(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 822 051**

(51) Int. CI.:

A61F 2/42 (2006.01)
A61F 2/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2015 PCT/GB2015/052634**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16055762**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2015 E 15770960 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3203937**

(54) Título: **Implante de articulación subastragalina**

(30) Prioridad:

06.10.2014 GB 201417618

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.04.2021

(73) Titular/es:

PARAGON 28, INC. (100.0%)
14445 Grasslands Drive
Englewood, CO 80112, US

(72) Inventor/es:

GOLDBERG, ANDY y
BLUNN, GORDON

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

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

Implante de articulación subastragalina

La presente invención se refiere a un implante de articulación subastragalina para reemplazar una articulación subastragalina natural existente entre los huesos del astrágalo y calcáneo de un paciente. La presente invención se dirige en particular a un implante de articulación subastragalina que es fiable y proporciona una emulación realista de las funciones de una articulación subastragalina natural sana.

La artritis es una afección crónica común a medida que las personas envejecen y, con una población que envejece, los costos de atención médica asociados con la osteoartritis continuarán aumentando. El reemplazo de articulaciones es un tratamiento exitoso para la artritis de cadera, rodilla, hombro y tobillo que permite la restauración de la función de los pacientes. Dichos reemplazos de articulaciones pueden proporcionar una emulación realista de las funciones de las articulaciones no dañadas.

La artritis de tobillo y retropié en etapa terminal es un problema importante que se ha demostrado que afecta la calidad de vida tanto como la enfermedad cardíaca en etapa terminal. En el momento de escribir este artículo, se estima que hasta 70.000 personas se ven afectadas por la artritis de la articulación subastragalina solo en el Reino Unido. La causa más común es postraumática, que ocurre en hasta el 16,9 % de los pacientes después de una fractura de calcáneo. Otras causas no traumáticas incluyen pie plano de larga duración, disfunción del tendón y artritis inflamatoria. Aparte del uso de analgésicos, modificación de la actividad e inyecciones de esteroides, en la actualidad, solo existe un tratamiento quirúrgico: extracción de las articulaciones subastragalinas y fusión del astrágalo con el calcáneo (fusión de la articulación subastragalina). La fusión provoca la transmisión de tensiones a las articulaciones adyacentes que podrían fallar más tarde. Aunque se ha intentado el reemplazo de la articulación subastragalina, no ha tenido éxito, con tasas de falla temprana en la serie de los primeros 100 mayores al 50 % (Fournol S, Medical Chirurgie Pied 15: 67-71, 1999).

La creación de un reemplazo articular subastragalino que sea funcionalmente eficaz y confiable como los reemplazos de cadera y rodilla ampliamente utilizados se ve inhibida por la mayor complejidad de la articulación subastragalina y la falta de consenso sobre una comprensión detallada de la mecánica de la articulación. El complejo del tobillo comprende varios huesos que se articulan mediante articulaciones entre ellos. Se piensa comúnmente que la mayoría de los movimientos hacia arriba y hacia abajo (doriflexión/flexión plantar) tienen lugar en la verdadera articulación del tobillo, entre la tibia y el astrágalo, mientras que se cree que los movimientos de equilibrio de lado a lado (inversión/eversión) tienen lugar en la articulación subastragalina, que es la articulación entre el astrágalo y el calcáneo (hueso del talón). Sin embargo, ha resultado difícil construir una disposición mecánica que emule la función de la articulación subastragalina de una manera fiable y realista.

Los documentos CN201001789 y WO 2013/025194 A1 divulgan ejemplos de disposiciones en las que los componentes del astrágalo y del calcáneo de una prótesis de articulación subastragalina están configurados para ser deslizables entre sí para emular la función proporcionada por una articulación subastragalina natural. El realismo de la emulación es limitado, sin embargo, porque el deslizamiento no está restringido de la misma manera que el movimiento permitido por la articulación subastragalina natural, especialmente bajo carga. El movimiento excesivo y/o antinatural puede provocar inestabilidad clínica y un fallo temprano de la prótesis.

El documento US 2014/039506 A1 divulga un primer implante para la unión a un hueso astrágalo y un segundo implante para la unión a un hueso calcáneo. El primer implante puede moverse en relación con el segundo implante y puede disponerse una lámina entre el primer implante y el segundo implante para facilitar el movimiento relativo entre el primer implante y el segundo implante. La lámina puede proporcionar una superficie curvilínea que se acopla a una superficie curvilínea del primer implante o una superficie curvilínea del segundo implante para facilitar el movimiento relativo.

El documento EP 1 433 444 A1 divulga una prótesis de tobillo que incluye un dispositivo tibial acoplable a una tibia. El dispositivo tibial tiene una superficie de articulación cóncava. Un conjunto de astrágalo incluye una parte de cúpula que tiene una superficie de articulación convexa que se acopla a la superficie de articulación cóncava del dispositivo tibial de manera que la parte de cúpula puede pivotar con respecto al dispositivo tibial. El conjunto de astrágalo también incluye una parte de base que se puede unir a un astrágalo. La parte de base puede pivotar con respecto a la parte de cúpula.

Es un objeto de la invención proporcionar un implante de articulación subastragalina que proporcione una emulación más fiable y realista de las funciones de una articulación subastragalina natural sana.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un implante de articulación subastragalina para reemplazar una articulación subastragalina natural existente entre el astrágalo y el calcáneo de un paciente, comprendiendo el implante: una parte de astrágalo configurada para unirse rígidamente al astrágalo; y una parte de calcáneo configurada para unirse rígidamente al calcáneo, en el que, donde las direcciones superior e inferior se definen con respecto a la orientación del implante cuando se implanta en un paciente que soporta peso o de pie: una primera y una segunda

región de una superficie inferior de la parte de astrágalo están configuradas para estar en contacto con las respectivas primera y segunda regiones de una superficie superior de la parte de calcáneo durante el uso; las primeras regiones están conformadas para permitir el deslizamiento de la primera región de la superficie inferior de la parte de astrágalo sobre la primera región de la superficie superior de la parte de calcáneo; y las segundas regiones están conformadas para definir un punto de pivote o línea de puntos de pivote y restringir dicho deslizamiento de la primera región de la superficie inferior de la parte de astrágalo sobre la primera región de la superficie superior de la parte de calcáneo a trayectorias que involucran pivotar la parte de astrágalo con respecto a la parte de calcáneo alrededor del punto de pivote o puntos de pivote.

La combinación del movimiento de deslizamiento relativo entre las primeras regiones y la acción restrictiva del punto de pivote o línea de puntos de pivote definidos por las segundas regiones proporciona una emulación realista del movimiento permitido por la articulación subastragalina natural en una situación sin carga (p. ej. ya que el pie se coloca sobre una superficie irregular y se adapta a la forma del suelo).

Además, los inventores se han dado cuenta de que el bajo rendimiento de los implantes subastragalinos anteriores resultó de una comprensión inadecuada del movimiento de la articulación subastragalina en la articulación natural. Los inventores se han dado cuenta, en particular, de que bajo carga vertical tibiotalar, el complejo articular subastragalino natural se encuentra en una posición compacta con el máximo contacto de la superficie de la cabeza del astrágalo con el acetábulo del pie. Los ligamentos componentes de este último están bajo tensión máxima y las superficies astragalocalcáneas posteriores están entrelazadas. Los inventores han reconocido que en esta posición (por ejemplo, postura media de una pierna) la articulación subastragalina tiene un movimiento mínimo y la mayor parte del movimiento (inversión y eversión) tiene lugar en la articulación del tobillo (entre la tibia y el astrágalo) o en la parte media y delantera del pie. Por el contrario, en una situación sin carga (por ejemplo, durante el golpe de talón), la mayor parte de la inversión y eversión tiene lugar en la articulación subastragalina, por rotación de la faceta posterior alrededor de un eje que pasa a través de la faceta media (y limitado a pivotar sobre la faceta media), permitiendo que el pie se coloque sobre una superficie irregular antes de la postura media. Los experimentos realizados por los inventores que evalúan el movimiento del complejo del retropié en sujetos humanos en una situación cargada y descargada revelaron una reducción significativa en el movimiento total de lado a lado (inversión/eversión) entre situaciones cargadas y descargadas.

La combinación del movimiento de deslizamiento relativo entre las primeras regiones y la acción restrictiva del punto de pivote o línea de puntos de pivote definidos por las segundas regiones cuando están descargados emula el movimiento de la articulación natural. Bajo carga, las formas curvas de la primera y segunda regiones proporcionan una gran superficie de contacto y fricción que aumenta la estabilidad de la construcción reduciendo el movimiento en comparación con el estado sin carga y, por lo tanto, la estabilidad de la construcción, una emulación adicional de la articulación natural.

En una realización, el deslizamiento de las primeras regiones entre sí es a lo largo de una trayectoria curva. La trayectoria curva emula deseablemente la trayectoria curva seguida por el movimiento relativo entre el astrágalo y el calcáneo (particularmente las facetas posteriores del astrágalo y calcáneo) en la articulación subastragalina natural. En una realización, el deslizamiento de las primeras regiones entre sí constituye la rotación de la parte de astrágalo con respecto a la parte de calcáneo alrededor de un eje que está fijo durante al menos una parte de un rango permitido de deslizamiento. Este movimiento proporciona una buena aproximación de un aspecto importante del movimiento que se encuentra en la articulación subastragalina natural. En una realización, cuando se ve desde arriba, dicho eje pasa a través de dicho punto de pivote o puntos de pivote o una región adyacente al punto de pivote o puntos de pivote que se solapa con una o ambas de las segundas regiones. Este movimiento mejora aún más la emulación del movimiento que se encuentra en la articulación subastragalina natural. Así mismo, los movimientos descritos anteriormente se pueden realizar de una manera eficaz y fiable utilizando formas cooperantes (por ejemplo, complementarias) de fácil fabricación. En una forma de realización, el movimiento se realiza utilizando troncos cooperantes para las primeras regiones y una disposición de rótula para las segundas regiones.

