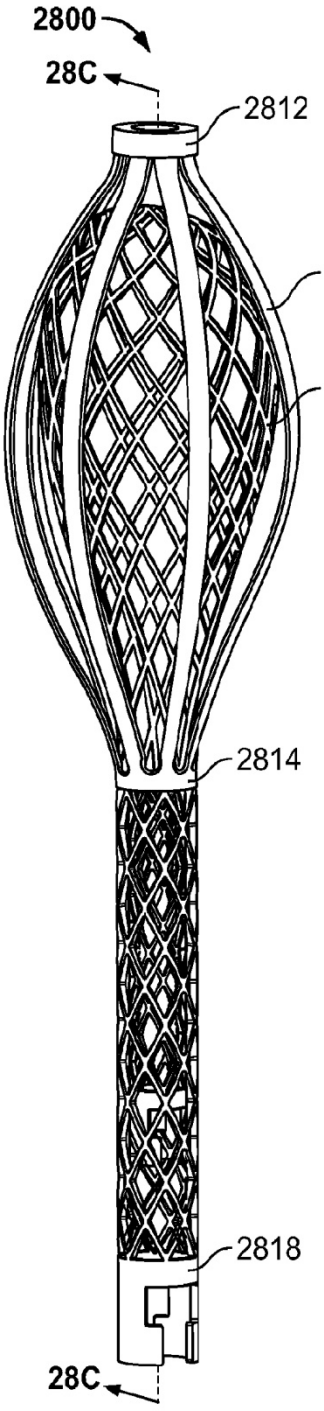

FIG. 28B

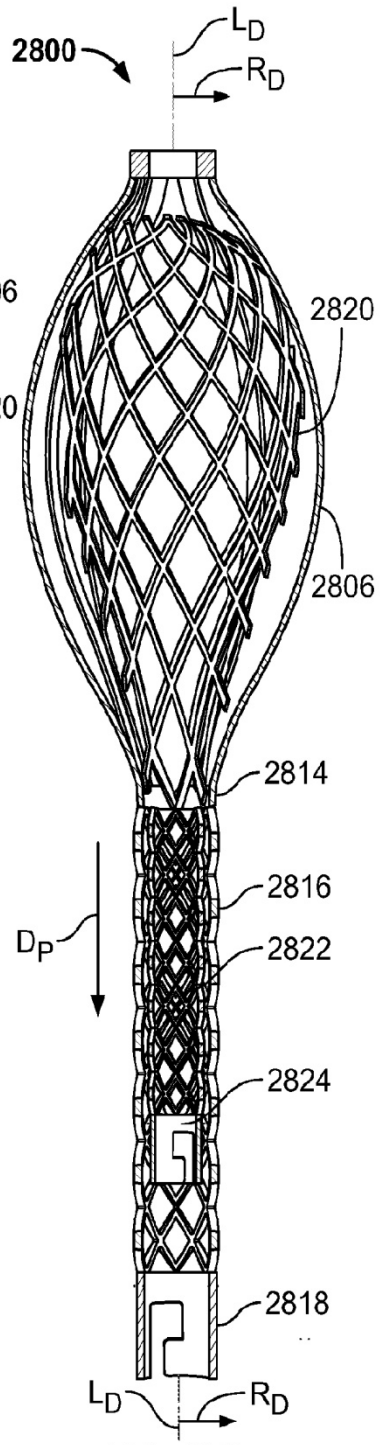

FIG. 28C

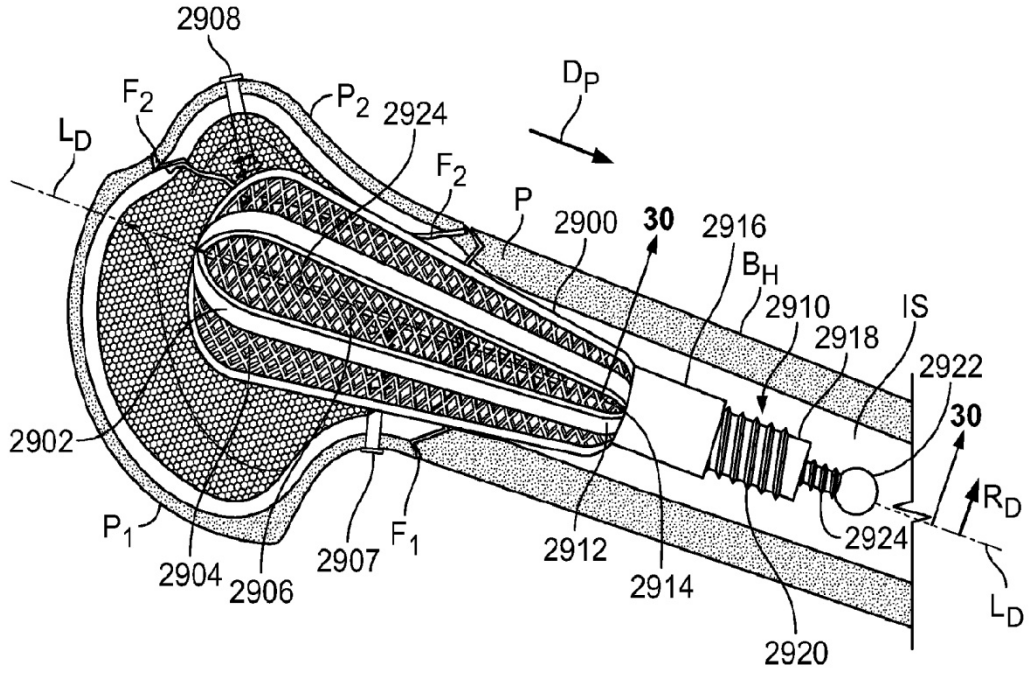
2908
F2
P2
2924
DP
LD
F2
P
2900
30
2916
BH
2910
IS
2918
2922
30
2902
RD
P1
2904
2906
2907
F1
2912
2914
2924
LD
2920

FIG. 29

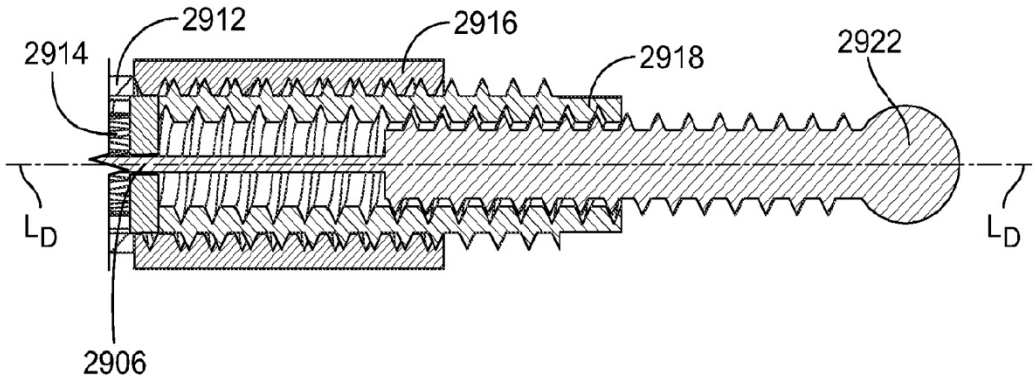
2912
2916
2914
2918
2922
LD
LD
2906

FIG. 30

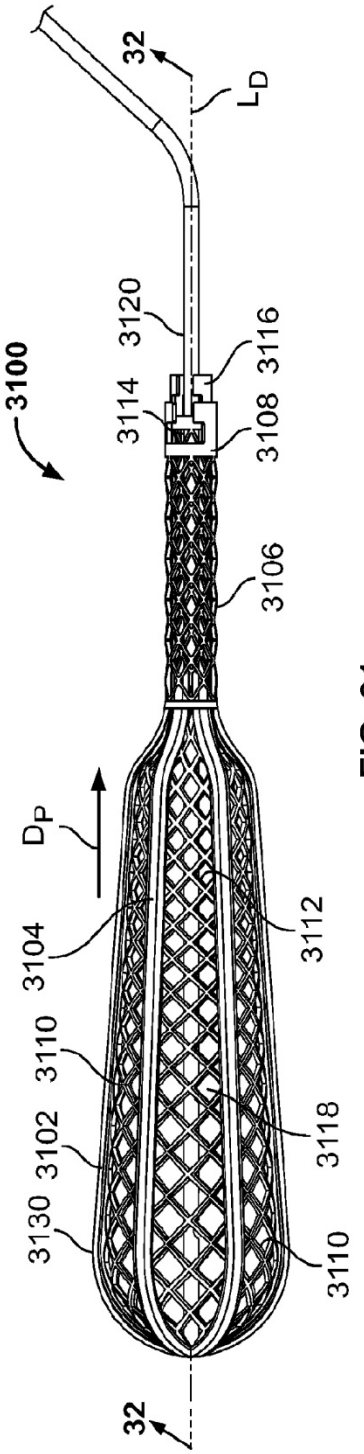
3100
32
L_D
3120
3116
3114
3108
3106
D_P
3104
3112
3110
3118
3102
3130
3110
32

FIG. 31

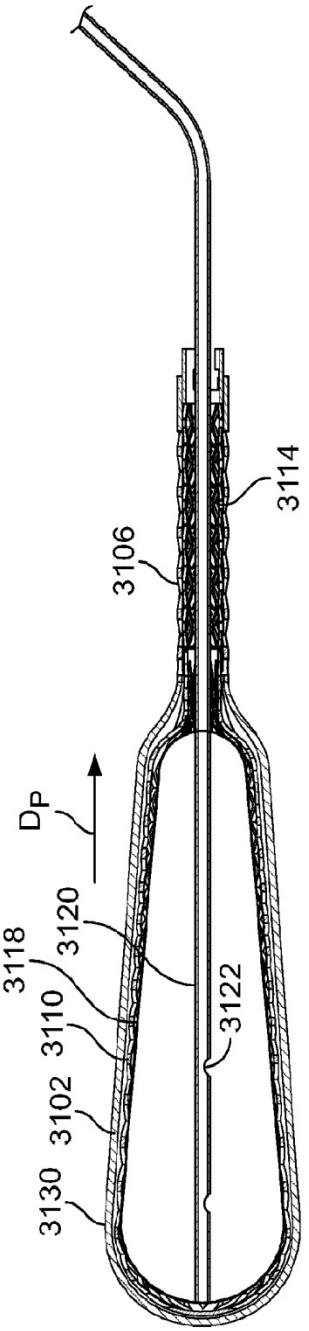
3114
3106
D_P
3118
3120
3122
3110
3102
3130

FIG. 32

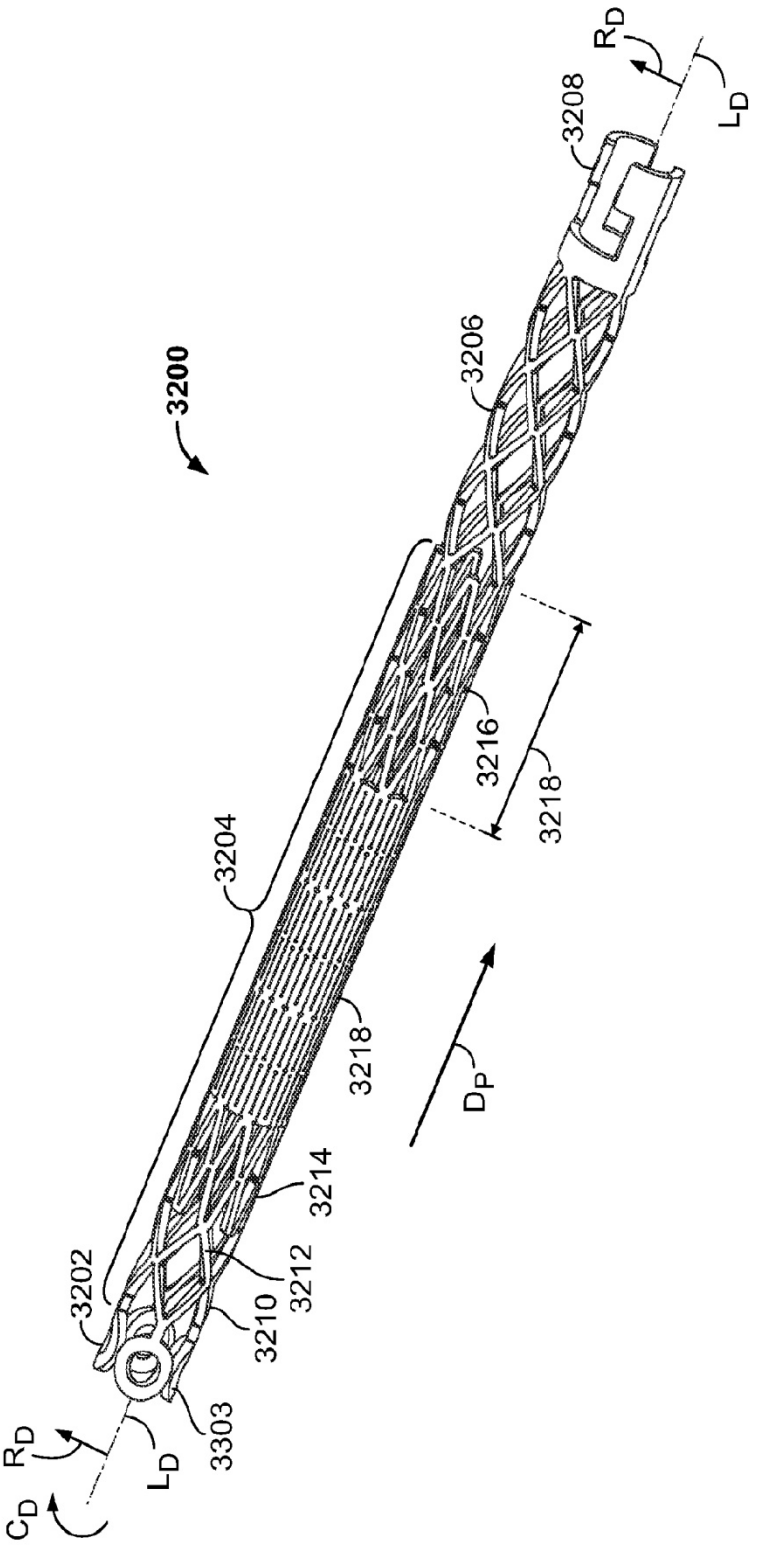
3200
3202
3204
3206
3208
3210
3212
3214
3216
3218
3218
3303
R_D
L_D
C_D
R_D
L_D
D_P

