

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 899**

51 Int. Cl.:

A43B 17/00 (2006.01)

A43B 13/38 (2006.01)

A61F 5/14 (2012.01)

A43B 7/14 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2021 PCT/IB2021/050715**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2021 WO21156717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2021 E 21707368 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023 EP 4099863**

54 Título: **Ortesis plantar**

30 Prioridad:
03.02.2020 IT 20200002008

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2024

73 Titular/es:
CORONA, ROBERTO (100.0%)
Via C. Corradini 234
67051 Avezzano (AQ), IT

72 Inventor/es:
CORONA, ROBERTO

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 972 899 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Ortesis plantar

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una ortesis plantar, esto es, a un dispositivo médico que se utiliza por fuera del cuerpo de un usuario con la finalidad de modificar las características estructurales y funcionales del aparato neuroesquelético muscular, de acuerdo con la definición general introducida por la Organización Internacional de Normalización.

10 En general, mediante el término ortesis se pretende designar aquellos dispositivos que se utilizan como aparatos aplicables al cuerpo con funciones correctoras, pero no como sustitución de partes del cuerpo que falten, a diferencia de las prótesis. En general, una ortesis desempeña la función de conseguir una inmovilización relativa de una articulación o miembro afectado, por ejemplo, por un traumatismo, patologías, torceduras de ligamentos o que han sufrido alguna intervención quirúrgica y a continuación requiere que se utilice un instrumento en el tratamiento de algunas disfunciones para ayudar al paciente con las funcionalidades de uno de sus miembros. Otro uso de la ortesis es el relacionado con la rehabilitación o reeducación funcional. La ortesis, por último, puede ser utilizada para reducir la carga aplicada sobre una articulación y / o miembro y para reducir el dolor asociado.

15 Las ortesis plantares, o simplemente plantillas, y entonces son ortesis que son utilizadas en la planta del pie; son soportes podálicos que se insertan dentro del calzado y cuya finalidad es modificar las relaciones articulares óseas del pie para obtener un reequilibrio estructural mórfico del miembro dependiendo principalmente de la reacción de conexión proporcionada durante la fase de reposo y propulsión.

20 La ortesis plantar queda entonces indicada para su uso tanto como suela interior plantar como en cuanto dispositivo integrado en la suela del calzado, el cual, a su vez, podría ser un calzado destinado a usos especiales, como por ejemplo, un calzado previsto para ejercitar actividades deportivas específicas, o un calzado diseñado para marchas largas, etc.

2. Descripción de la técnica relacionada

25 Las plantillas sustancialmente son ortesis terapéuticas dado que, en general, son utilizadas en todas aquellas circunstancias en las que el pie está aquejado de un dolor. En particular, son utilizadas en el caso de dolores intensos, localizados a nivel plantar, siendo el tratamiento del dolor realizado por medio de una descarga de las áreas de hiperpresión, o en el caso de patologías sistémicas tales como, por ejemplo, artrosis en estado avanzado, artritis deformantes, diabetes, insuficiencia circulatoria severa, o en el caso de la necesidad de corrección de posturas patológicas, como por ejemplo, pronaciones, supinaciones, acortamientos, dismetría, etc.

30 Las ortesis plantares pueden ser clasificadas en base a las características funcionales, en suelas correctoras o funcionales y suelas antiálgicas o suelas con comodidad potenciada.

35 Las suelas utilizadas con fines correctores establecieron como objetivo el de corregir los problemas ocasionados por un descanso plantar incorrecto, principalmente en la edad de desarrollo, esto es, hasta que el aparato esquelético muscular tendinoso es capaz de responder a los esfuerzos externos.

Algunos problemas típicos con los que enfrenta este tipo de ortesis, son la pronación trasera del pie, rodilla valga, pies planos o antepié varo. Con el fin soportar dichas finalidades correctoras, las ortesis plantares funcionales actúan limitando o impidiendo determinados movimientos podálicos.

40 Las suelas antiálgicas, por el contrario, circunscriben su acción al nivel del apoyo plantar y están diseñadas con la finalidad de reducir, limitar e incluso eliminar el dolor provocado después del problema constante del incremento de las superficies de descanso.

45 Generalmente, las suelas antiálgicas están fabricadas a partir de materiales suaves para amortiguar o descargar el peso podálico en las áreas que presenten una mayor carga de presión o en un punto doloroso determinado, pero dicha amortiguación, aparte de disipar la presión plantar, implica incluso una determinada disipación de las fuerzas requeridas para adoptar un paso eficaz que generalmente se transmitiría sobre la cadena cinética y la ausencia total de control de la mecánica del pie.