En una realización, los materiales y formas de las primeras regiones están configurados de manera que el deslizamiento de las primeras regiones entre sí se evita sustancialmente por la fricción entre las primeras regiones cuando se aplica el 10 % o más del peso del paciente entre las partes de astrágalo y calcáneo, opcionalmente 20 % o más, opcionalmente 30 % o más, opcionalmente 40 % o más, opcionalmente 50 % o más. De este modo, el implante de la articulación subastragalina entra en un estado bloqueado en el que es posible muy poco o ningún movimiento entre las partes de astrágalo y calcáneo, emulando así la estabilidad que también está presente en estado cargado en la articulación natural.

En una realización, la parte de astrágalo o la parte de calcáneo comprende uno o más elementos de apoyo configurados para restringir el deslizamiento de las primeras regiones entre sí dentro de un rango predeterminado. Esto mejora aún más la estabilidad del implante, tanto en el estado cargado como no cargado. Las regiones de apoyo restringen el movimiento relativo de las partes de astrágalo y calcáneo para que estén dentro de un rango predeterminado. El rango predeterminado puede corresponder, por ejemplo, al rango de movimiento permitido por una articulación subastragalina natural típica. La restricción de movimiento por medio de elementos de apoyo evita de forma fiable un movimiento relativo excesivo entre la parte de astrágalo y la parte de calcáneo, que podría conducir a

inestabilidad clínica, lo que significa que el sujeto se siente inestable y podría caerse, provocando tensiones excesivas y posibles lesiones. Adicionalmente, este movimiento excesivo podría dar lugar a fuerzas anormales en los implantes que conduzcan a la falla de la interfaz implante-hueso.

En una realización, el deslizamiento de las primeras regiones entre sí constituye la rotación de la parte de astrágalo con respecto a la parte de calcáneo y el uno o más miembros de apoyo están configurados para restringir la rotación a un rango de 40 grados o menos, opcionalmente 38 grados o menos, opcionalmente 36 grados o menos, opcionalmente 34 grados o menos, opcionalmente 32 grados o menos, opcionalmente 30 grados o menos, opcionalmente 28 grados o menos, opcionalmente 26 grados o menos, opcionalmente 24 grados o menos, opcionalmente 22 grados o menos, opcionalmente 20 grados o menos. Este tipo y rango de movimiento se corresponde estrechamente con el movimiento permitido por una articulación subastragalina natural típica.

En una realización, las partes de astrágalo y calcáneo están configuradas para implantarse de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las primeras regiones se superponen con una región donde se ubicaba la faceta posterior de la articulación subastragalina antes de la implantación del implante. Esta disposición proporciona una emulación particularmente precisa de la función de la articulación natural porque las primeras superficies, que proporcionan un movimiento de deslizamiento entre el astrágalo y el calcáneo que es similar al que proporciona el movimiento del astrágalo sobre la faceta posterior de la articulación subastragalina, se encuentran en la misma posición o similar a la faceta posterior.

En una realización, las partes de astrágalo y calcáneo están configuradas para implantarse de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las segundas regiones se superponen con una región donde la faceta media (y preferiblemente donde un punto central de la faceta media) de la articulación subastragalina se localizó antes de la implantación del implante. Esta disposición proporciona una emulación particularmente precisa de la función de la articulación natural porque las segundas superficies, que restringen el movimiento de deslizamiento entre el astrágalo y el calcáneo de una manera similar a la faceta media de la articulación subastragalina (es decir, de tal manera que el deslizamiento ocurre como un pivote alrededor de un punto de pivote o una línea de puntos de pivote) están ubicadas en la misma o similar posición a la faceta media (y/o punto central de la misma). La disposición es particularmente eficaz cuando se combina con el requisito de que las primeras regiones se solapen con una región en la que se encontraba la faceta posterior de la articulación subastragalina antes de la implantación del implante. Esta combinación asegura que la orientación de las primeras superficies (por ejemplo, los ejes de los troncos de las primeras superficies cuando tienen forma de troncos) estén alineadas en una dirección similar (por ejemplo, una orientación oblicua de posterolateral a anteromedial) a las superficies de la faceta posterior de la articulación subastragalina. Esta orientación ayuda a asegurar que la inversión y la eversión puedan ocurrir a través de una trayectoria similar a la lograda por una articulación subastragalina sana, natural.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para implantar un implante de articulación subastragalina para reemplazar una articulación subastragalina natural existente entre los huesos del astrágalo y calcáneo de un paciente, en donde el implante comprende: una parte de astrágalo configurada para unirse rígidamente al astrágalo; y una parte de calcáneo configurada para unirse rígidamente al calcáneo, en el que, donde las direcciones superior e inferior se definen con respecto a la orientación del implante cuando se implanta en un paciente que soporta peso o de pie: una primera y una segunda región de una superficie inferior de la parte de astrágalo están configuradas para estar en contacto con las respectivas primera y segunda regiones de una superficie superior de la parte de calcáneo durante el uso; las primeras regiones de las superficies inferior y superior están conformadas para permitir el deslizamiento de la primera región de la superficie inferior sobre la primera región de la superficie superior; y las segundas regiones de las superficies inferior y superior tienen una forma para definir un punto de pivote o línea o puntos de pivote y limitar dicho deslizamiento de la primera región de la superficie inferior sobre la primera región de la superficie superior a trayectorias que implican el pivotamiento de la parte de astrágalo con respecto a la parte de calcáneo alrededor del punto de pivote o puntos de pivote, en donde el método comprende: preparar un espacio entre el astrágalo y el calcáneo que sea adecuado para alojar el implante; implantar el implante en el espacio de tal forma que, cuando se ve desde arriba, las primeras regiones se superponen con una región donde se encontraba la faceta posterior de la articulación subastragalina antes de la implantación del implante y las segundas regiones se superponen con una región donde la faceta media (y preferiblemente donde un punto central de la faceta media) de la articulación subastragalina se localizó antes de la implantación del implante.

La implantación del implante de esta manera proporciona una emulación particularmente precisa de la función de la articulación natural porque las primeras superficies, que proporcionan un movimiento de deslizamiento entre el astrágalo y el calcáneo similar al que proporciona el movimiento del astrágalo sobre la faceta posterior de la articulación subastragalina se encuentran en la misma posición o similar a la faceta posterior, y las segundas superficies, que restringen el movimiento de deslizamiento entre el astrágalo y el calcáneo de manera similar a la faceta media de la articulación subastragalina (es decir, para ocurrir como un pivotamiento alrededor de un punto de pivote o línea de puntos de pivote) están ubicadas en la misma posición o en una similar a la faceta media. La orientación de las primeras superficies (por ejemplo, los ejes de los troncos de las primeras superficies cuando tienen forma de troncos) se hace alinear en una dirección similar (por ejemplo, una orientación oblicua de posterolateral a anteromedial) a las superficies de la faceta posterior de la articulación subastragalina. Esta orientación ayuda a asegurar que la inversión y la eversión puedan ocurrir a través de una trayectoria similar a la lograda por una articulación subastragalina sana,

natural.

A continuación, se describirán realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que los símbolos de referencia correspondientes indican las partes correspondientes, y en los que:

la figura 1 es una vista superior anatómica de un pie, mostrando el calcáneo y el escafoides;
la figura 2 es una vista lateral de un lado de la estructura mostrada en la figura 1;
la figura 3 es una vista lateral desde el otro lado de la estructura mostrada en la figura 1;
la figura 4 es una vista desde abajo anatómica del astrágalo;
la figura 5 corresponde a la vista de la figura 1 con una parte de calcáneo de un implante subastragalino unido al calcáneo;
la figura 6 es una vista lateral de un lado de la estructura mostrada en la figura 5;
la figura 7 es una vista lateral desde el otro lado de la estructura mostrada en la figura 5;
la figura 8 es una vista desde abajo anatómica del astrágalo con una parte de astrágalo de un implante subastragalino unido al astrágalo;
la figura 9 representa una vista despiezada en perspectiva de los componentes superior e inferior de una parte de astrágalo de un ejemplo de implante subastragalino;
la figura 10 representa una vista en perspectiva de una parte de calcáneo del ejemplo de implante subastragalino de la figura 9;
la figura 11 representa las partes de astrágalo y calcáneo de las figuras 9 y 10 ensambladas juntas para formar el implante subastragalino tal como se configurará en el estado implantado;
la figura 12 muestra una vista en perspectiva alternativa en despiece de los componentes superior e inferior de la parte de astrágalo mostrada en la figura 9, mostrando la parte inferior de los componentes superior e inferior;
la figura 13 representa una vista en perspectiva desde arriba de una parte de calcáneo de un ejemplo de implante subastragalino;
la figura 14 representa una vista en perspectiva desde abajo de la parte de calcáneo de la figura 13;
la figura 15 representa una vista en sección lateral a través de una región central de la parte de calcáneo mostrada en las figuras 13 y 14;
la figura 16 es una vista superior de un ejemplo de parte de calcáneo en el estado implantado, que ilustra un eje representativo alrededor del cual puede producirse la rotación de la parte de astrágalo y un punto de pivote representativo alrededor del cual puede producirse el pivotamiento de la parte de astrágalo;
la figura 17 es una vista desde abajo de un ejemplo de parte de astrágalo compatible con la parte de calcáneo de la figura 16, que ilustra el eje de rotación y el punto de pivote mostrado en la figura 16;
la figura 18 representa una disposición que es la misma que la mostrada en la figura 16 excepto que el eje de rotación no pasa exactamente a través del punto de pivote;
la figura 19 es una vista desde abajo de un ejemplo de parte de astrágalo compatible con la parte de calcáneo de la figura 18, que ilustra el eje de rotación y el punto de pivote mostrado en la figura 18;
la figura 20 es una vista superior esquemática de una segunda región que comprende un canal con una base redondeada, permitiendo el canal el pivotamiento de una parte de astrágalo alrededor de una parte de calcáneo alrededor de uno o más de una pluralidad de diferentes puntos de pivote en una línea de puntos de pivote; y la figura 21 es una vista en sección lateral esquemática a lo largo de la línea A-A de la figura 20.