FIG. 33

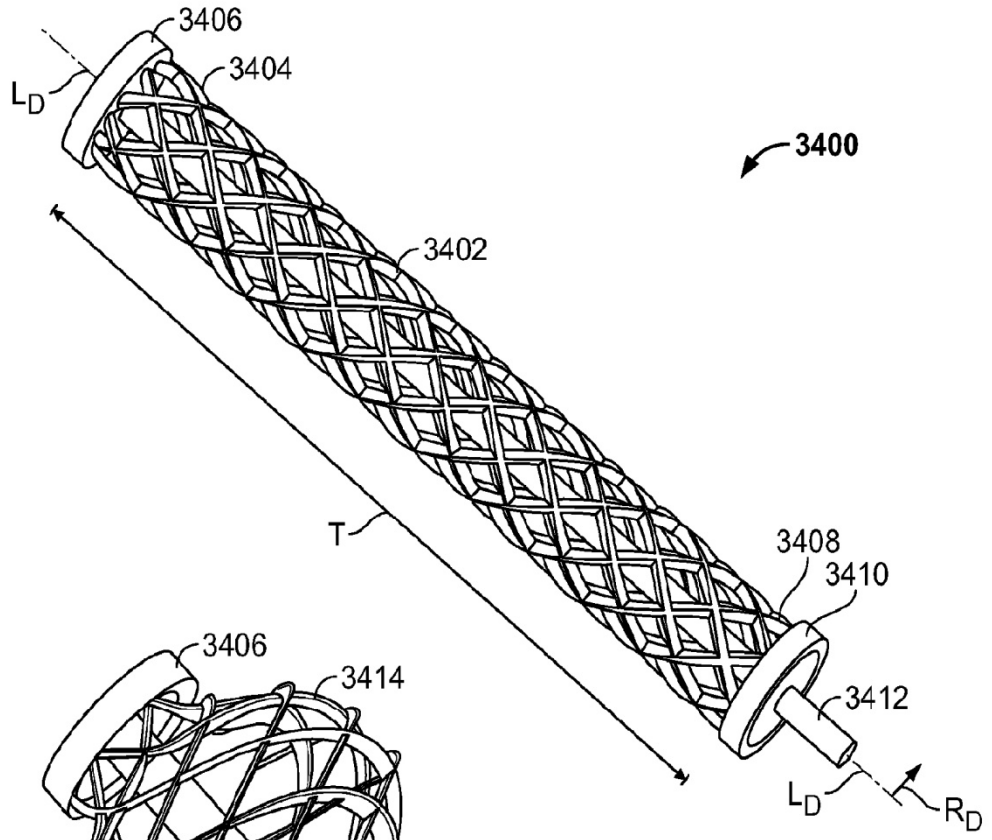
3406
3404
L_D
3400
3402
T
3408
3410
3412
L_D
R_D

FIG. 34

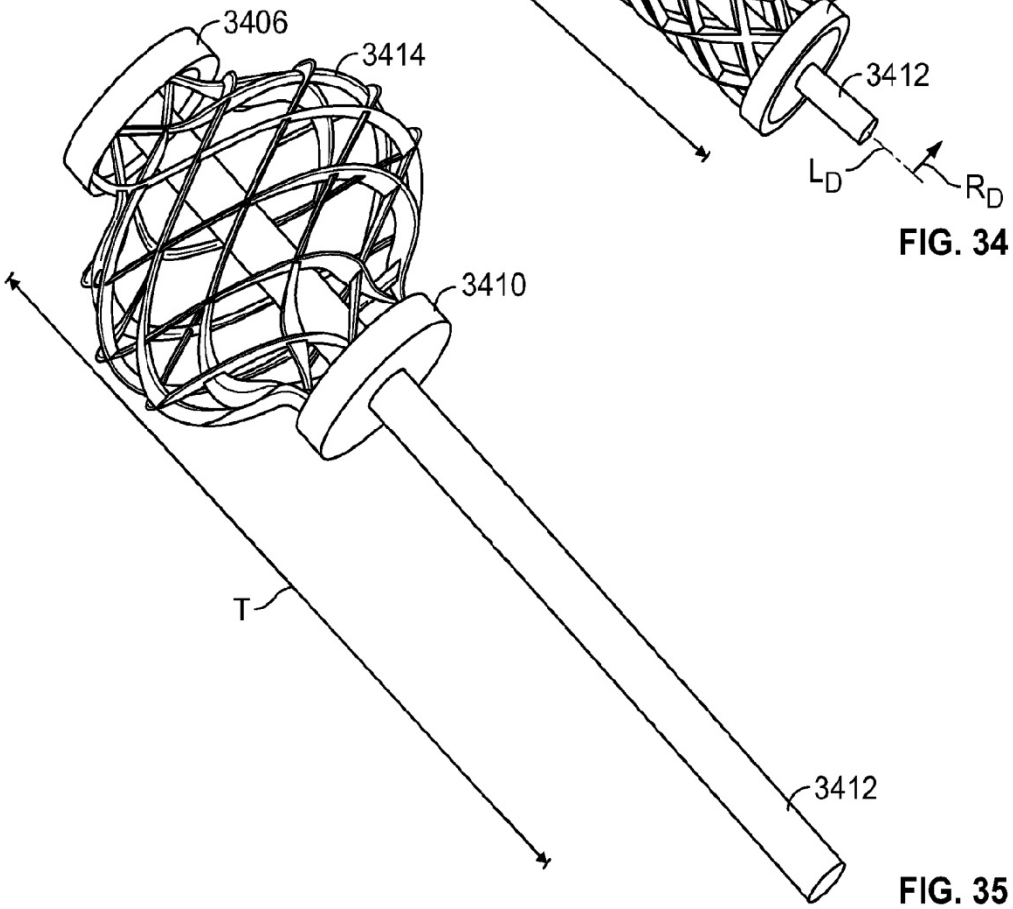
3406
3414
3410
T
3412

FIG. 35

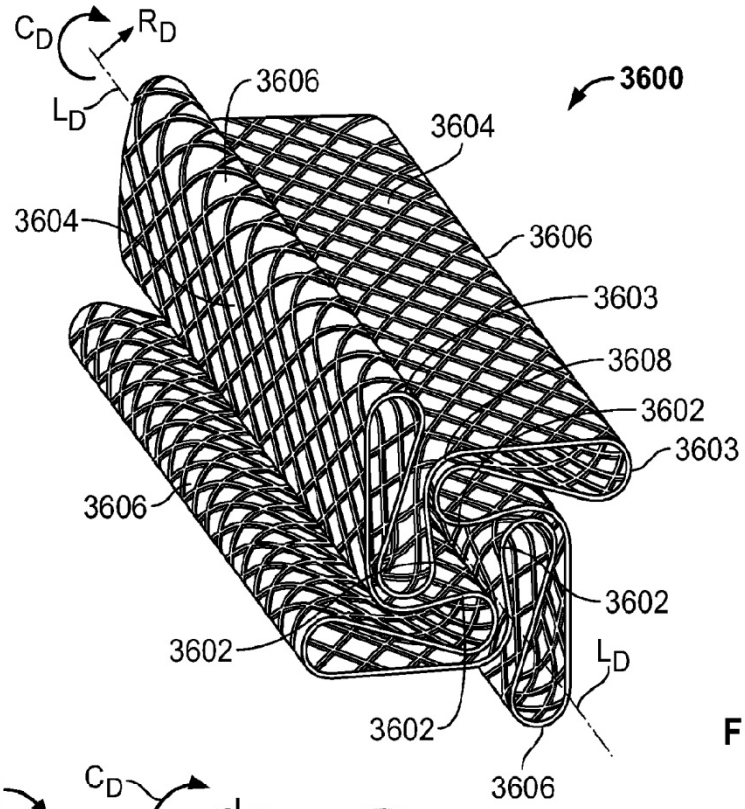
C_D
R_D
L_D
3606
3600
3604
3604
3606
3603
3608
3602
3603
3606
3602
3602
L_D
3602
3606

FIG. 36

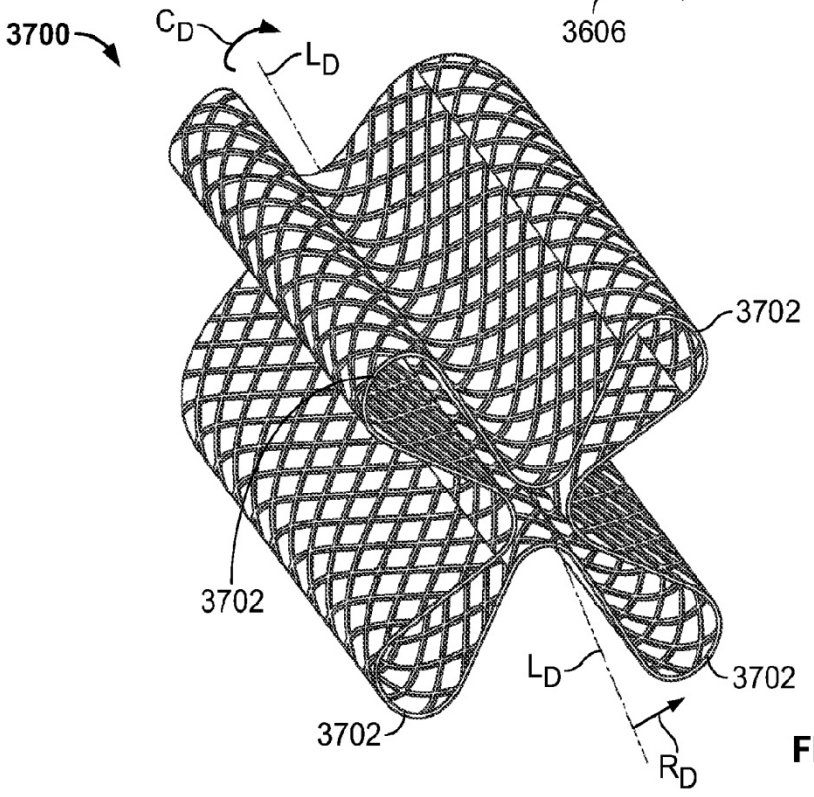
3700
C_D
L_D
3702
3702
L_D
3702
3702
R_D

FIG. 37

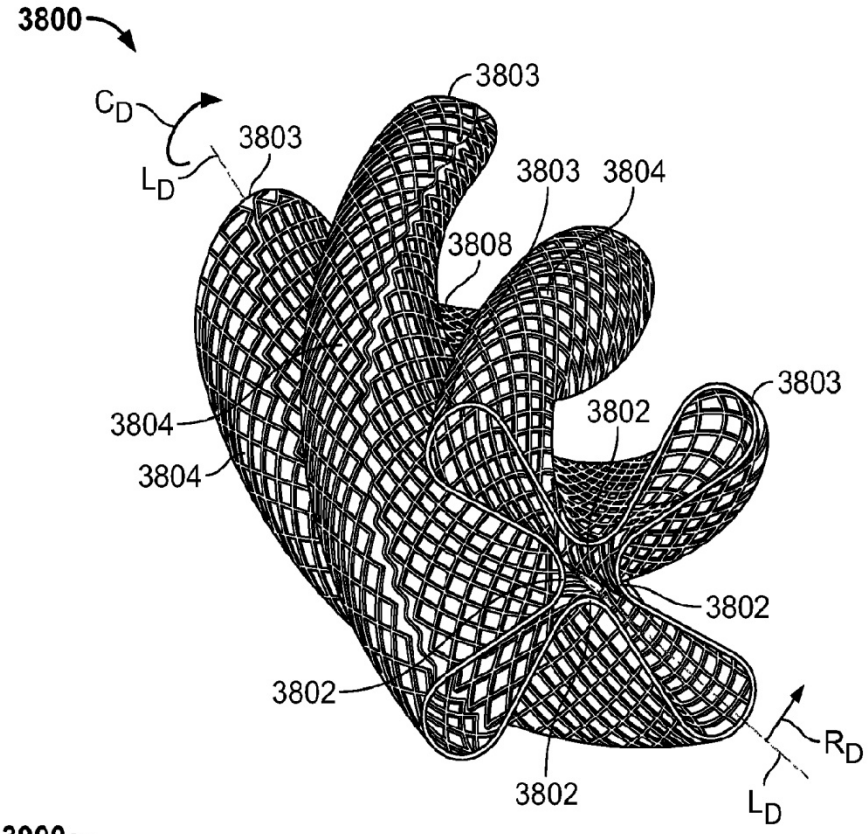
3800
C_D
L_D
3803
3803
3803
3804
3808
3803
3802
3804
3804
3802
3802
3802
R_D
L_D