50 En este punto, incluso las plantillas propioceptivas o sensorimotoras pueden ser mencionadas las cuales, dependiendo de elementos de proyección adecuados con respecto a la superficie de descanso plantar, pretenden acentuar la sensibilidad propioceptiva de los elementos sensoriales situados sobre la planta del pie (proprioceptores) capaces de desencadenar reflejos inducidos y de esta forma modificar la respuesta postural.

En general, para materializar de una forma personalizada las plantillas actualmente utilizadas, se requiere una anamnesis precisa del usuario y es necesario evaluar cuidadosamente las características posturales de marcha del

sujeto, para detectar la huella podálica, las cargas de presión y las áreas sometidas a una carga más elevada aparte de detectar el moldeado específico del pie.

5 Los materiales utilizados en las ortesis plantares generalmente pueden ser los más dispares, pueden agruparse en las siguientes categorías: rígidas, semirrígidas y blandas. Entre estos tipos de materiales se puede mencionar, por ejemplo, el cartón, los polímeros, los denominados materiales de alta temperatura termoplástica, como por ejemplo el polietileno, el polipropileno, los copolímeros - cuya principal ventaja estriba en que mantienen una memoria capaz de hacerlos retroceder hasta una configuración de inicio después de una deformación, y que además resultan de muy larga duración y resistentes - los materiales termoplásticos de baja temperatura, como por ejemplo el plastazote, los cuales son utilizados como capas protectoras para la interconexión ortesis – usuario, las resinas termodeformables composite, las espumas reticuladas y polifenólicas.

10 Los procedimientos utilizados en la fabricación de las actuales ortesis plantares son principalmente dos: la fabricación sobre escayola y fabricación con la retirada del material ejecutado con el procedimiento CAD – CAM.

15 Para las plantillas sobre escayola, el molde del pie es adquirido, obtenido bajo condiciones de carga estática o de carga total, y sobre dicho molde la plantilla es moldeada, construida sobre la superposición de una o más capas planas homogéneas e indiferenciadas de materiales tipo goma, adaptados mediante termoformación al vacío, a la forma moldeada del pie del usuario.

20 Por lo que respecta a los procedimientos para la retirada de material con el procedimiento CAD – CAM, después de haber obtenido un escaneo en 2D y 3D del pie se procede a corregir las imágenes mediante software. A continuación, la huella es enviada a unos cortadores de control numérico que ejecutan la plantilla mediante placas de tratamiento de materiales de tipo goma que presentan una densidad y una consistencia preferenciales mediante la obtención de la suela mediante su extrusión automatizada. Las ortesis obtenidas son bastante simples, a menudo constituidas por una sola capa de material conformado con grosores diferenciados, pero, en este procedimiento de fabricación se consigue simplificar y acortar en gran parte el tratamiento temporal de las fases.

25 En conclusión, una ortesis convencional o de tipo estándar presentará diferentes características y composición para adaptarse al paciente específico y ejecutará unos soportes y unas descargas diversificadas entre el antepié y la parte trasera del pie en base al objetivo que se desea alcanzar desde el punto de vista de la remodelación de las cargas de presión podálicas.

30 Todas las plantillas conocidas pueden ser consideradas principalmente neutrales y estáticas, con respecto al carácter dinámico de la postura, esto es, actúan sobre esfuerzos que están sustancialmente normalizados, esto es, que pueden ser considerados estructuralmente verticales y presentan una intensidad constante en el tiempo.

En efecto, debido a sus características constructivas y a sus propiedades intrínsecas, estas suelas no son capaces de producir ninguna acción dinámica, en el sentido de facilitar acciones diferentes y diferenciadas de respuesta a los diversos esfuerzos dinámicos existentes en la bóveda plantar durante movimientos dinámicos.

35 Las plantillas de tipo tradicional simplemente responden a la necesidad de reducir las formas dolorosas que aparecen en la suela del pie, proporcionando la superficie de descanso o de apoyo más amplia y dividiendo el peso del cuerpo de la forma más homogénea posible, o induciendo correcciones posturales mediante la imposición de manera forzada de algunas posiciones consideradas correctoras por medio de la amplia limitación del movimiento podálico.