Las figuras 1-4 ilustran un ejemplo de articulación subastragalina. La figura 1 es una vista, a lo largo de la dirección distal, del calcáneo (hueso del talón) 104 y del hueso navicular 106. Las figuras 2 y 3 son vistas laterales respectivas de las estructuras mostradas en la figura 1. La figura 4 es una vista, a lo largo de la dirección proximal, del astrágalo 102. La articulación subastragalina es la articulación entre el astrágalo 102 y el calcáneo 104 por debajo de la articulación del tobillo. La articulación subastragalina se considera una articulación sinovial plana, también conocida como articulación condiloidea, entre el astrágalo 102 arriba, el calcáneo 104 por debajo y el hueso navicular 106 por delante. La articulación subastragalina se compone de tres superficies de articulación entre el astrágalo 102 y el calcáneo 104: la faceta posterior (superficies 1 y 5), la faceta media (superficies 2 y 6) y la faceta anterior (superficies 3 y 4). Las facetas anterior y media en algunos pacientes se tocan y casi forman una articulación, en otros (la mayoría de) las dos articulaciones están separadas con un pequeño espacio entre ellas.

El astrágalo 102 actúa como el punto de apoyo que soporta la carga entre el tobillo y la articulación subastragalina. Su cúpula se articula con el tobillo, su cabeza con el escafoides y su superficie inferior con el calcáneo 104 formando la articulación subastragalina. Está recubierto en un 60 % de cartílago y no da origen a ningún músculo. Tiene un suministro de sangre principal que va de anterior a posterior derivado de la arteria dorsal del pie, las arterias deltoides medial y del canal tarsal.

El calcáneo 104 es un hueso esponjoso que forma el talón óseo con su gran tuberosidad posterior. El tercio posterior del hueso que soporta la carga es extraarticular y también actúa como un brazo de palanca para su fijación del complejo gastrosóleo. Cuando se ve desde atrás en una postura plantígrada, el talón se asienta en 10-15 grados de valgo con respecto al eje coronal de la pierna. Esta alineación cambia durante la marcha. El tercio medio del calcáneo está revestido dorsalmente con cartílago articular hialino y comprende la faceta posterior de la articulación subastragalina. La superficie de faceta posterior tiene una orientación oblicua compleja de posterolateral a

anteromedial. Cuando se ve a lo largo del eje de orientación oblicuo, la parte de calcáneo 1 de la superficie de faceta posterior es convexa. Perpendicular a esta vista, la parte de calcáneo 1 de la superficie de faceta posterior está inclinada hacia abajo y nuevamente convexa en sentido posterior a anterior. Esta forma se refleja en la parte de astrágalo 5 de la faceta posterior con la que se acopla la faceta posterior 1 del calcáneo 104, formando así una articulación subastragalina congruente.

El tercio anterior del calcáneo 104 comprende las facetas anterior 2 y media 3 de la articulación subastragalina y el sustentaculum tali. Estas facetas más pequeñas son cóncavas en un arco que se completa con la superficie articular del escafoides que se aproxima a la cavidad de la "coxa pedis" en la que se asienta la cabeza del astrágalo en forma de bola. El astrágalo 102 anterior suprayacente es congruente con el calcáneo 104.

Los ligamentos interóseos cortos y robustos del talocalcáneo proporcionan estabilidad a la articulación subastragalina. Son más prominentes en el seno del tarso directamente debajo del eje de carga de la pierna. Además de proporcionar estabilidad, proporcionan un eje de movimiento semicontrolado para la articulación y, en este papel, a veces se consideran análogos a los cruzados de la rodilla. Lateralmente y posteriormente hay dos ligamentos talocalcáneos más delgados que también juegan un papel de soporte. El ángulo de la cometa es el ángulo talocalcáneo en el plano frontal y representa la divergencia de los respectivos ejes longitudinales. El valor de la fase de apoyo de 17-21 grados se considera normal. En la imagen lateral, el paso del calcáneo es normalmente de 20-25 grados desde la horizontal con un paso del astrágalo muy similar. El ángulo talocalcáneo lateral general es un valor combinado de 30 a 50 grados.

El ligamento talocalcáneo medial se extiende desde el tubérculo medial del astrágalo 102 hasta el sustentaculum tali en la superficie medial del calcáneo 104. Una membrana sinovial recubre la cápsula de la articulación, y la articulación está envuelta en una cápsula de fibras cortas que son continuas con las articulaciones talocalcaneonavicular y calcáneocuboidea del pie.

La articulación subastragalina y el tobillo forman un enlace entre los huesos largos de la pierna y la estructura perpendicular del pie. Los movimientos del tobillo requieren cambios reaccionarios en las articulaciones subastragalina y transversa del tarso para una transmisión de carga y una propulsión efectivas. Los movimientos de la articulación subastragalina son complejos y difieren con las etapas de la marcha en cadena abierta o cerrada. Se adaptan a las irregularidades en el contacto con el suelo al desbloquear la parte trasera y el mediopié durante el golpe del talón hasta la fase de apoyo. Posteriormente, los movimientos del astrágalo sobre el calcáneo 104 y el navicular 106 atraen el talón en varo y ayudan a supinar el pie, lo que crea una construcción más rígida para permitir que se transmita la potencia propulsora.

La cambiante relación talocalcánea juega un papel en la estabilización del complejo del tobillo. La importancia de esto a veces se puede ver cuando la condición natural se ve alterada por operaciones de fusión subastragalina o triple. Después de tales operaciones, el tobillo puede ser sometido a fuerzas coronales en varo y valgo que fueron previamente absorbidas en el retropié. Esto, a su vez, puede provocar una eventual inclinación del astrágalo y un desgaste acelerado con una pérdida desigual del espacio articular.

Los inventores han reconocido que la articulación subastragalina natural permite la inversión y eversión del pie mediante un movimiento interno y externo del astrágalo 102 sobre la superficie curva de la faceta posterior 1 del calcáneo 104 alrededor de un punto de pivote definido por la faceta media. 2. Los inventores han reconocido además que la inversión y eversión normales de la articulación subastragalina (que en realidad es rotación) tiene lugar principalmente durante la posición sin carga. En la posición media de una sola pierna, la articulación se bloquea y se produce un movimiento mínimo. En la siguiente descripción, se describen realizaciones de un implante de articulación subastragalina 20 que permiten emular la función natural de la articulación subastragalina de una manera realista y fiable, sobre la base de la comprensión anterior y el uso de componentes que se pueden fabricar fácilmente y de una manera comercialmente viable.

Las figuras 5-8 ilustran la articulación subastragalina de las figuras 1-4 con elementos de un implante 20 de articulación subastragalina según una realización fijada al calcáneo 104 y al astrágalo 102. Las figuras 9-15 muestran el implante 20 con más detalle.

El implante 20 está configurado para reemplazar la articulación subastragalina natural existente entre los huesos del astrágalo 102 y el calcáneo 104 de un paciente. El implante 20 comprende una parte de astrágalo 22. La parte de astrágalo 22 está configurada para unirse rígidamente al astrágalo 102. El implante 20 comprende además una parte de calcáneo 24. La parte de calcáneo 24 está configurada para unirse rígidamente al calcáneo 104. En la siguiente discusión, las direcciones superior e inferior se definen en relación con la orientación del implante 20 cuando se implanta en un paciente que soporta peso (por ejemplo, de pie).

La parte de astrágalo 22 tiene una primera región 31 en una superficie inferior de la parte de astrágalo 22 (véase la figura 12, por ejemplo). La parte de astrágalo 22 tiene una segunda región 32 en la superficie inferior de la parte de astrágalo 22. La parte de calcáneo 24 tiene una primera región 41 en una superficie superior de la parte de calcáneo 24 (véase la figura 10 por ejemplo). La parte de calcáneo 24 tiene una segunda región 42 en la superficie superior de la parte de calcáneo 24. La primera región 31 de la parte de astrágalo 22 está configurada para estar en contacto con

la primera región 41 de la parte de calcáneo 24 durante el uso, como se muestra, por ejemplo, en la figura 11. La segunda región 32 de la parte de astrágalo 22 está configurada para estar en contacto con la segunda región 42 de la parte de calcáneo 24 durante el uso, como se muestra, por ejemplo, en la figura 11.