FIG. 38

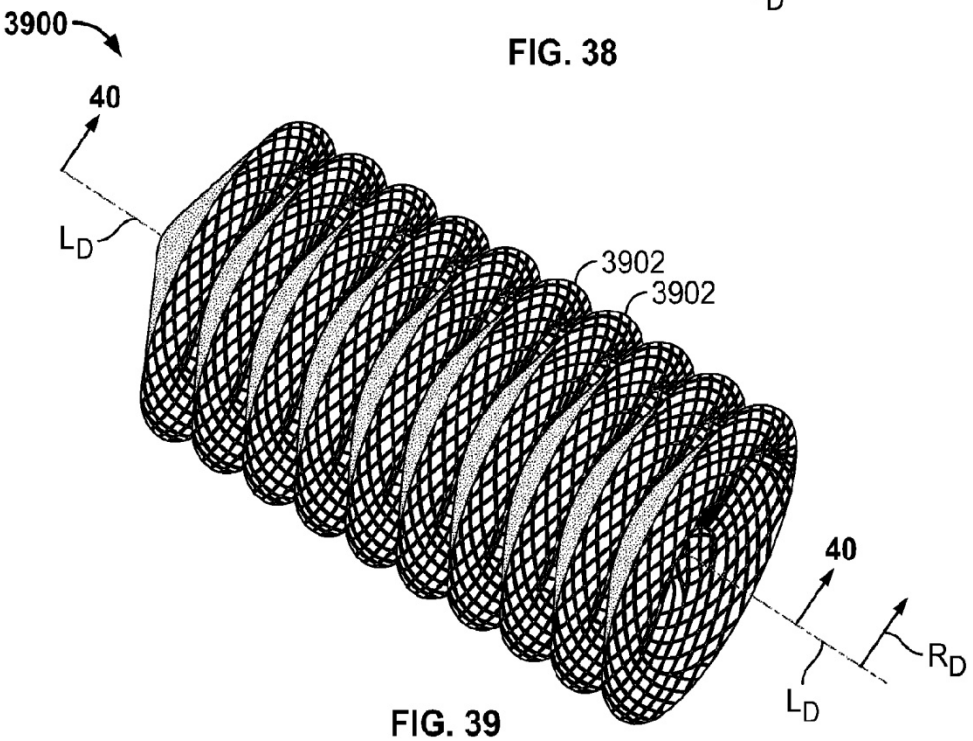
3900
40
L_D
3902
3902
40
R_D
L_D

FIG. 39

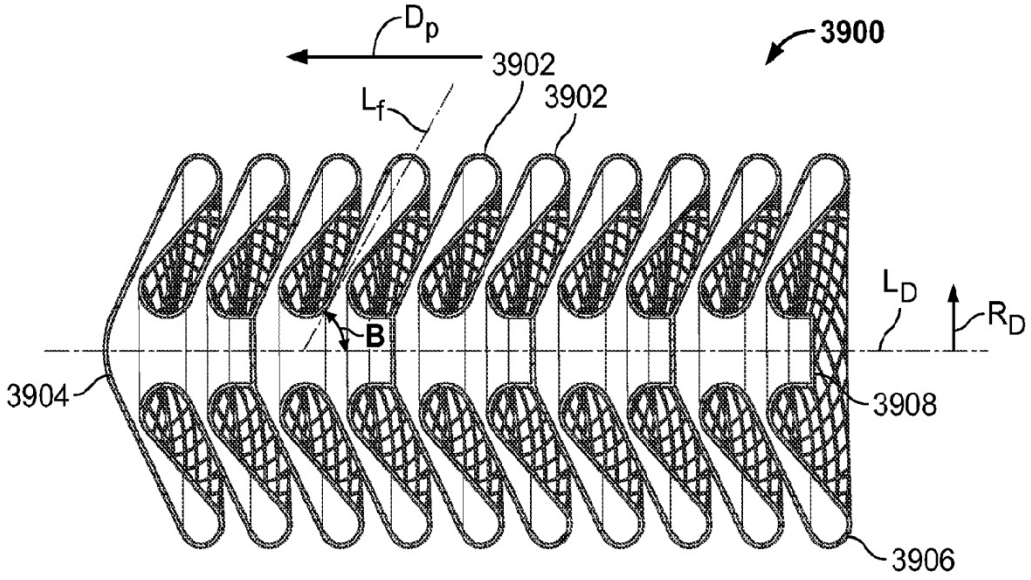
D_p
3900
3902
3902
L_f
L_D
R_D
B
3904
3908
3906