40 Dichas correcciones forzadas, mediante la alteración del desarrollo libre de los movimientos podálicos naturales mediante la deambulación – de acuerdo con muchos médicos y técnicos en la materia – incluirían anomalías en la deambulación provocando así inevitablemente la aparición de alteraciones adicionales a lo largo de toda la cadena cinética formada por el pie, la pierna, la pelvis, la espalda, para la compensación del fenómeno natural.

45 El problema técnico subyacente a la presente invención consiste en proporcionar una ortesis plantar que permita corregir los estados posturales alterados y no correctos sin limitar o impedir el libre desarrollo de la dinámica helicoidal podálica, sino estimulando y soportando su desarrollo correcto y en consecuencia induciendo la restauración de las activaciones musculares y motoras correctas en la cadena cinemática global mediante la producción de manera natural del reequilibrio postural del individuo. La solicitud de patente estadounidense Nr. 2011/0247235 A1 describe una ortesis plantar que comprende, en su grosor, un elemento de estabilización cuya finalidad es hacer más rígida la suela en dirección transversal.

50 Con este fin, puede incluir una capa compuesta por un material rígido, o unos elementos que se extiendan longitudinalmente como una columna vertebral, o incluso una matriz de estructuras anulares o de otra forma, que se extiendan sobre el plano de la suela interior.

La presencia de este elemento de estabilización contribuye por tanto a modificar la rigidez y flexibilidad de las superficies plantares de acuerdo con diferentes direcciones.

La solicitud de patente estadounidense Nr. 2019/0200699 A1 describe otra ortesis plantar que comprende una estructura constituida por uno o más hilos de refuerzo cosidos en el grosor de la plantilla, para proporcionarle una mayor resistencia, una mayor rigidez longitudinal y un soporte respecto de una capa superior.

Sumario de la invención

5 Como se acaba de indicar, una configuración ideal de un dispositivo ortopédico plantar, que podría ir más allá de la capacidad de las ortesis convencionales actuales, debe posibilitar las modificaciones adecuadas en el ajuste del pie y sus estructuras de apoyo internas. Optimizándolas, gracias a una propuesta elástica dinámica, por medio de su gestión guiada, con la finalidad de conseguir que el pie adopte las configuraciones de apoyo correctas dependiendo de los diferentes movimientos requeridos a la cadena cinemática global. Dichas consideraciones se amplifican siempre que se penetra en áreas de uso físico extremo, como por ejemplo, en el campo deportivo o militar.

La presente invención, en consecuencia, se refiere a una ortesis plantar de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Formas de realización adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

15 Más en concreto, la invención se refiere a unos dispositivos ortopédicos plantares específicamente diseñados para su uso específico y para las necesidades del usuario, las cuales permitan controlar las tensiones existentes en la cadena cinemática global mediante la gestión adecuada de las fuerzas y momentos que actúan sobre la superficie plantar mediante deformaciones guiadas y controladas – a lo largo de directrices definidas y determinadas – de la propia ortesis y la gestión de las energías elásticas en juego.

20 Dicho resultado se materializa por medio del desarrollo de un engrosamiento perseguido y específico de las secciones transversales de la ortesis, obtenido mediante la superposición no homogénea de capas de materiales con diferentes densidades, diferentes grosores y diferentes características mecánicas, con la finalidad de generar, durante la evolución del movimiento podálico, unas deformaciones no homogéneas de la superficie de la ortesis las cuales, en consecuencia, generen movimientos complejos de la propia ortesis y guíen el miembro para que asuma la evolución correcta de acuerdo con la dinámica natural del movimiento podálico.

25 De acuerdo con dicha técnica, es posible definir incluso directrices privilegiadas para transferir los componentes de energía elástica que se han desarrollado durante el movimiento dentro de la ortesis para recogerlos desde algunas áreas y para liberarlos en áreas diferentes, adecuadamente detectadas, con la finalidad de contribuir y potenciar con ellas a los movimientos podálicos correctos.

30 La aplicación de dicha propuesta se ha desarrollado en el campo de las actividades deportivas y en el de las acciones militares, constituyendo dos áreas entre los escenarios de uso más extremos, sin que de ninguna forma estos campos constituyan una limitación con respecto al uso de dicha propuesta en todos los demás campos imaginables.

En los escenarios diseñados, los objetivos conseguidos son la reducción drástica del riesgo de apariciones de lesiones musculares, de los tendones y de las articulaciones y lesiones de los ligamentos debidas a la sobrecarga y el esfuerzo aparte de los daños a largo plazo debido al desgaste.