Opcionalmente, la primera región 31 de la parte de astrágalo 22 no está en contacto con ninguna parte de la segunda región 42 de la parte de calcáneo 24 en uso. Opcionalmente, la segunda región 32 de la parte de astrágalo 22 no está en contacto con ninguna parte de la primera región 41 de la parte de calcáneo 24 en uso.

Por ejemplo, la primera y segunda regiones 31, 32, 41, 42 pueden configurarse de manera que, en todo el rango permitido de movimiento relativo entre la parte de astrágalo 22 y la parte de calcáneo 24, siempre hay una región de separación continua 35 en la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 que separa la primera región 31 de la segunda región 32 en todo el rango permitido de movimiento relativo. La región de separación 35 puede ser tal que en ningún momento en todo el rango permitido de movimiento relativo esté la región de separación 35 en contacto con ninguna parte de la parte de calcáneo 24.

Por ejemplo, la primera y segunda regiones 31, 32, 41, 42 pueden configurarse de manera que, en todo el rango permitido de movimiento relativo entre la parte de astrágalo 22 y la parte de calcáneo 24, siempre hay una región de separación continua 45 en la superficie superior de la parte de calcáneo 24 que separa la primera región 41 de la segunda región 42 en todo el rango permitido de movimiento relativo. La región de separación 45 puede ser tal que en ningún momento a lo largo del rango permitido de movimiento relativo esté la región de separación 45 en contacto con ninguna parte de la parte de astrágalo 22.

Las primeras regiones 31 y 41 están conformadas para permitir el deslizamiento de la primera región 31 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 sobre la primera región 41 de la superficie superior de la parte de calcáneo 24.

En la realización mostrada, las segundas regiones 32 y 42 están configuradas para definir un punto de pivote y restringir el deslizamiento de la primera región 31 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 sobre la primera región 41 de la superficie superior de la parte de calcáneo 24 a trayectorias que implican el giro de la parte de astrágalo 22 con respecto a la parte de calcáneo 24 alrededor del punto de pivote. En otras realizaciones, las segundas regiones 32 y 42 pueden tener forma para definir una línea (curva o recta) de puntos de pivote y para limitar el deslizamiento de la primera región 31 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 sobre la primera región 41 de la superior superficie de la parte de calcáneo 24 a trayectorias que implican el pivotamiento de la parte de astrágalo 22 con respecto a la parte de calcáneo 24 alrededor de uno de una pluralidad de puntos de pivote que se encuentran a lo largo de la línea de puntos de pivote.

En una realización, el deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí es a lo largo de una trayectoria curva. En la realización mostrada, la trayectoria curva se proporciona mediante la cooperación entre la forma curva cóncava de la primera región 31 (como se muestra, por ejemplo, en la figura 12) y la forma curva convexa de la primera región 41 (como se muestra, por ejemplo, en la figura 10). El deslizamiento a lo largo de una trayectoria curva puede imitar un deslizamiento a lo largo de una trayectoria curva que se produce entre la faceta posterior 1 del calcáneo 104 y la faceta posterior 5 del astrágalo 102. Por lo tanto, puede considerarse que la combinación de las primeras regiones 31 y 41 proporciona una funcionalidad que es igual o similar a la funcionalidad que proporciona la combinación de las facetas posteriores 1 y 5 del calcáneo 104 y astrágalo 102.

En una realización, las primeras superficies 31 y 41 están configuradas de modo que el deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí constituye la rotación de la parte de astrágalo 22 con respecto a la parte de calcáneo 24 alrededor de un eje que se fija durante una parte o todo un rango permitido de deslizamiento. Esta rotación imita la rotación proporcionada por la combinación de las facetas posteriores 1 y 5 del calcáneo 104 y el astrágalo 102 en la articulación subastragalina natural.

En una realización, como se muestra por ejemplo en las figuras 16 y 17, cuando se ve desde arriba, el eje de rotación 34 pasa a través del punto de pivote 36 (o, en otras realizaciones, a través de la línea de puntos de pivote, donde se proporciona una línea de puntos de pivote). Como alternativa, como se muestra, por ejemplo, en la figura 18 y 19, el eje de rotación 34 puede pasar a través de una región adyacente al punto de pivote que se solapa con una o ambas de las segundas regiones 32 y 42. Como alternativa, el eje de rotación 24 puede pasar a través de una región adyacente a la línea de puntos de pivote, donde se proporciona una línea de puntos de pivote, superponiéndose la región con una o ambas de las segundas regiones 32 y 42.

En una realización, una de las primeras regiones 31 y 41 de las superficies inferior y superior comprende una parte de una superficie externa de un tronco. En dicha realización, la otra de las primeras regiones de las superficies inferior y superior puede comprender una parte de una superficie interna de un tronco, opcionalmente, el mismo tronco. En el ejemplo particular que se muestra en las figuras 10 y 12, la primera región 31 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 comprende una parte de la superficie interna de un tronco (es decir, cóncava). Como se muestra en la figura 10, por ejemplo, la primera región 41 de la superficie superior de la parte de calcáneo 24 comprende una parte de la superficie externa de un tronco (es decir, convexa). En otras realizaciones, las geometrías pueden invertirse, teniendo la primera región 31 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 una forma convexa (por ejemplo, una

parte de una superficie externa de un tronco) y teniendo la primera región 41 de la superficie superior de la parte de calcáneo 24 una forma cóncava (p ej. la parte de la superficie interior del tronco).

En una realización, una de las segundas regiones 32 y 42 comprende una protuberancia en forma de bola y la otra de las segundas regiones 42 y 32 comprende una depresión en forma de copa. La disposición resultante puede denominarse junta esférica. Una protuberancia en forma de bola es generalmente redondeada y podría comprender, por ejemplo, una parte que forma parte de una esfera aproximada. Una depresión en forma de copa es generalmente redondeada y podría comprender, por ejemplo, una parte que forma parte de una esfera aproximada. Las figuras 10 y 12 muestran una realización en la que la segunda región 32 de la parte de astrágalo 22 comprende una depresión en forma de copa y la segunda región 42 de la parte de calcáneo 24 comprende una protuberancia en forma de bola. En otras realizaciones, las geometrías pueden invertirse, teniendo la segunda región 32 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 una protuberancia en forma de bola y teniendo la segunda región 42 de la superficie superior de la parte de calcáneo 24 una depresión en forma de copa.

En una realización alternativa, una de las segundas regiones comprende una protuberancia en forma de bola y la otra de las segundas regiones comprende un canal con una base redondeada. En la figura 20 se muestra un ejemplo de un canal 40 con una base redondeada. Un canal 40 de este tipo podría formarse en la parte de astrágalo 22 en lugar de la depresión en forma de copa en el ejemplo mostrado en la figura 12. Dicho canal 40 podría cooperar con una segunda región 42 que comprende una protuberancia en forma de bola como la que se muestra en el ejemplo de la figura 10. La cooperación entre dicho canal 40 y una protuberancia en forma de bola podría permitir el pivotamiento de la parte de astrágalo 22 alrededor de la parte de calcáneo 24 alrededor de uno o más puntos de pivote a lo largo de una línea 38 de puntos de pivote.

En una realización, la parte de astrágalo 22 comprende un componente superior 51 y un componente inferior 52. El componente superior 51 está configurado para unirse rígidamente al astrágalo 102. El componente inferior 51 presenta la superficie inferior de la parte de astrágalo 22. El componente inferior 52 está formado por un material que tiene un coeficiente de fricción más bajo que el componente superior 51. Por ejemplo, el componente superior 51 puede estar formado por un metal y el componente inferior 52 puede estar formado por un plástico o un material cerámico u otro tipo de material que tenga el coeficiente de fricción requerido más bajo que el metal. En dicha realización, la superficie superior de la parte de calcáneo 24 puede estar formada por un metal. La figura 12 muestra una configuración de ejemplo de los componentes superior e inferior 51 y 52. En este ejemplo particular, el componente inferior 52 está provisto de una región rebajada 53 que está configurada para encajar dentro de un espacio 54 proporcionado en una parte inferior del componente superior 51. Un reborde 55 encaja contra los bordes lateralmente exteriores de la región rebajada 53 y proporciona estabilidad lateral a la conexión. Se proporciona una lengüeta de acoplamiento 56 para acoplarse con una ranura correspondiente 57 para conectar los componentes superior e inferior 51 y 52 juntos, por ejemplo, en forma de conexión a presión.

En otras realizaciones, la parte de calcáneo 24 puede comprender un componente inferior configurado para unirse rígidamente al calcáneo 104 y un componente superior que presenta la superficie superior de la parte de calcáneo 24, estando formado el componente superior a partir de un material que tiene un coeficiente de fricción más bajo que el componente inferior. Por ejemplo, el componente inferior puede estar formado por un metal y el componente superior puede estar formado por un plástico o un material cerámico u otro tipo de material que tenga el coeficiente de fricción requerido más bajo que el metal. En dicha realización, la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 puede estar formada por un metal.

La combinación de los materiales de la superficie superior de la parte de calcáneo 24 y la superficie inferior de la parte de astrágalo 22, al menos en la primera y segunda regiones 31, 32, 41, 42 donde las superficies superior e inferior están en contacto entre sí, debe ser tal que proporcione 1) un nivel apropiado de fricción tanto en el estado cargado como descargado, y 2) la longevidad adecuada (p. ej. tasa de uso adecuadamente baja). El nivel de fricción puede disponerse para que sea similar al nivel de fricción encontrado entre las facetas correspondientes del astrágalo 102 y el calcáneo 104 en la articulación subastragalina natural.