FIG. 40

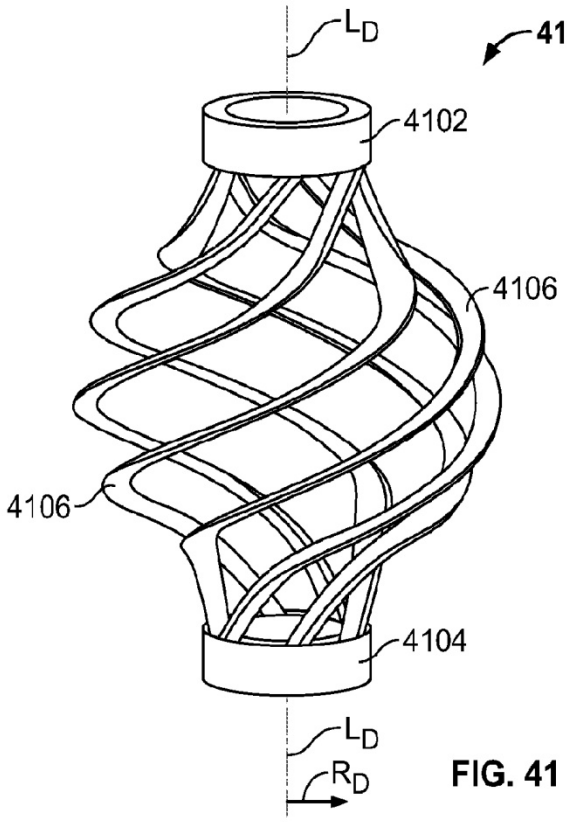
L_D
4100
4102
4106
4106
4104
L_D
R_D

FIG. 41

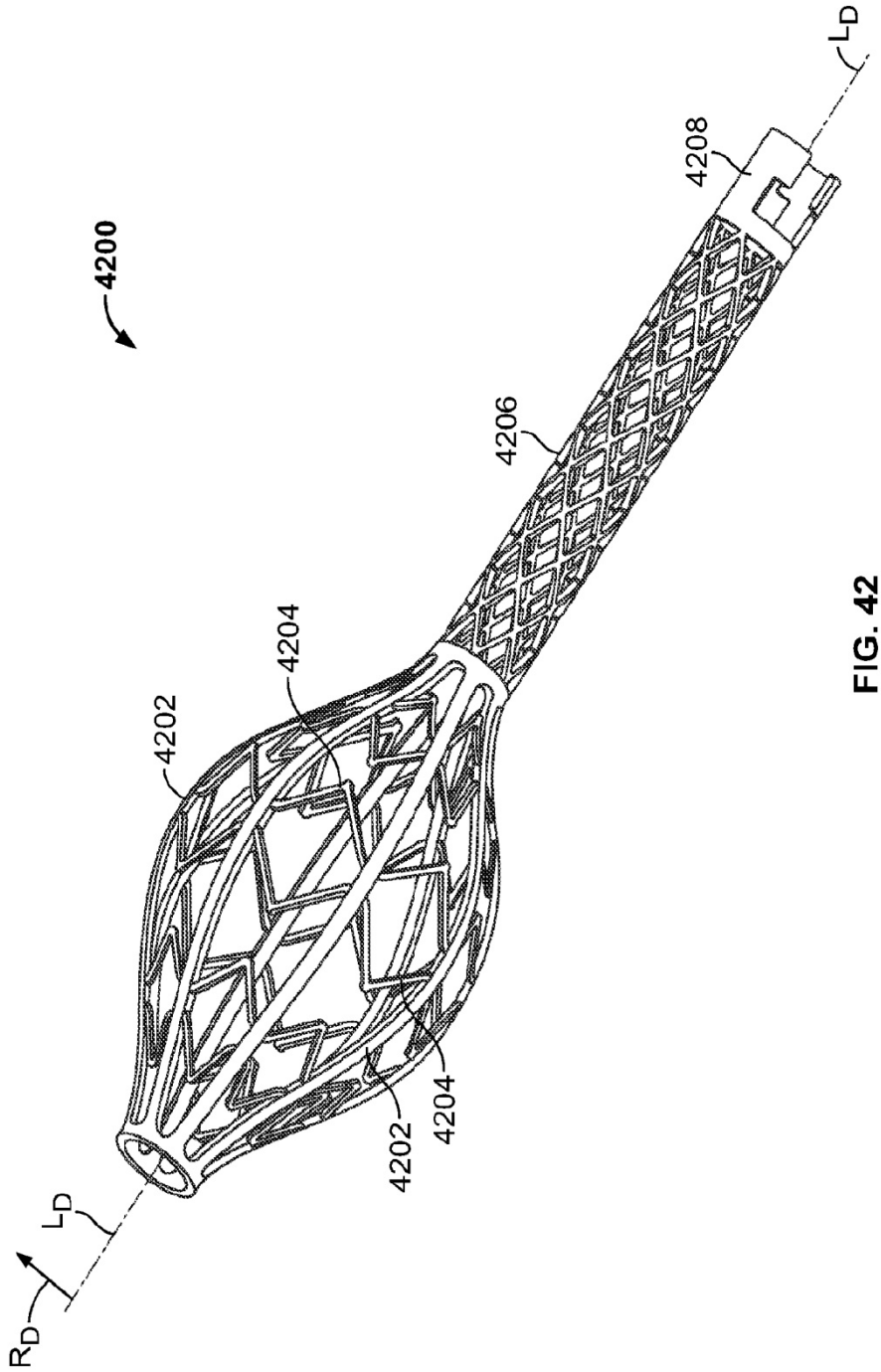

FIG. 42

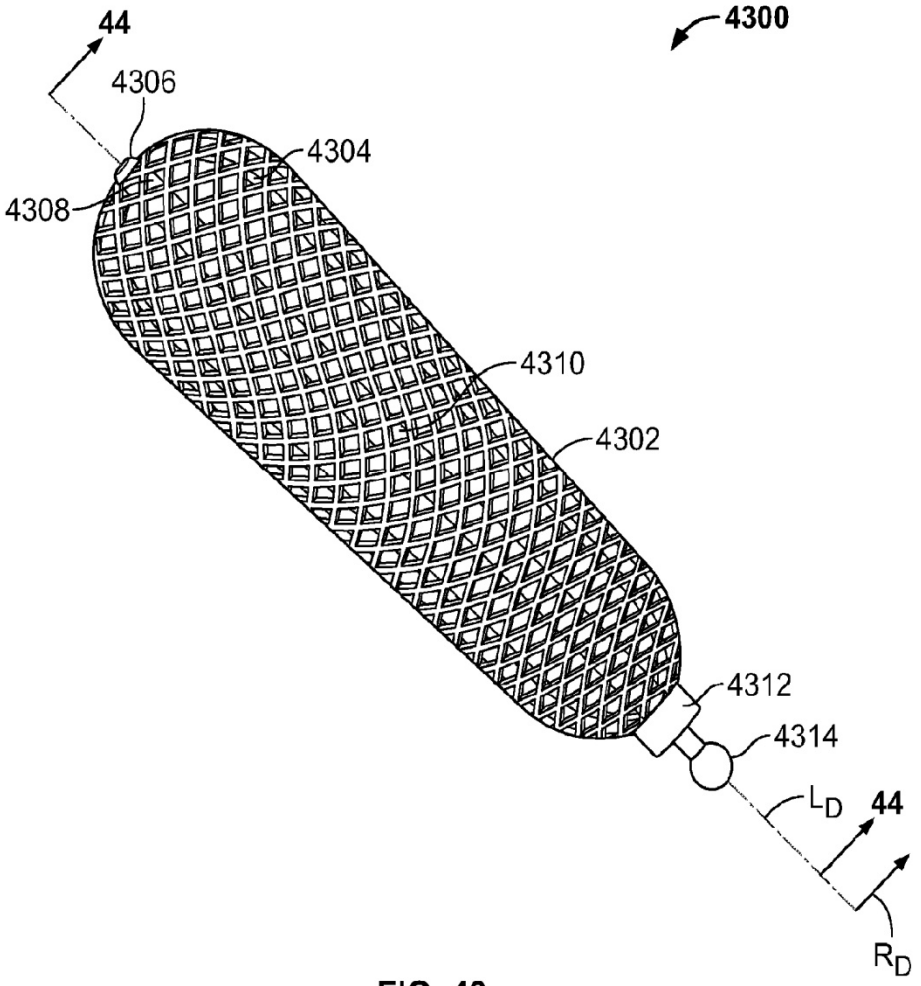

FIG. 43

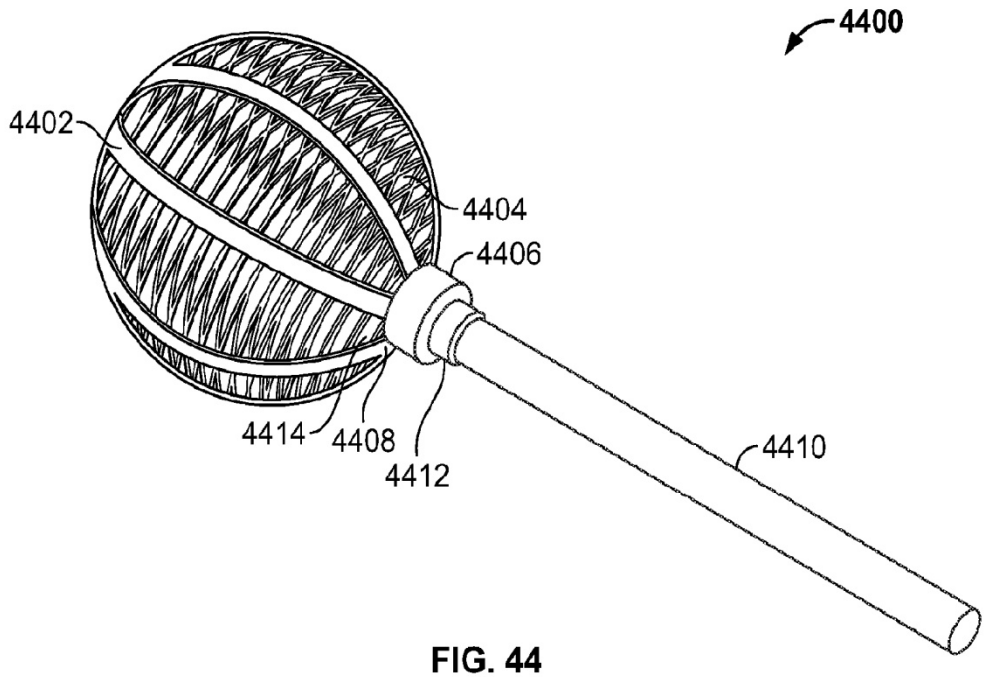
4400
4402
4404
4406
4414
4408
4412
4410

FIG. 44

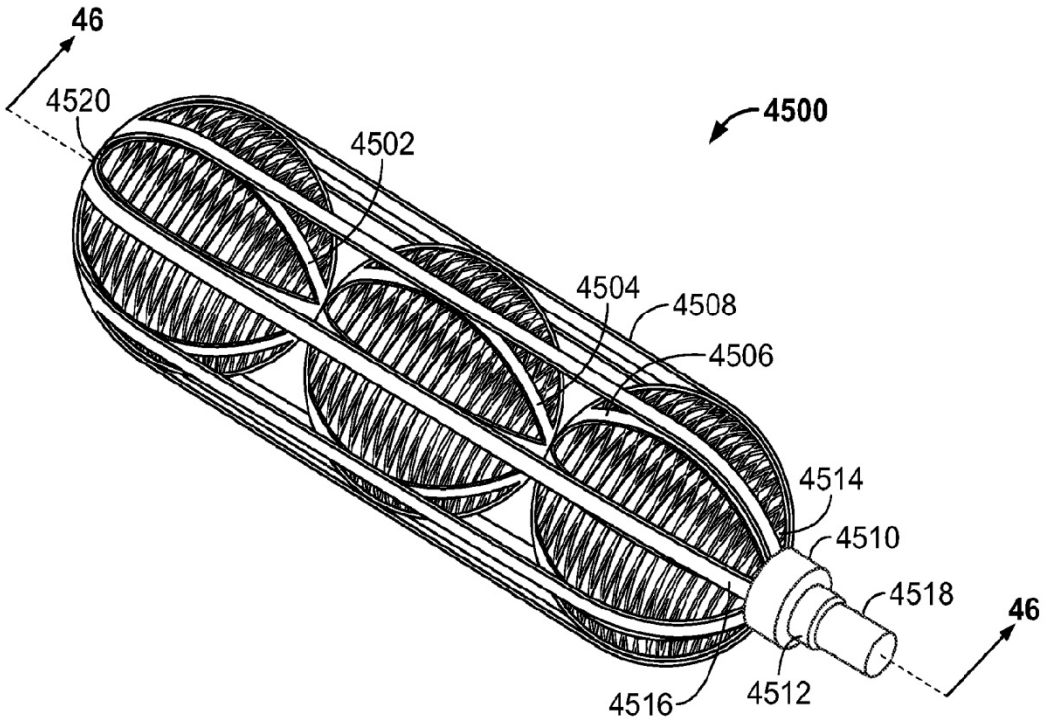
46
4520
4500
4502
4504
4508
4506
4514
4510
4518
46
4516
4512

FIG. 45

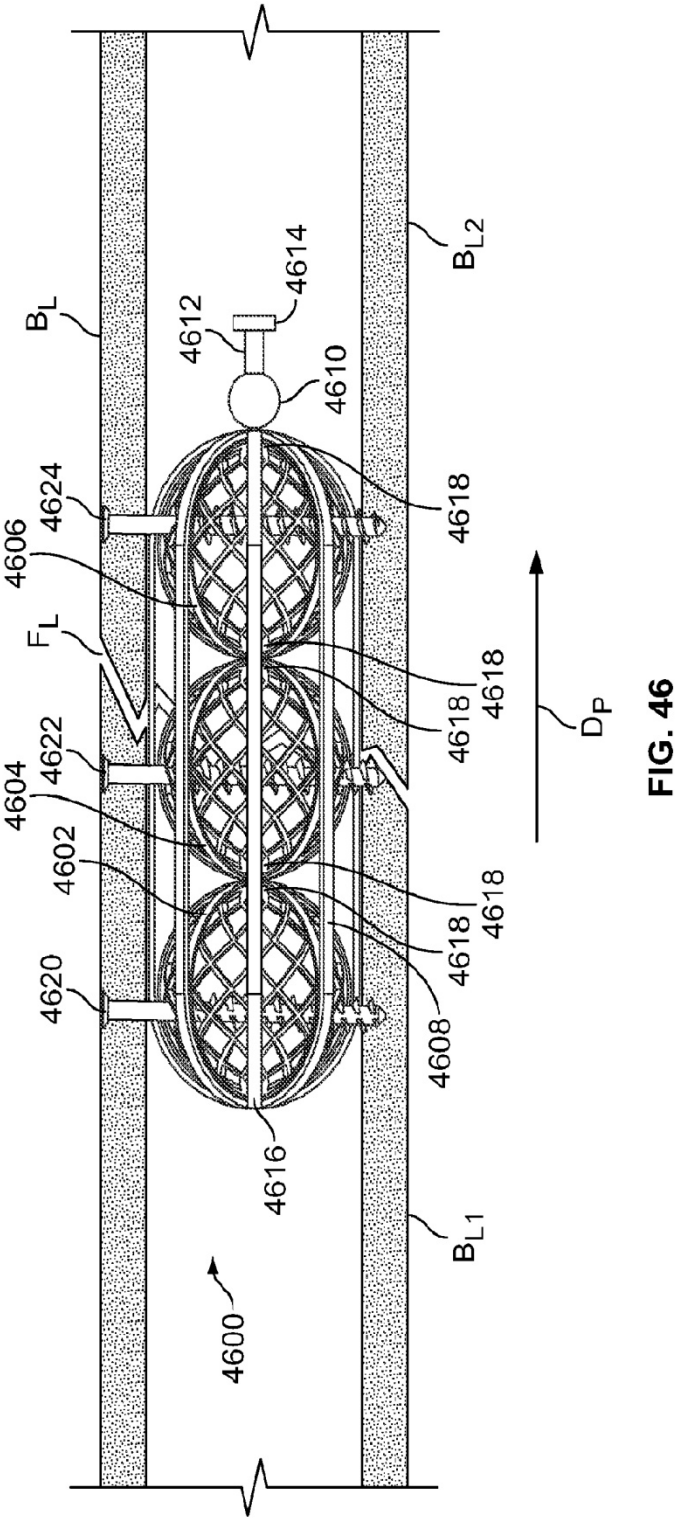
B_L
B_{L2}
B_{L1}
4614
4612
4610
4624
4606
F_L
4622
4604
4602
4620
4618
4608
4616
4600
D_P

FIG. 46

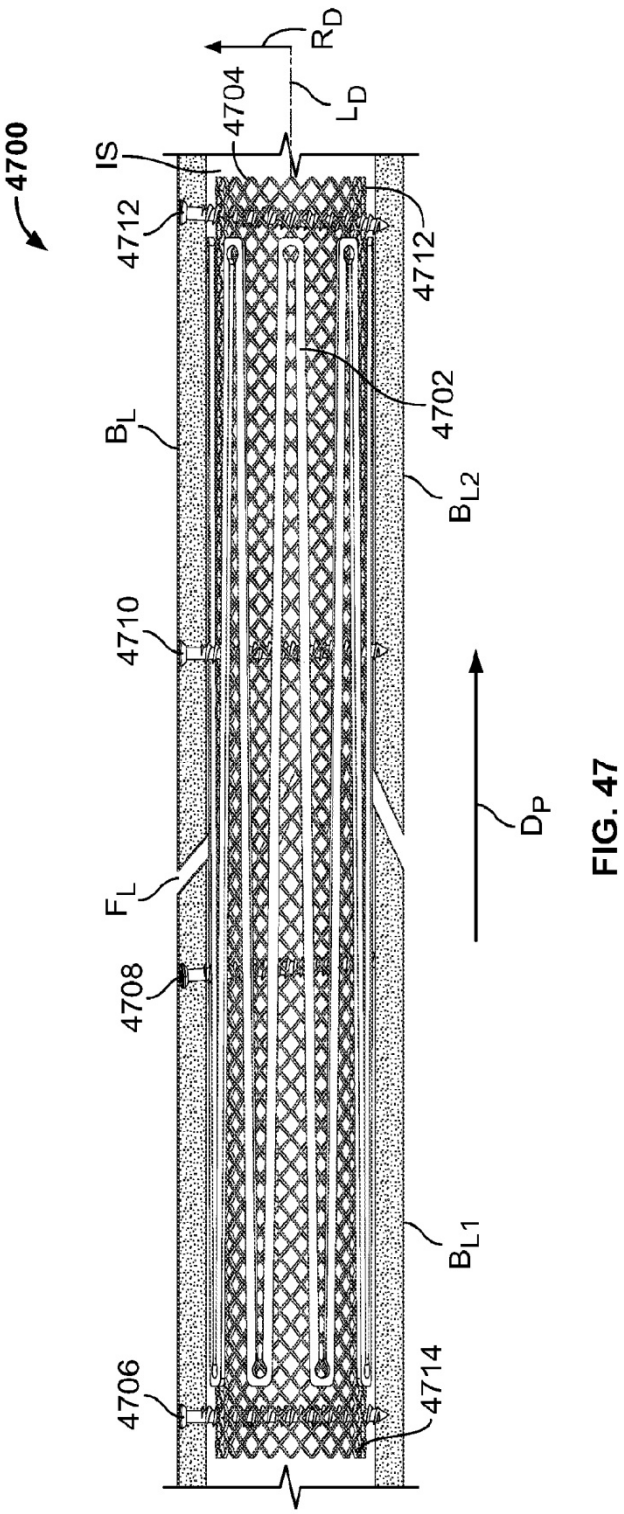
4700
IS
4704
R_D
L_D
4712
4712
4702
B_L
B_{L2}
4710
D_P
F_L
4708
B_{L1}
4706
4714