35 Dicho resultado se obtiene mediante la generación, en razón del movimiento podálico descrito por la ortesis y por la gestión de la energía, y por la activación motora correcta a lo largo de la cadena cinemática global.

El problema técnico subyacente a la presente invención se resuelve entonces mediante una ortesis plantar según lo anteriormente especificado, caracterizada tal y como se detalla en la reivindicación adjunta 1, mientras que los detalles accesorios adicionales se definen en las reivindicaciones adjuntas dependientes.

40 En estas ortesis plantares, un concepto que se aplica de cara a la producción de estas está concebido para eliminar las causas de lesiones y / o daños, mediante, en primer término, la elaboración de una propuesta preventiva y por tanto no solo respecto de los problemas vinculados con el pie, sino que las evaluaciones se extienden a la totalidad de la cadena cinemática de la cual el pie no es sino un componente.

El interés, por tanto, se dirige no solo a la dinámica plantar, sino incluso sobre todo a la forma en que dicha dinámica está correlacionada con la dinámica musculoesquelética de todo el miembro inferior.

45 Esta nueva ortesis plantar se basa en una lógica que modifica la propuesta clásica de las ortesis plantares tradicionales que se basan en la consideración estática de los componentes verticales (de presión) solo del apoyo plantar. Las tensiones y las energías relativas, que actúan sobre el apoyo plantar, son ahora consideradas como cargas dinámicas complejas que presentan no solo componentes verticales con respecto al suelo, sino incluso componentes cortantes y componentes rotativos y que no aparecen estáticamente con intensidad constante a lo largo del tiempo, sino que muestran una variación persistente en intensidad de los componentes y una continua modificación de los puntos de aplicación y de las direcciones de desarrollo.

50 Además, dichas cargas plantares están relacionadas con las que actúan sobre otros elementos proximales del entero miembro inferior y condicionan todas las actividades motoras a lo largo de las cadenas cinemáticas mediante la determinación y gestión de sus fuerzas en juego.

El control de la gestión de los esfuerzos plantares significa la obtención del éxito en la gestión de los esfuerzos sobre el entero apoyo de las cadenas cinemáticas y por tanto del control de los componentes más perjudiciales y más peligrosos que podrían determinar la aparición de lesiones y / o daños sobre el entero sistema musculoesquelético del usuario.

- 5 La ortesis plantar de acuerdo con la invención es capaz de ampliar la gestión de su propia respuesta elástica, incluso gracias a una planificación personalizada específica de sus componentes estructurales.

Los componentes estructurales característicos de la ortesis resultan entonces diseñados para trasladar los esfuerzos dinámicos sobre la superficie plantar para generar y gestionar deformaciones diferenciadas de la ortesis plantar sometida a una carga para soportar y guiar el movimiento podálico correcto y para transferir la energía mecánica entre los diferentes puntos del apoyo del pie a lo largo de directrices definidas predeterminadas.

- 10 En particular, los componentes estructurales de la ortesis, aparte del movimiento complejo del pie en la fase de apoyo, en razón de sus características mecánicas de deformación diferenciada, acumulan energía en los puntos de intensidad negativa máxima, bajo la forma de energía potencial elástica, y la transfieren hacia otras áreas del apoyo plantar, liberándolas en las áreas en las que dicha energía elástica favorezca la activación de componentes motores favorables al movimiento.

Mediante la gestión adecuada de los esfuerzos sobre el apoyo plantar, es posible, por medio de estas nuevas ortesis plantares, gestionar y controlar la activación motora de los segmentos del cuerpo del tracto superior y controlar los esfuerzos a lo largo de la cadena cinemática global, mediante la ejecución de una neutralización sustancial de las situaciones con mayor riesgo de lesiones.

- 20 Por tanto, en la ortesis plantar de acuerdo con la invención, se dispone el uso de elementos estructurales con diferentes geometrías y características mecánicas peculiares, las cuales, superpuestas y ensambladas entre ellas son capaces de determinar unas características mecánicas homogéneas y no lineales en las diferentes secciones transversales, a su vez, capaces de generar deformaciones no lineales de la entera ortesis.

- 25 Dicha característica podría más adelante obtenerse utilizando materiales especiales los cuales, en placas con grosores uniformes, fueran capaces de presentar características mecánicas diferenciadas entre las diferentes áreas (por ejemplo, mediante la técnica de impresión en 3D y otras).