En una realización, los materiales y las formas de las primeras regiones 31 y 41 están configurados de manera que el deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí se evita sustancialmente por la fricción entre las primeras regiones 31 y 41 cuando el 10 % o más del peso del paciente es aplicado entre las partes de astrágalo y de calcáneo 22 y 24. Por ejemplo, la fricción puede disponerse para que el deslizamiento sea muy difícil o imposible de realizar para un paciente medio mientras aplica el 10 % o más del peso del paciente.

En una realización, la parte de astrágalo 22 o la parte de calcáneo 24 comprende uno o más miembros de apoyo 46 configurados para restringir el deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí dentro de un rango predeterminado. Donde el deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí constituye la rotación de la parte de astrágalo 22 en relación con la parte de calcáneo 24, el uno o más miembros de apoyo 46 pueden configurarse para restringir la rotación a un rango de 40 grados o menos.

En una realización, como se muestra por ejemplo en la figura 11, la parte de calcáneo 24 comprende al menos uno de los miembros de apoyo 46 y la parte de astrágalo 22 está configurada para ponerse en contacto con uno de los

miembros de apoyo 46 de la parte de calcáneo 24 en uno o ambos extremos del rango predeterminado de deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí. En el ejemplo de la figura 11, por ejemplo, se puede ver que si la parte de astrágalo 22 se deslizara en sentido antihorario (para el dispositivo particular que se muestra en la figura 11 y como se ve en la figura 11), una parte 48 de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 eventualmente se movería para contactar contra el miembro de apoyo 46. La puesta en contacto de la parte 48 con el miembro de apoyo 46 evitaría cualquier giro adicional en el sentido antihorario y, por lo tanto, define el rango de posible giro en el sentido antihorario. Se proporciona un miembro de apoyo 46 correspondiente en el otro lado de la primera región 41 y limitará un rango de posible rotación en el sentido opuesto mediante el tope de una parte 48 correspondiente de la superficie inferior de la parte de astrágalo 22 con el miembro de apoyo 46 correspondiente. La provisión de tales miembros de apoyo 46 limita el rango de rotación permitido, de manera similar a la forma en que el movimiento está limitado en la articulación subastragalina natural. Por tanto, se reduce el riesgo de lesión de la anatomía circundante por un movimiento excesivo.

En una realización alternativa, la parte de astrágalo 22 puede comprender al menos uno de los miembros de apoyo 46 y la parte de calcáneo 24 puede configurarse para ponerse en contacto con uno de los miembros de apoyo 46 de la parte de astrágalo 22 en uno o ambos extremos del rango predeterminado de deslizamiento de las primeras regiones 31 y 41 entre sí.

En una realización, la parte de astrágalo 22 y la parte de calcáneo 24 están configuradas para ser implantadas de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las primeras regiones 31 y 41 se superponen con una región donde la faceta posterior de la articulación subastragalina (por ejemplo, la faceta posterior 1 del calcáneo 104, la faceta posterior 5 del astrágalo 102, o ambas) se localizó antes de la implantación del implante 20. Puede verse que este es el caso en la realización mostrada en las figuras 5-8 (comparar, por ejemplo, la figura 5 con la figura 1).

En una realización, la parte de astrágalo 22 y la parte de calcáneo 24 están configuradas para ser implantadas de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las segundas regiones 32 y 42 se superponen con una región donde la faceta media de la articulación subastragalina (por ejemplo, la faceta media 2 del calcáneo 204, la faceta media 6 del astrágalo 102, o ambas) se localizó antes de la implantación del implante 20. Preferentemente, las segundas regiones 32 y 42 se superponen con un punto central de la faceta media.

A continuación se describe una metodología de ejemplo para implantar un implante 20 de articulación subastragalina.

En primer lugar, se proporciona un implante 20 de acuerdo con una realización. El implante 20 puede ser uno de los ejemplos discutidos anteriormente o cualquier otra realización que caiga dentro del alcance de las reivindicaciones.

En segundo lugar, se prepara un espacio entre el astrágalo 102 y el calcáneo 104 que es adecuado para alojar el implante 20. El espacio puede prepararse cortando una región del hueso en uno o ambos del astrágalo 102 y el calcáneo 104.

En tercer lugar, el implante 20 se implanta en el espacio de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las primeras regiones 31 y 41 se superponen con una región donde la faceta posterior de la articulación subastragalina (por ejemplo, la faceta posterior 1 del calcáneo 104, la faceta posterior 5 del astrágalo 102, o ambas) se ubicó antes de la implantación del implante 20 y las segundas regiones 32 y 42 se superponen con una región donde la faceta media de la articulación subastragalina (por ejemplo, la faceta media 2 del calcáneo 204, la faceta media 6 del astrágalo 102, o ambas) se localizó antes de la implantación del implante 20.

En un método de ejemplo, se puede usar una sonda para identificar un punto central de una o ambas facetas medias 2 y 6. El punto central identificado se utiliza luego como referencia para realizar los cortes óseos. Una vez que se cortan las superficies, se puede colocar un implante de prueba in situ y luego el retropié se moverá de lado a lado (inversión/eversión) unas cuantas veces para permitir que el implante se asiente en la mejor posición de ajuste. El implante de prueba o una plantilla asociada se puede fijar y utilizar como referencia para colocar la parte relevante del implante final 20 (es decir, la parte de la parte de astrágalo 22 que se va a fijar al hueso o la parte de la parte de calcáneo 24 que se fija al hueso).

Se pueden proporcionar varias características de fijación en la parte de astrágalo 22 y en la parte de calcáneo 24 para permitir que las partes 22 y 24 se fijen rígidamente y de forma confiable a los huesos del astrágalo 102 y calcáneo 104.

Las siguientes funciones de fijación se proporcionan en la realización de ejemplo mostrada en las figuras 9-15.

Como se muestra en la figura 9, por ejemplo, la parte de astrágalo 22 puede estar provista de una aleta rígida 60 y un brazo lateral 62 (en el ejemplo particular mostrado, donde la parte de astrágalo está formada por un componente superior 51 y un componente inferior 52, estas características se proporcionan en el componente superior 51). La aleta rígida 60 puede estrecharse en una dirección de inserción (hacia arriba en las figuras), para facilitar la inserción. La aleta rígida 60 también puede comprender un orificio de fijación 61 para permitir el cruce de la aleta rígida 60 mediante un miembro de fijación tal como un tornillo, perno o pasador. La aleta rígida 60 tiene una sección transversal alargada

cuando se ve desde arriba, proporcionando así estabilidad al implante. El brazo lateral 62 también comprende un orificio de fijación 61 para permitir el cruce del brazo lateral 62 por un miembro de fijación como un tornillo, perno o pasador. La parte de astrágalo 22 comprende además una estructura de superficie que comprende una pluralidad de protuberancias 64 que se extienden hacia arriba. En el estado implantado, las protuberancias 64 se extienden hacia el hueso y ayudan a evitar que se produzca un deslizamiento entre la parte de astrágalo 22 y el astrágalo 102.

Como se muestra en las figuras 13 y 14, por ejemplo, la parte de calcáneo 24 también puede comprender una aleta rígida 66 en la superficie que se acopla contra el hueso del calcáneo 24 (la superficie inferior de la parte de calcáneo 24). La aleta rígida 66 puede comprender un orificio de fijación 61 (o, en el ejemplo mostrado, un corte de fijación 67) para permitir el cruce de la aleta rígida 66 mediante un miembro de fijación 70, tal como un tornillo, perno o pasador (un tornillo 70 que encaja en un orificio roscado 72 en el ejemplo mostrado). La aleta rígida 66 tiene una sección transversal alargada cuando se ve desde arriba, proporcionando así estabilidad al implante 20 en el estado implantado. La parte de calcáneo 24 puede comprender además una estructura de superficie que comprende una pluralidad de protuberancias 74 que se extienden hacia abajo. En el estado implantado, las protuberancias 74 se extienden hacia el interior del hueso y ayudan a evitar que se produzca el deslizamiento entre la parte de calcáneo 24 y el calcáneo 104. En una realización, la parte de calcáneo 24 comprende un orificio de fijación adicional 76 configurado para permitir el cruce de la parte de calcáneo mediante un miembro de fijación tal como un tornillo, perno o pasador, para fijar la parte de calcáneo al calcáneo 104.

REIVINDICACIONES

1. Un implante de articulación subastragalina (20) para reemplazar una articulación subastragalina natural existente entre los huesos astrágalo (102) y calcáneo (104) de un paciente, comprendiendo el implante:

una parte de astrágalo (22) configurada para unirse rígidamente al astrágalo (102); y
una parte de calcáneo (24) configurada para ser unida rígidamente al calcáneo (104), en el que, donde las direcciones superior e inferior se definen en relación con la orientación del implante (20) cuando se implanta en un paciente que soporta peso o está de pie:

una primera (31) y una segunda (32) región de una superficie inferior de la parte de astrágalo (22) están configuradas para estar en contacto con respectivas regiones primera (41) y segunda (42) de una superficie superior de la parte de calcáneo (24) durante el uso;
las primeras regiones (31, 41) están configuradas para permitir el deslizamiento de la primera región (31) de la superficie inferior de la parte de astrágalo (22) sobre la primera región (41) de la superficie superior de la parte de calcáneo (24);

caracterizado por que:
las segundas regiones (32, 42) tienen una forma para definir un punto de pivote (36) o una línea de puntos de pivote y restringir dicho deslizamiento de la primera región (31) de la superficie inferior de la parte de astrágalo (22) sobre la primera región (41) de la superficie superior de la parte de calcáneo (24) a trayectorias que implican el giro de la parte de astrágalo (22) con respecto a la parte de calcáneo (24) alrededor del punto de pivote (36) o puntos de pivote.