FIG. 47

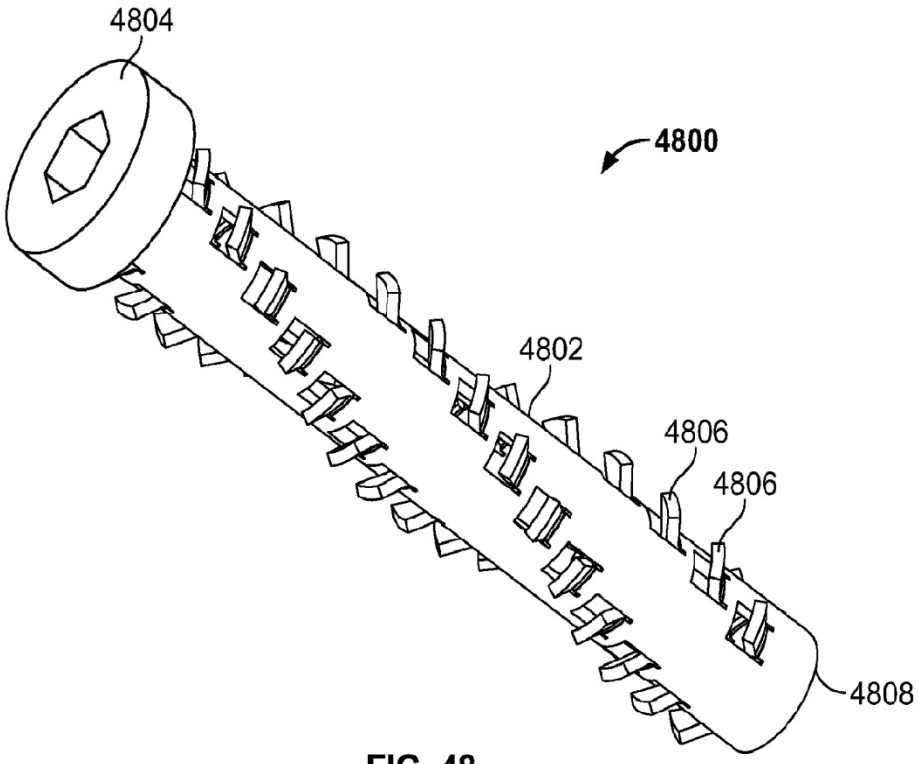
4804
4800
4802
4806
4806
4808

FIG. 48

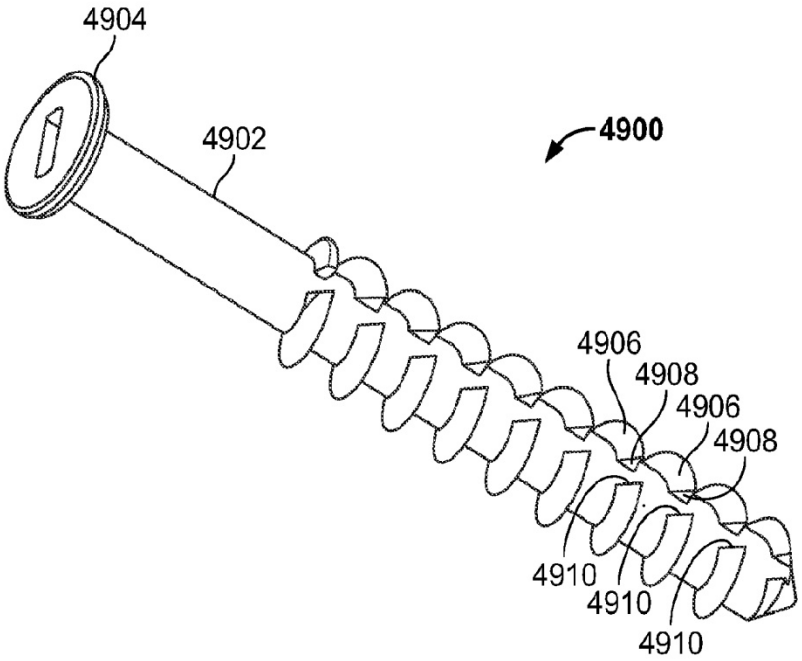
4904
4902
4900
4906
4908
4906
4908
4910
4910
4910

FIG. 49

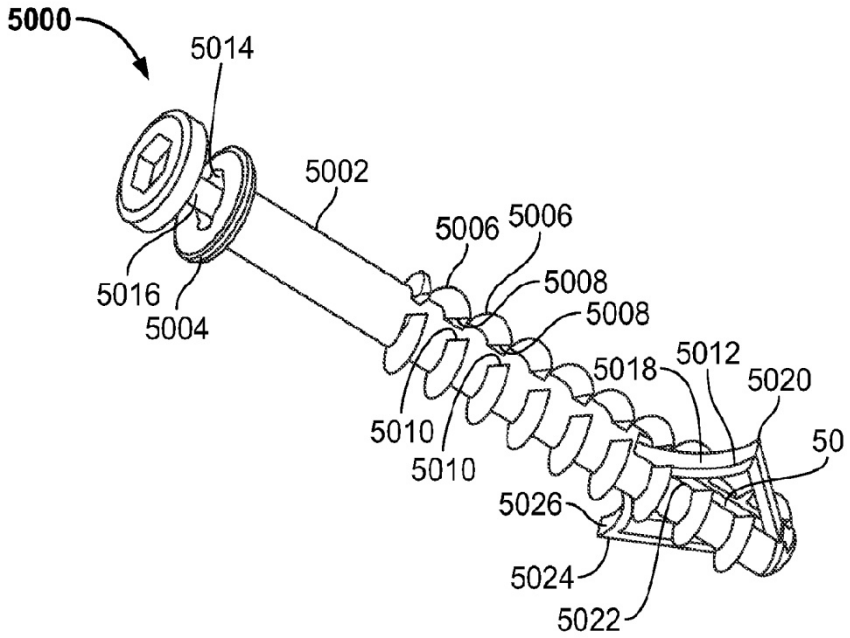
5000
5014
5002
5006
5006
5008
5008
5016
5004
5018
5012
5020
5010
5010
50
5026
5024
5022

FIG. 50

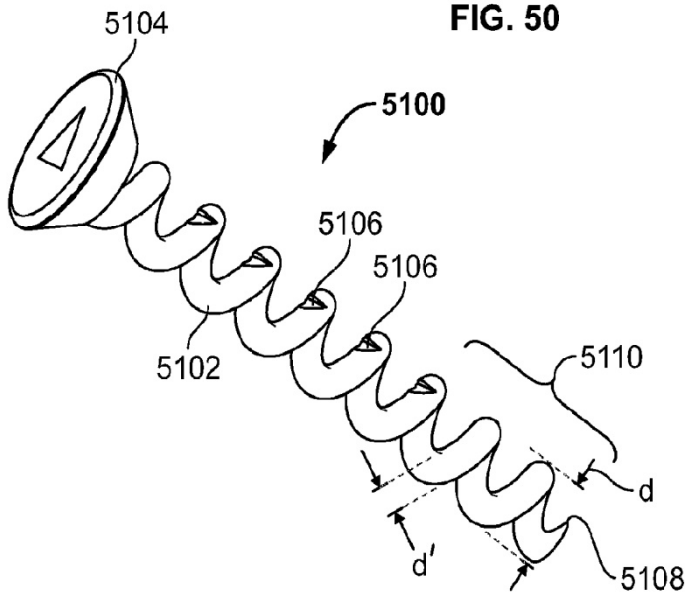
5104
5100
5106
5106
5102
5110
d
d'
5108

FIG. 51

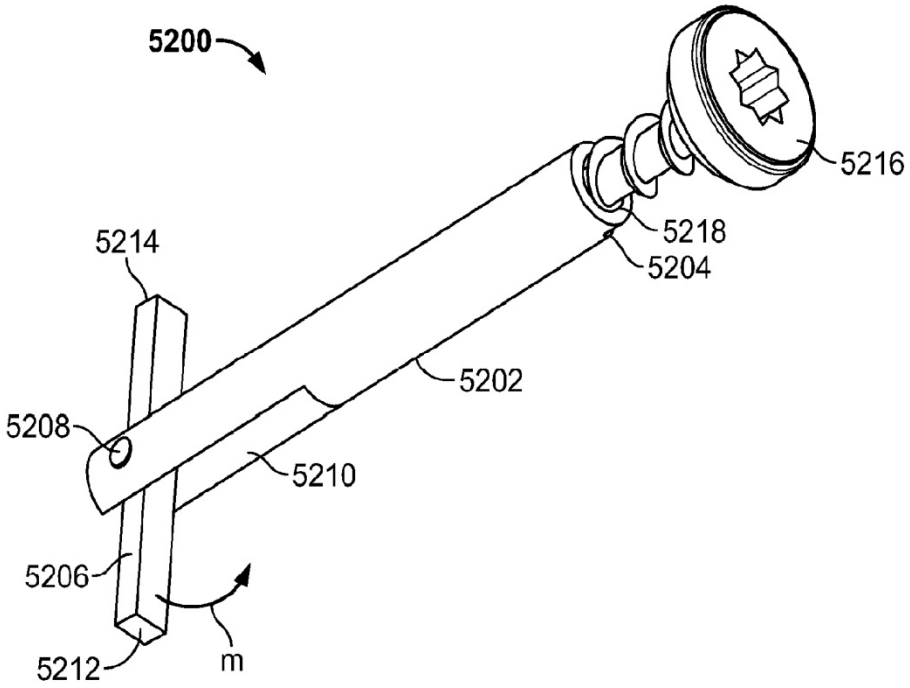

FIG. 52

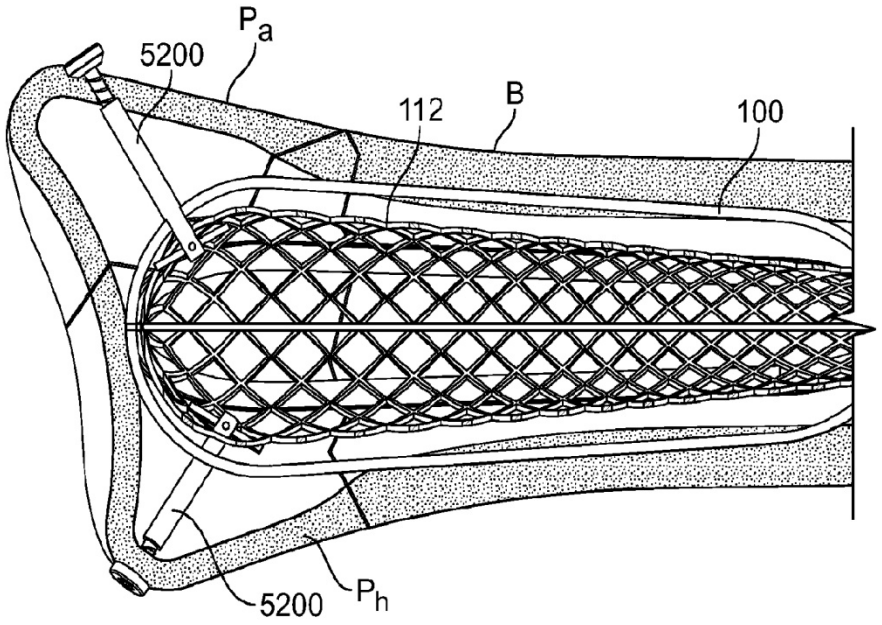

FIG. 53

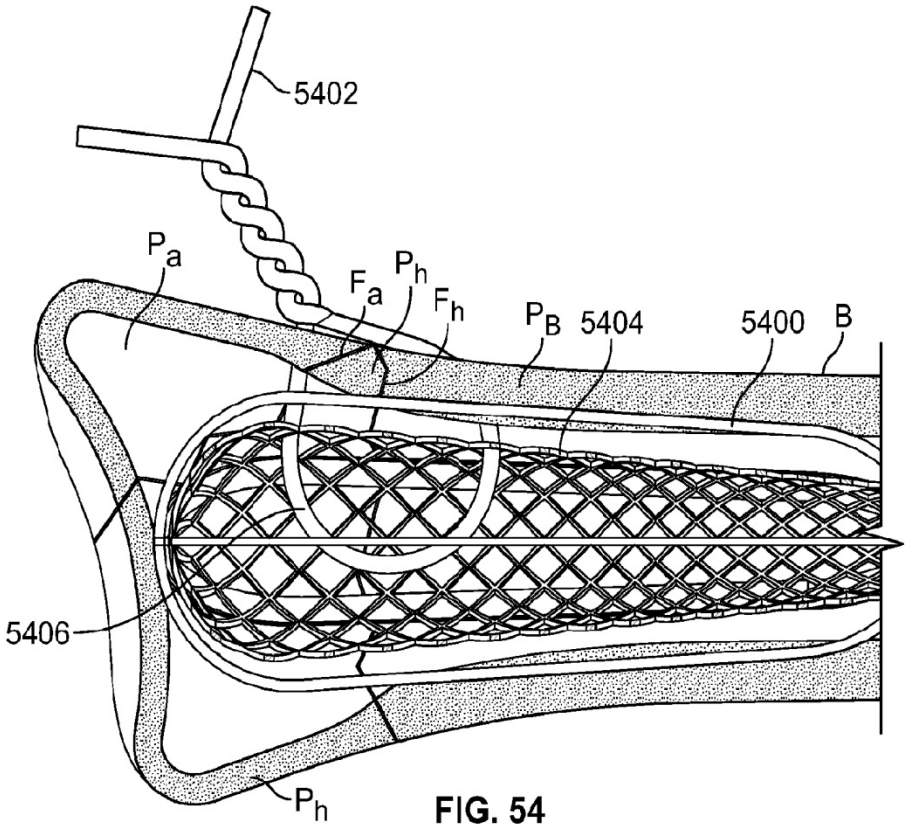

FIG. 54

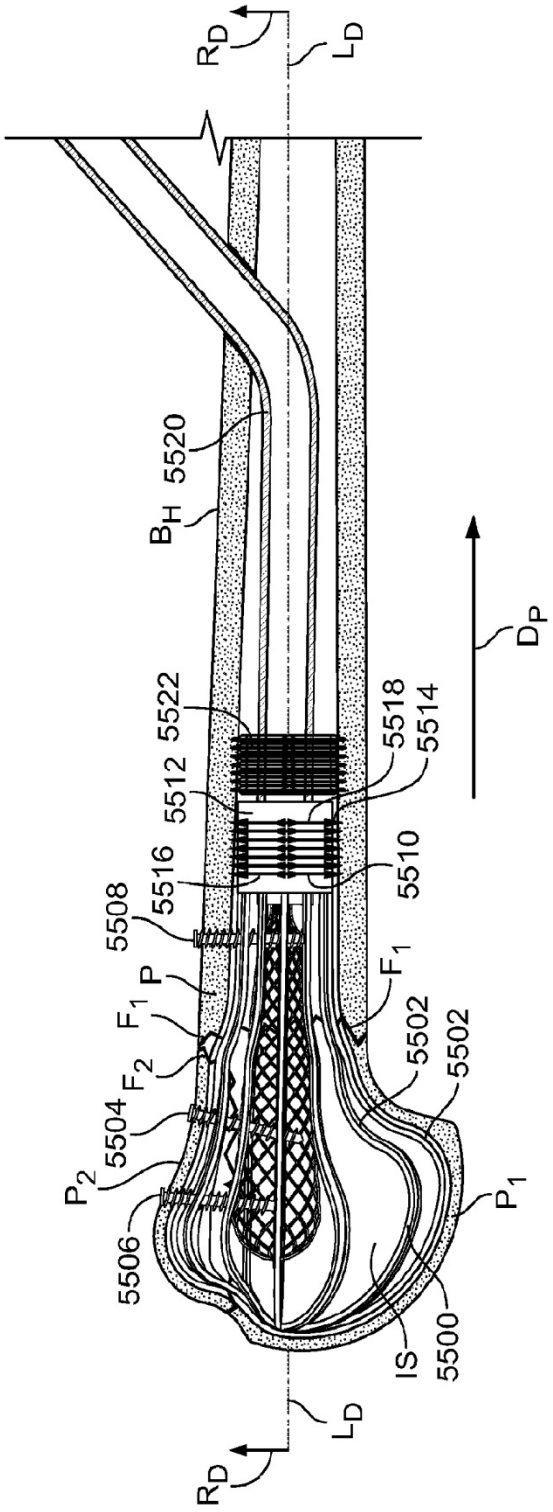
R_D
L_D
B_H 5520
D_P
5522
5518
5514
5512
5516
5510
5508
P
F_1
F_2
5504
P_2
5506
5502
5502
F_1
P_1
IS
5500
L_D
R_D