2. El implante de la reivindicación 1, en donde el deslizamiento de las primeras regiones (31, 41) entre sí es a lo largo de una trayectoria curva.

3. El implante de la reivindicación 1 o 2, en donde el deslizamiento de las primeras regiones (31, 41) entre sí constituye la rotación de la parte de astrágalo (22) con respecto a la parte de calcáneo (24) alrededor de un eje (34) que se fija durante una parte o la totalidad de un rango permitido de deslizamiento.

4. El implante de la reivindicación 3, en el que, cuando se ve desde arriba, dicho eje (34) pasa por dicho punto de pivote (36), pasa por dicha línea de puntos de pivote, pasa a través de una región adyacente al punto de pivote (36) que se superpone con una o ambas de las segundas regiones (32, 42), o pasa a través de una región adyacente a dicha línea de puntos de pivote que se superpone con una o ambas de las segundas regiones (32, 42).

5. El implante de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde una de las primeras regiones (31, 41) de las superficies inferior y superior comprende una parte de una superficie externa de un tronco.

6. El implante de la reivindicación 5, en donde la otra de las primeras regiones (31, 41) de las superficies inferior y superior comprende una parte de una superficie interna de un tronco.

7. El implante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una de las segundas regiones (32, 42) comprende una protuberancia en forma de bola y la otra de las segundas regiones (32, 42) comprende una depresión en forma de copa o un canal con una base redondeada.

8. El implante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la parte de astrágalo (22) comprende un componente superior (51) configurado para unirse rígidamente al astrágalo (102) y un componente inferior (52) que presenta la superficie inferior de la parte de astrágalo (22), estando formado el componente inferior (52) a partir de un material que tiene un coeficiente de fricción más bajo que el componente superior (51).

9. El implante de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la parte de calcáneo (24) comprende un componente inferior configurado para unirse rígidamente al calcáneo (104) y un componente superior que presenta la superficie superior de la parte de calcáneo, estando formado el componente superior a partir de un material que tiene un coeficiente de fricción más bajo que el componente inferior.

10. El implante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la parte de astrágalo (22) o la parte de calcáneo (24) comprende uno o más miembros de apoyo (46) configurados para restringir el deslizamiento de las primeras regiones (31, 41) entre sí dentro de un rango predeterminado.

11. El implante de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el deslizamiento de las primeras regiones (31, 41) entre sí constituye la rotación de la parte de astrágalo (22) con respecto a la parte de calcáneo (24) y el uno o más miembros de apoyo (46) están configurados para restringir la rotación a un rango de 40 grados o menos.

12. El implante de la reivindicación 14 o 15, en donde la parte de astrágalo (22) comprende al menos uno de los miembros de apoyo (46) y la parte de calcáneo (24) está configurada para ponerse en contacto con uno de los

miembros de apoyo (46) de la parte de astrágalo (22) en uno o ambos extremos del rango predeterminado de deslizamiento de las primeras regiones (31, 41) entre sí.

13. El implante de cualquiera de las reivindicaciones 14-16, en donde la parte de calcáneo (24) comprende al menos uno de los miembros de apoyo (46) y la parte astrágalo (22) está configurada para ponerse en contacto con uno de los miembros de apoyo (46) de la parte de calcáneo (46) en uno o ambos extremos del rango predeterminado de deslizamiento de las primeras regiones (31, 41) entre sí.

14. El implante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las porciones de astrágalo (22) y calcáneo (24) están configuradas para ser implantadas de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las primeras regiones (31, 41) se superponen con una región en la que se encontraba la faceta posterior de la articulación subastragalina antes de la implantación del implante.

15. El implante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las porciones de astrágalo (22) y calcáneo (24) están configuradas para ser implantadas de tal manera que, cuando se ve desde arriba, las segundas regiones (32, 42) se superponen con una región en la que se encontraba la faceta media de la articulación subastragalina antes de la implantación del implante.