FIG. 55

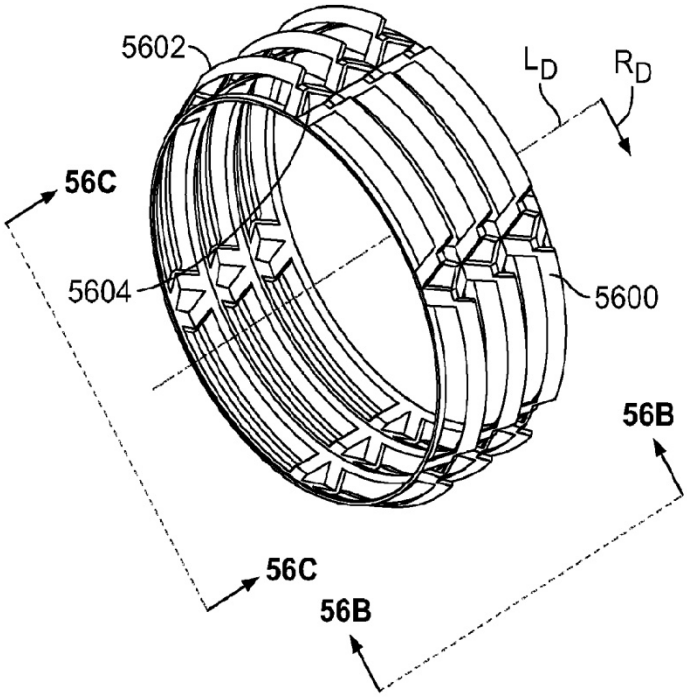

FIG. 56A

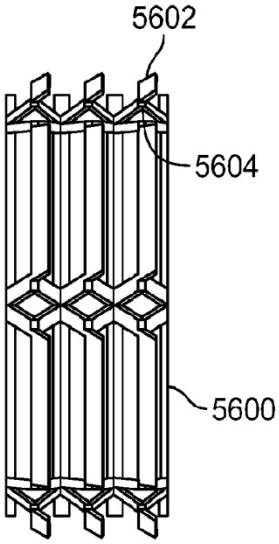

FIG. 56B

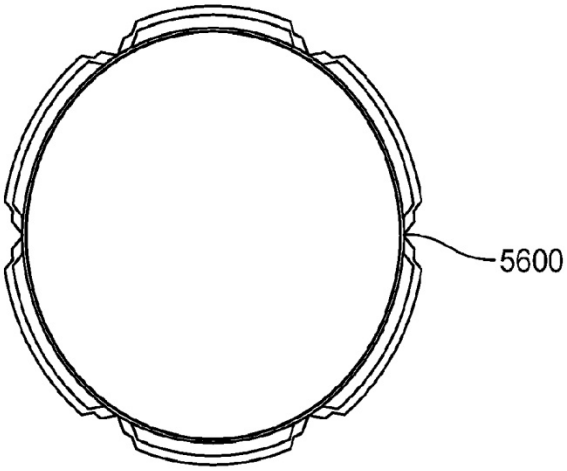

FIG. 56C

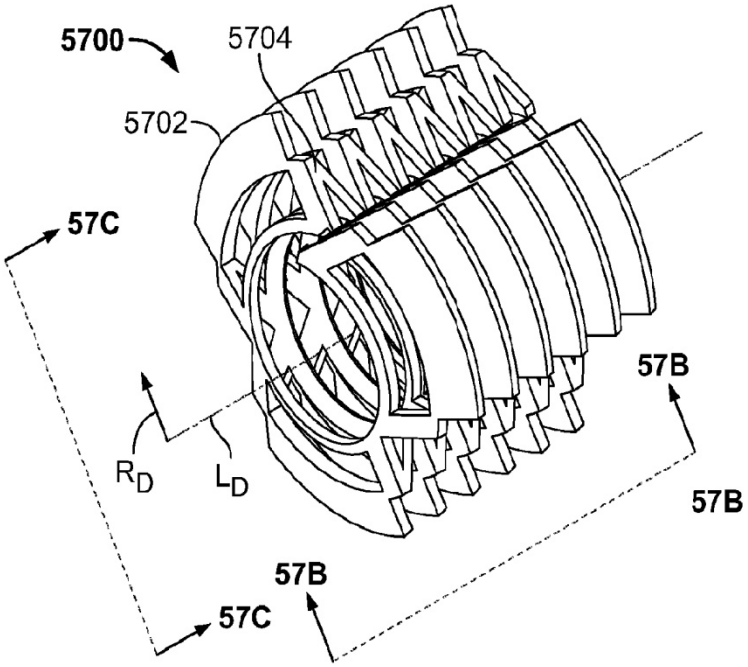

FIG. 57A

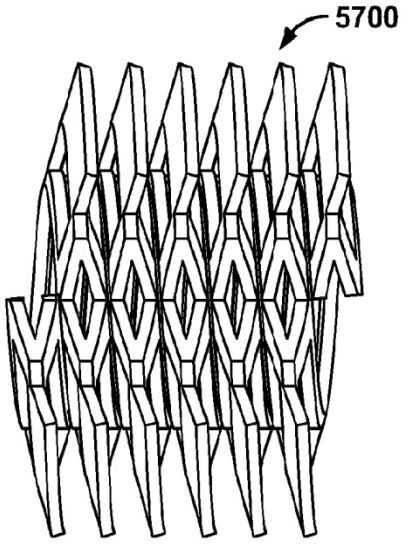

FIG. 57B

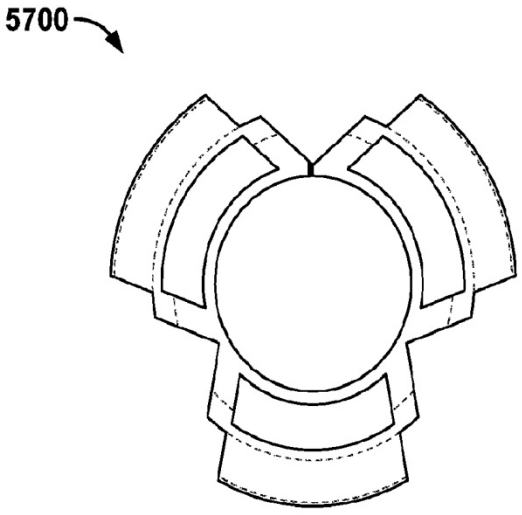

FIG. 57C

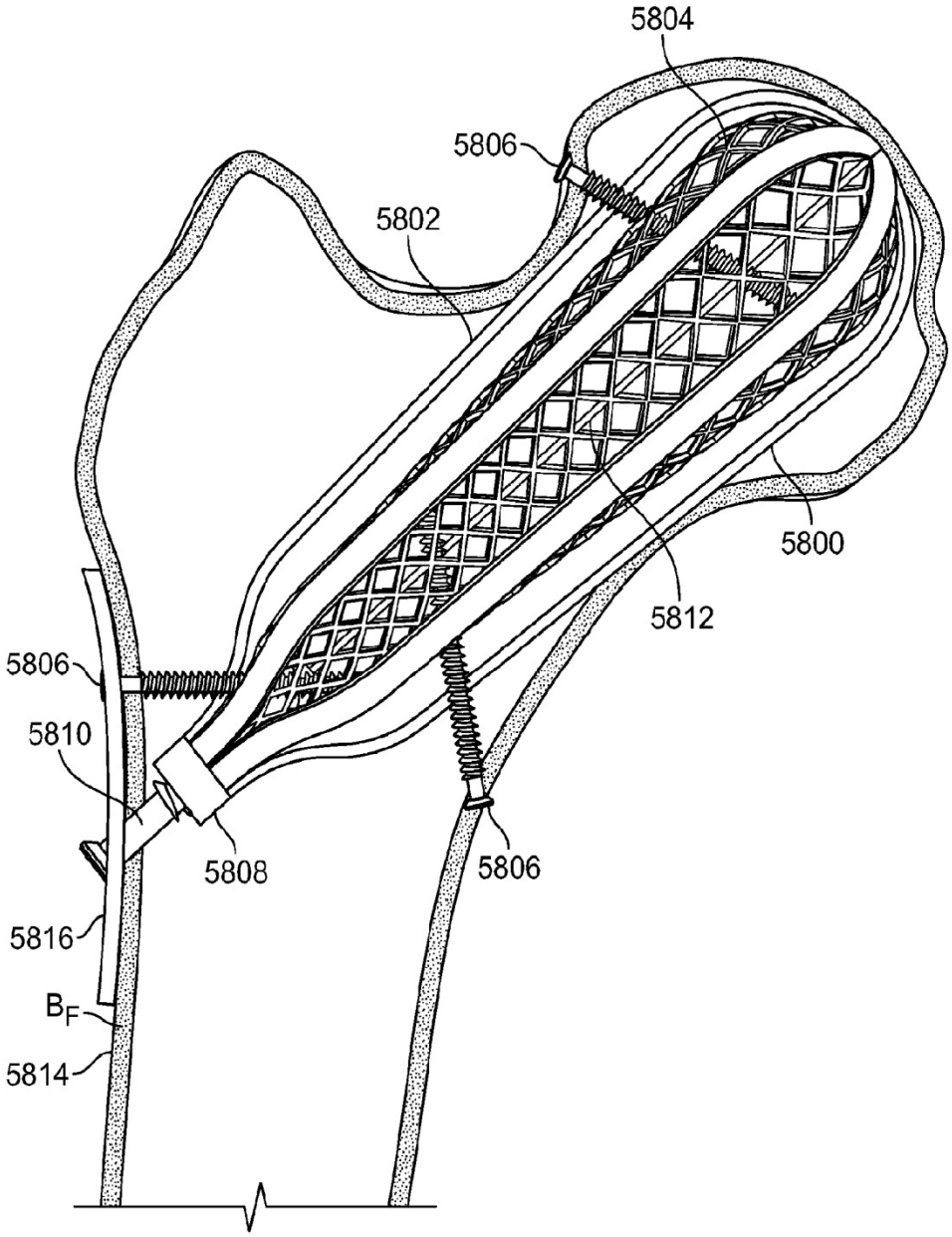

FIG. 58

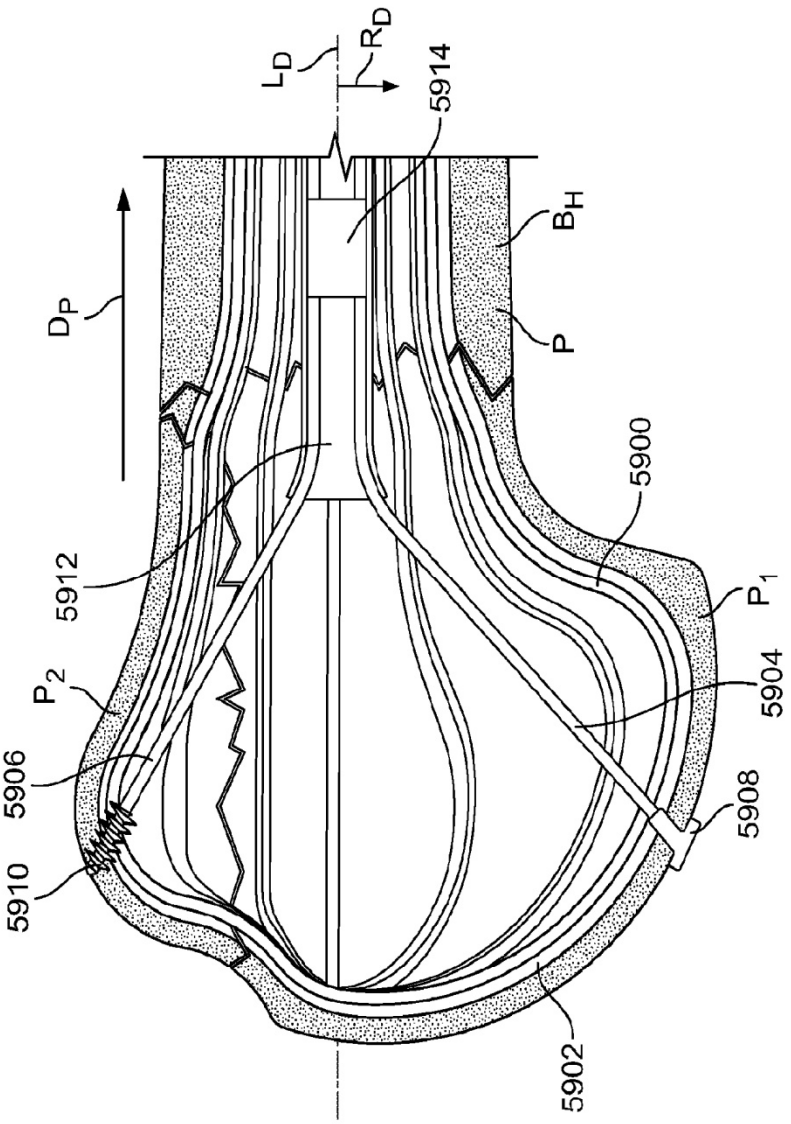

FIG. 59

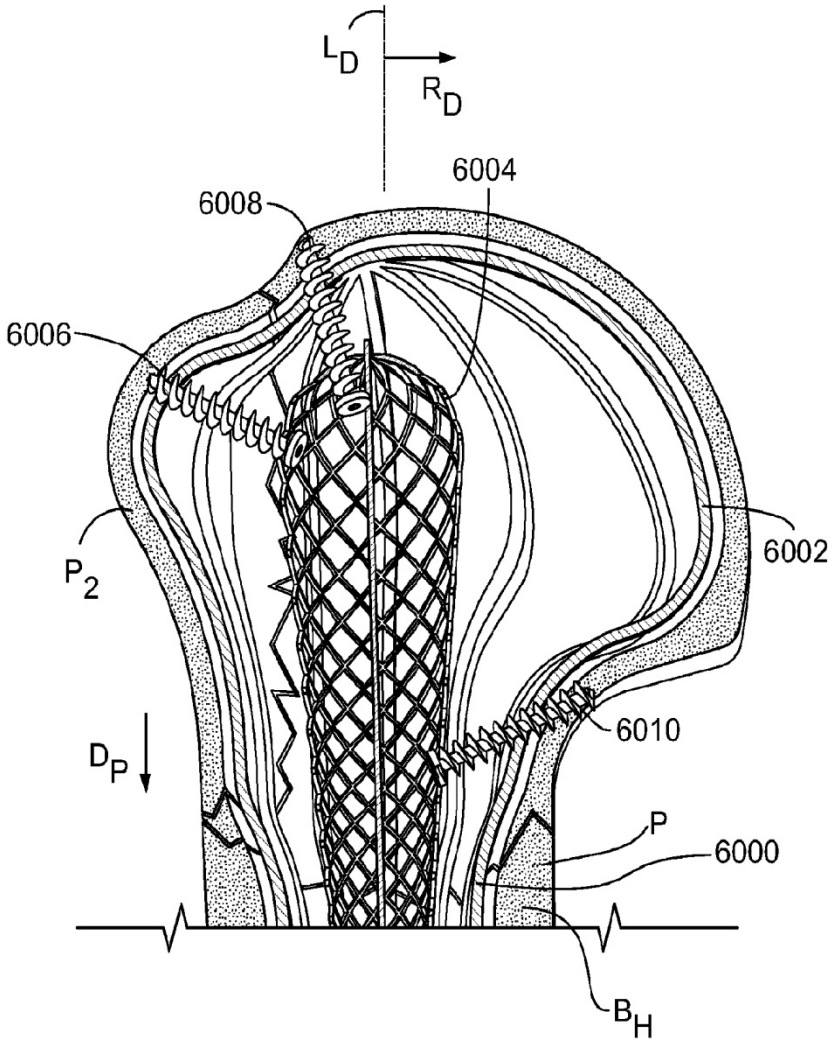

FIG. 60

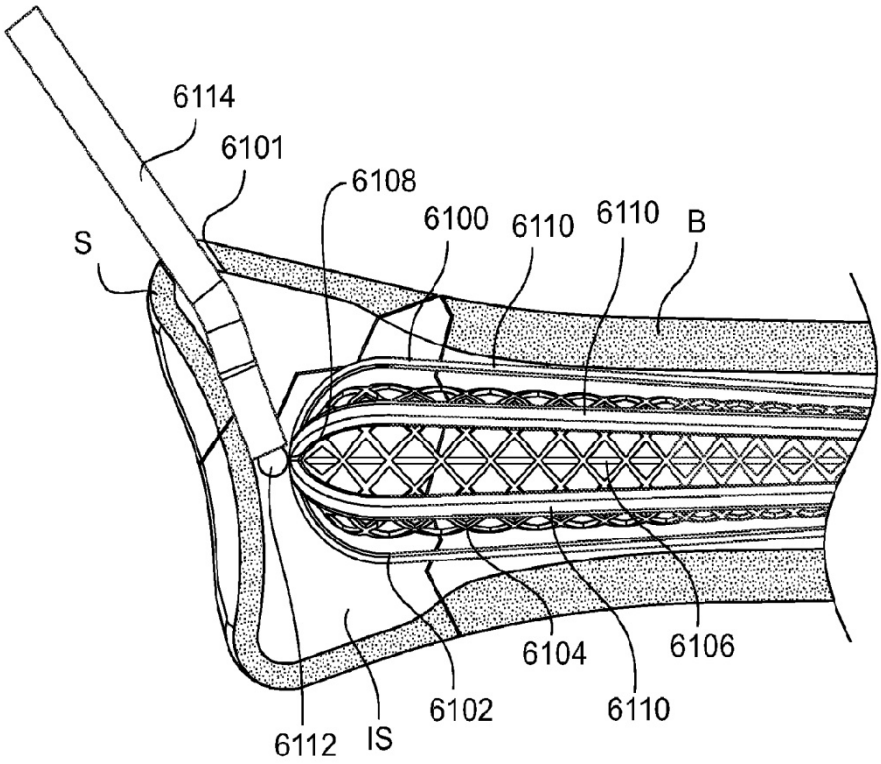

FIG. 61

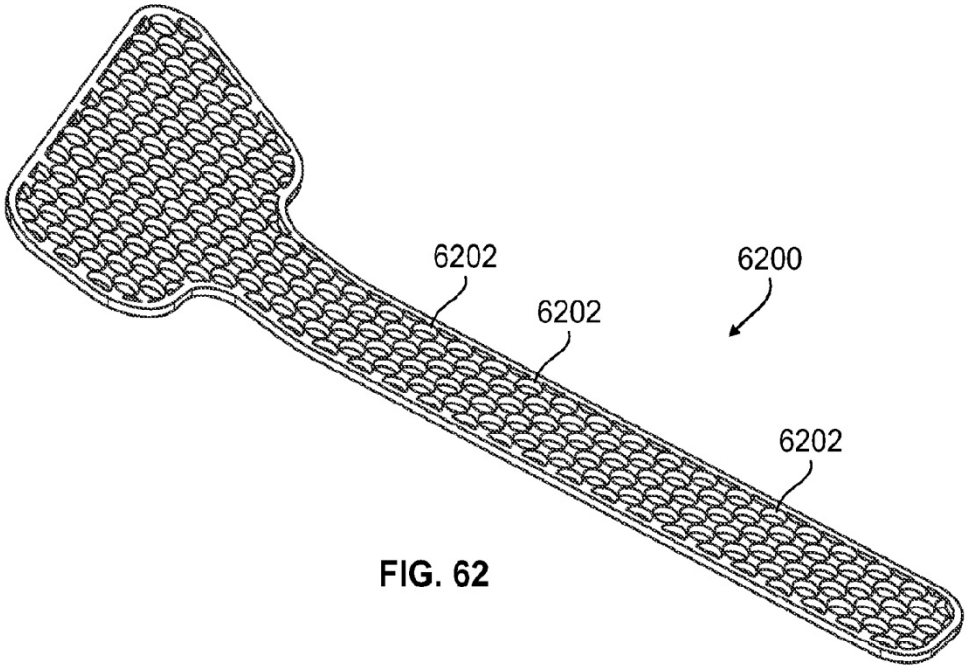

FIG. 62

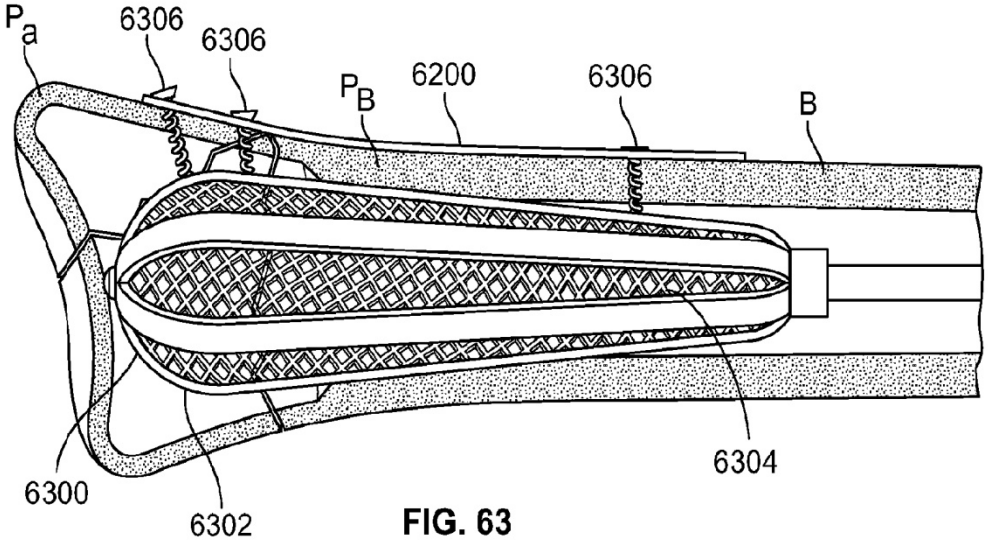

FIG. 63

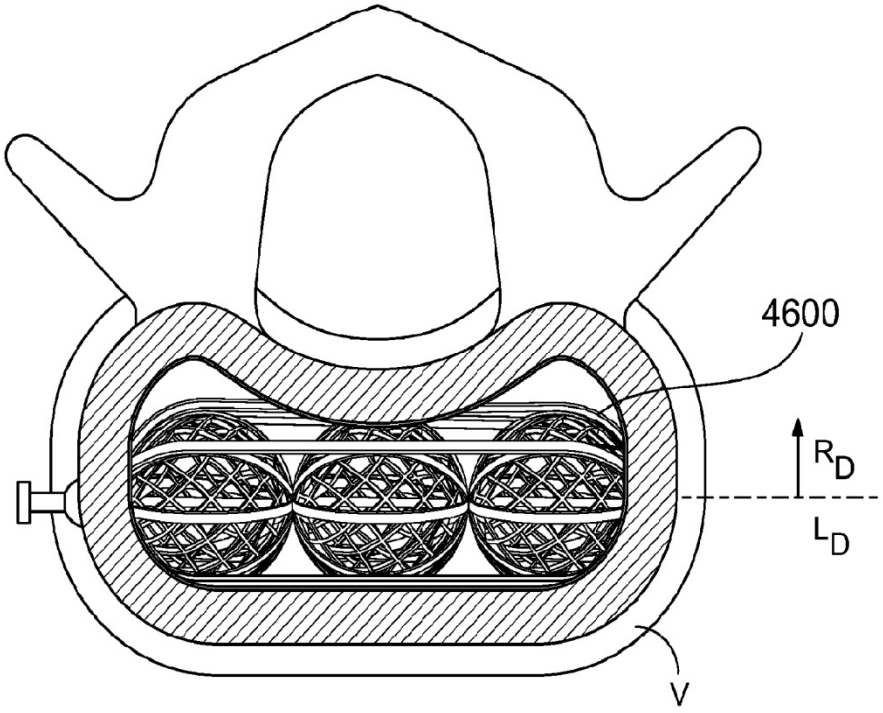

FIG. 64

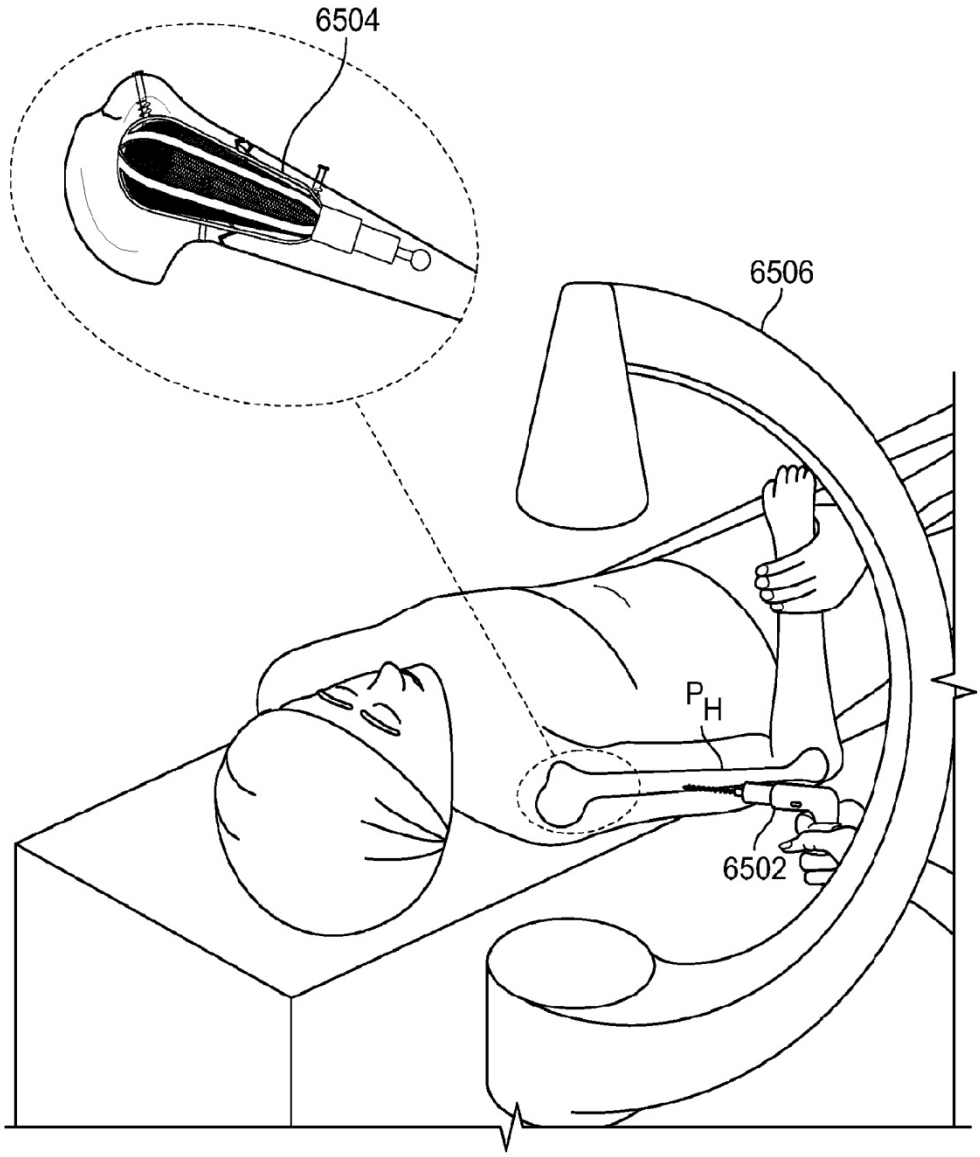

FIG. 65

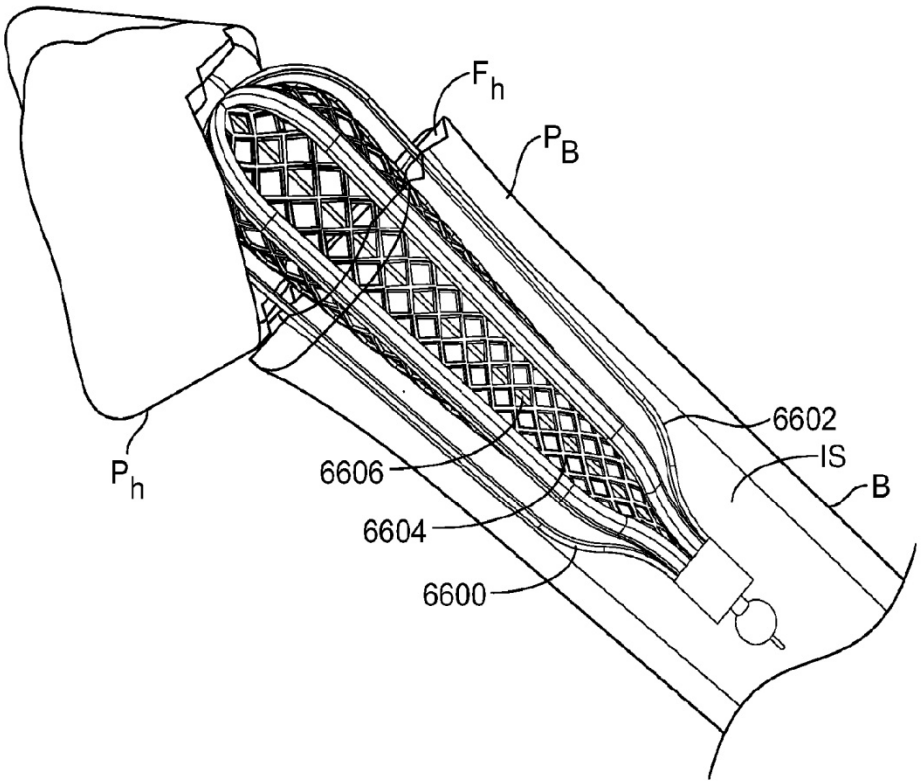
F_h
P_B
6602
IS
B
P_h
6606
6604
6600

FIG. 66

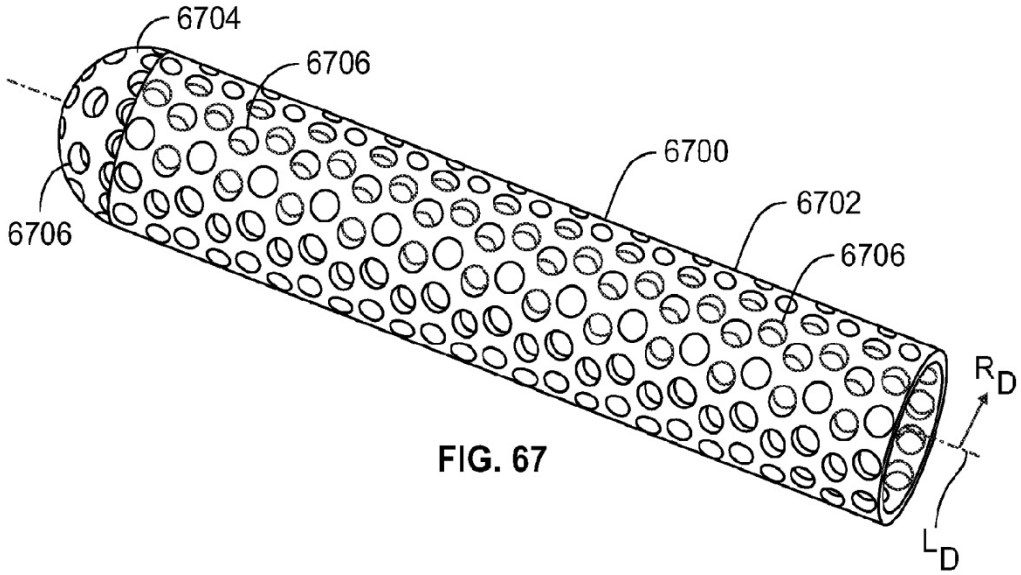
6704
6706
6700
6702
6706
6706
R_D
L_D

FIG. 67

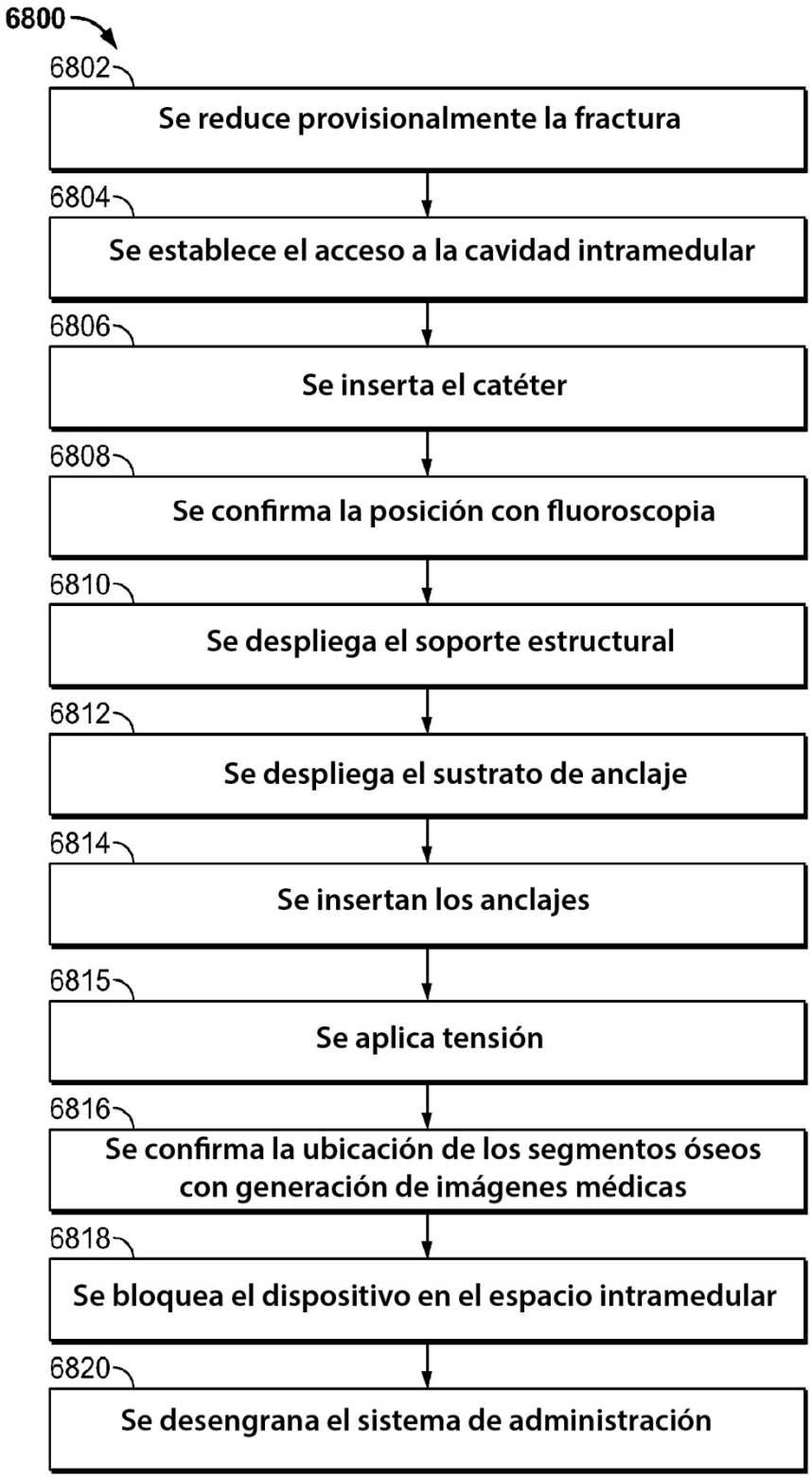
6800
6802
Se reduce provisionalmente la fractura
6804
Se establece el acceso a la cavidad intramedular
6806
Se inserta el catéter
6808
Se confirma la posición con fluoroscopia
6810
Se despliega el soporte estructural
6812
Se despliega el sustrato de anclaje
6814
Se insertan los anclajes
6815
Se aplica tensión
6816
Se confirma la ubicación de los segmentos óseos con generación de imágenes médicas
6818
Se bloquea el dispositivo en el espacio intramedular
6820
Se desengrana el sistema de administración

FIG. 68