Fig. 1

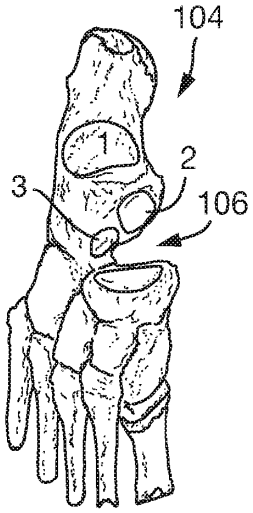

Fig. 2

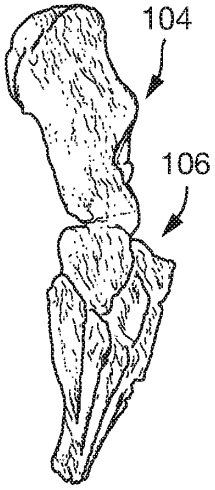

Fig. 3

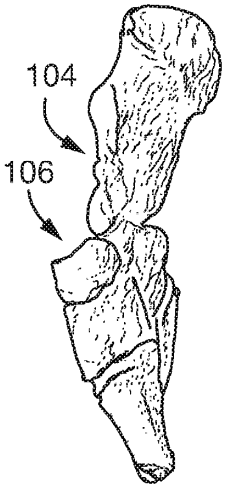

Fig. 4

Fig. 5

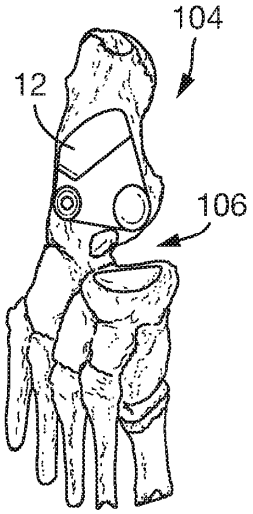

Fig. 6

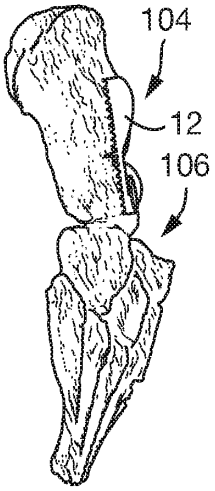

Fig. 7

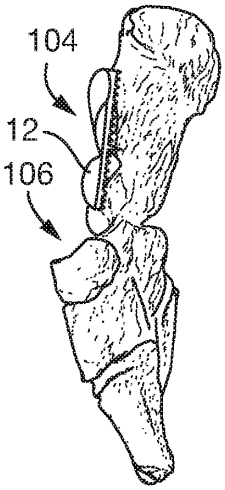

Fig. 8

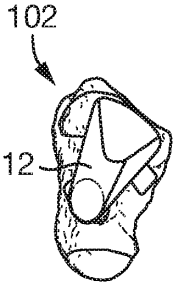

Fig. 9

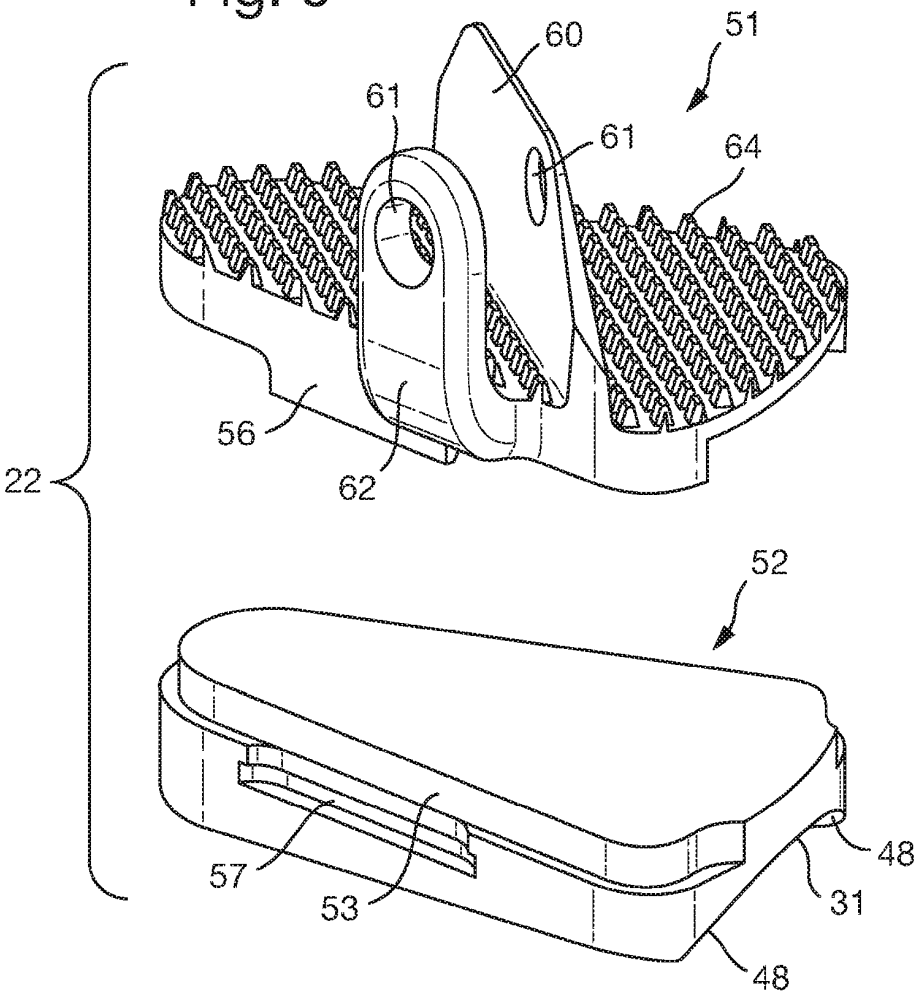

Fig. 10

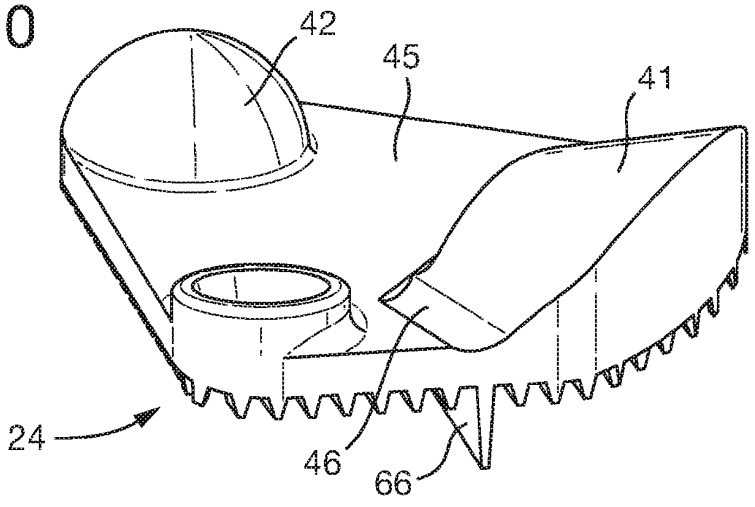

Fig. 11

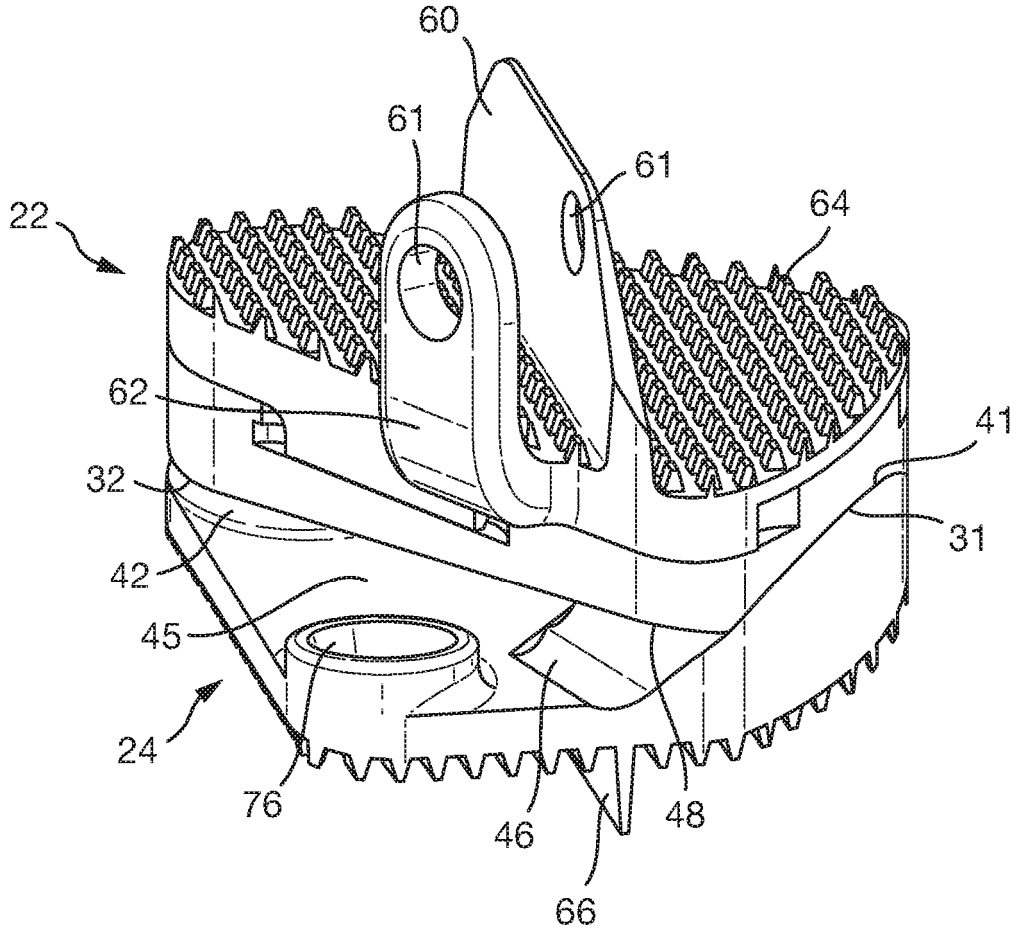

Fig. 12

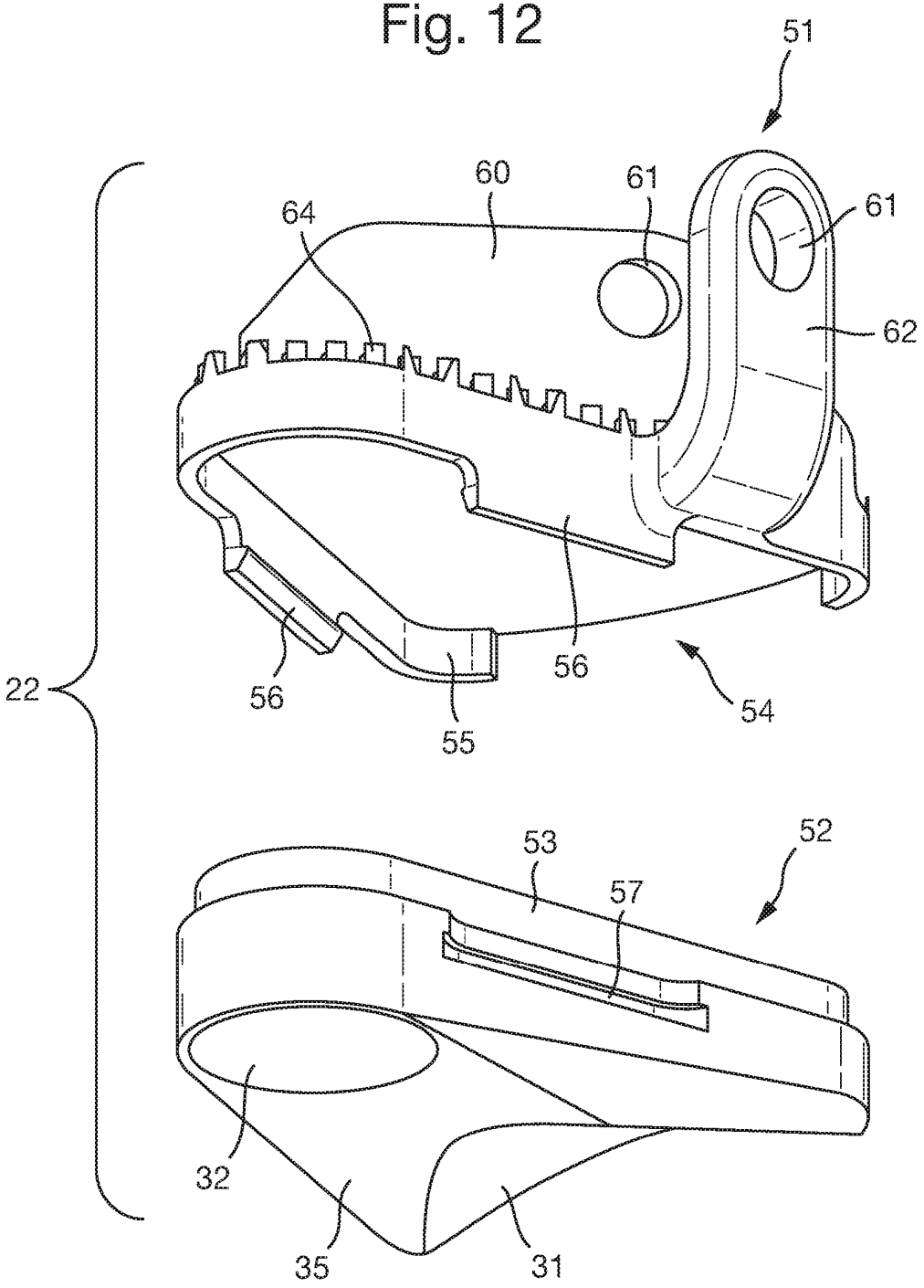

Fig. 13

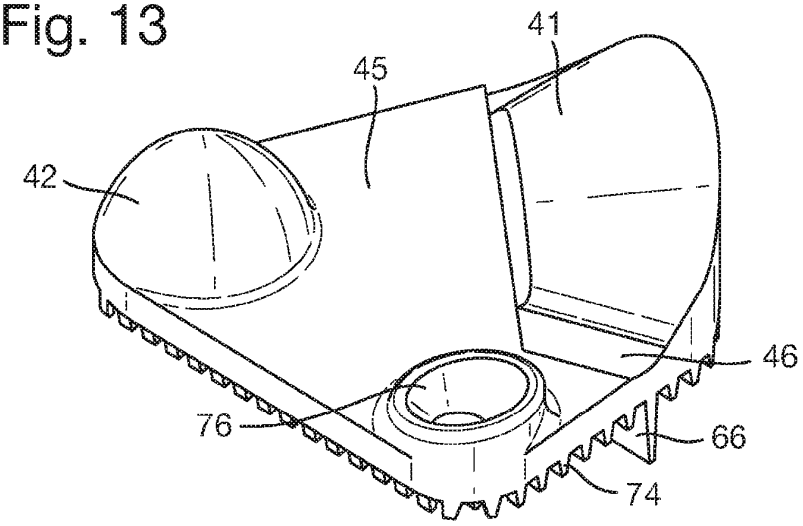

Fig. 14

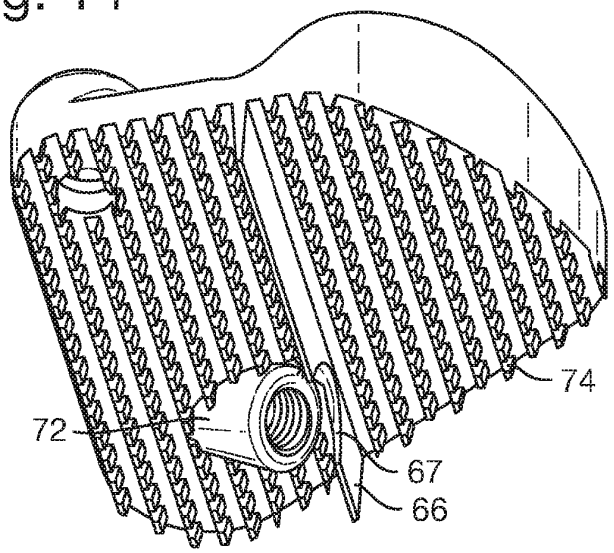

Fig. 15

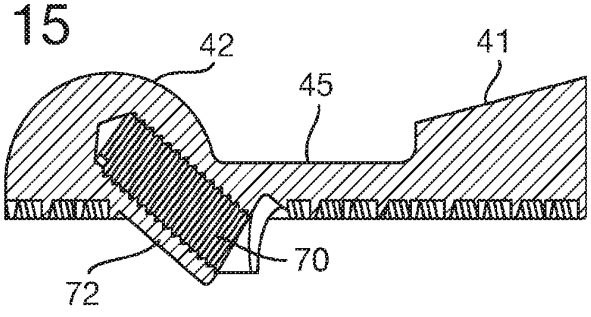

Fig. 16

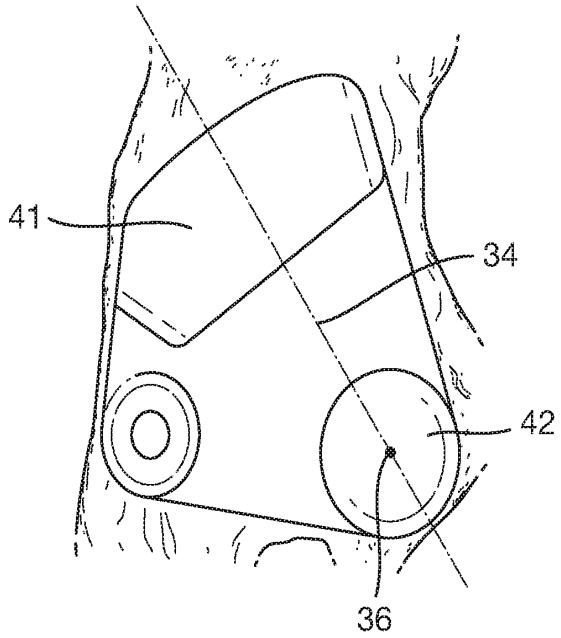

Fig. 17

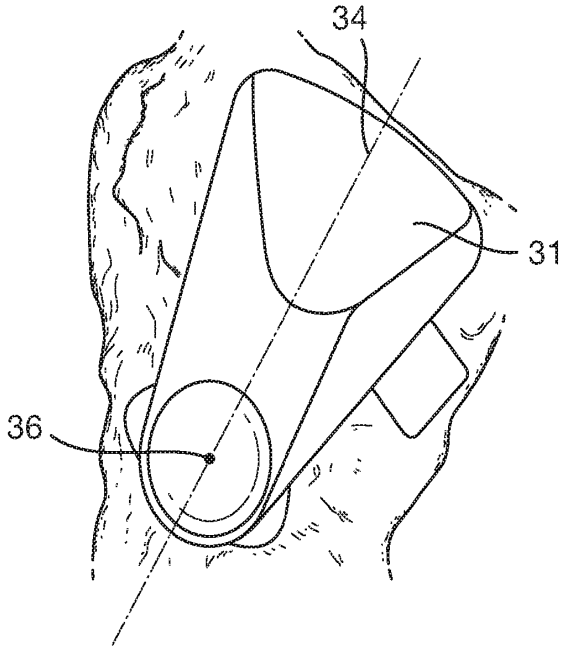

Fig. 18

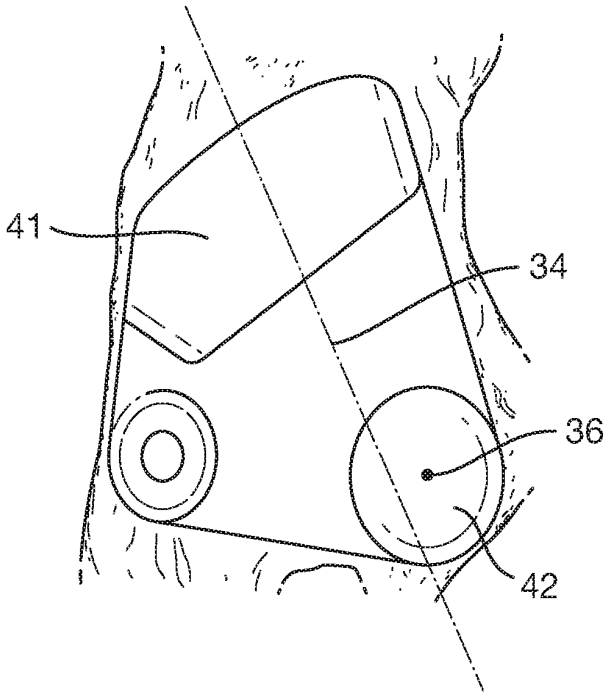

Fig. 19

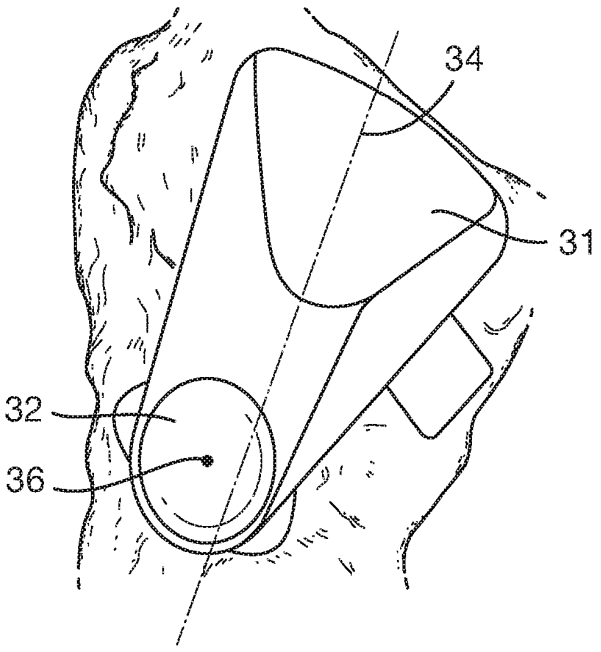

Fig. 20

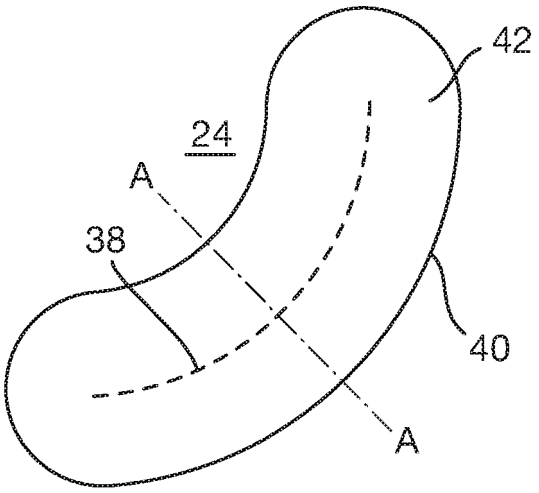
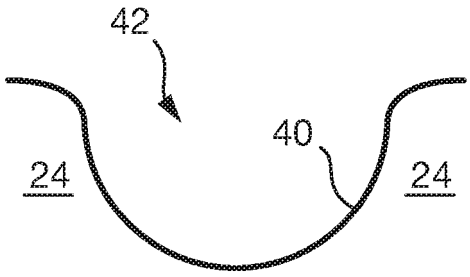
Fig. 21