Entre dichos elementos estructurales existe un elemento dinámico insertado entre las demás capas que componen la ortesis, en particular entre una capa de refuerzo de base y una capa inferior.

- 30 Dicho elemento dinámico se materializa mediante una banda a modo de correa continua que presenta un grosor y una anchura predeterminados que está dispuesta cerca del borde externo de la porción de talón, y la cual se extiende por tanto con una o más ramas a modo de correa hasta tan lejos como las respectivas porciones de apoyo frontales de la ortesis plantar, en particular tan lejos hasta llegar al mediopié externo y cerca del dedo gordo de dicha bóveda plantar.

Este elemento dinámico continuo está fabricado en un material más deformable que el material de las capas que lo engloban.

- 35 Además, el elemento dinámico, que, como se ha dicho, es una banda a modo de correa continua, es capaz de deformarse elásticamente y de modificar su propio tamaño de acuerdo con diferentes direcciones, debido al efecto de la acción no lineal de la deformación de la ortesis debida al movimiento de enrollamiento / desenrollamiento helicoidal de la pronosupinación del pie mediante la generación dentro del mismo de una onda elástica de presión a lo largo de su extensión y su retroceso posterior hasta su propia forma natural.

- 40 De esta manera, el elemento dinámico coopera con los demás elementos estructurales de la ortesis en la transformación y acumulación de la energía debidas al impacto con el suelo, bajo la forma de energía potencial elástica y es capaz de transferir, dirigir y liberar dicha energía desde la porción del talón hasta la porción del metatarso y viceversa, de acuerdo con las directrices privilegiadas diferentes.

Breve descripción de los dibujos

- 45 A continuación se describirá la presente invención de acuerdo con una de sus formas de realización preferente, ofrecida a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

* la figura 1 muestra una vista en perspectiva frontal superior de una ortesis plantar de acuerdo con la presente invención;

* la figura 2 muestra una vista del lado derecho de la ortesis plantar de la figura 1;

- 50 * la figura 3 muestra una vista lateral izquierda de la ortesis plantar de la figura 1;

* la figura 4 muestra una vista frontal de la ortesis plantar de la figura 1;

- * la figura 5 muestra una vista en perspectiva trasera desde arriba de la ortesis plantar de la figura 1;
- * la figura 6 muestra una vista en perspectiva en despiece ordenado de la ortesis plantar de la figura 1, que ilustra sus componentes;
- 5 * la figura 7 muestra una vista esquemática desde arriba de un primer ejemplo de forma de realización de la ortesis plantar de acuerdo con la invención, que ilustra en transparencia los diferentes componentes;
- * la figura 8 muestra una vista detallada de uno de dichos componentes de la ortesis plantar de la figura 7;
- * la figura 9 muestra una vista esquemática desde arriba de un segundo ejemplo de forma de realización de ortesis plantar de acuerdo con la invención, que ilustra en transparencia los diferentes componentes;
- * la figura 10 muestra una vista detallada de uno de dichos componentes de la ortesis plantar de la figura 9;
- 10 * las figuras 11A, 11B y 11C ilustran las diversas fases de la carrera de un usuario de la ortesis plantar de las figuras precedentes;
- * las figuras 12A, 12B, 12C, 12D y 12E ilustran esquemáticamente el curso de algunos esfuerzos dinámicos en un componente elástico de la ortesis plantar de las figuras precedentes en el movimiento en carrera acelerado rectilíneo;
- 15 * las figuras 13A, 13B, 13C, 13D, 13E, 13F y 13G ilustran esquemáticamente el curso de los esfuerzos dinámicos de un componente elástico de la ortesis plantar de las figuras precedentes, sobre el miembro dentro del movimiento de cambio de dirección;
- * las figuras 14A, 14B, 14C, 14D y 14E ilustran esquemáticamente el curso de los esfuerzos dinámicos de un componente elástico de la ortesis plantar de las figuras precedentes, sobre el miembro fuera del movimiento de cambio de dirección;
- 20 * la figura 15 ilustra esquemáticamente un ejemplo para reforzar la bóveda de la ortesis plantar de las figuras precedentes;
- * las figuras 16A, 16B, 16C, 16D, 16E, 16F y 16G ilustran tipos de deformación típicos de la ortesis plantar en diversas subfases del movimiento de Apoyo (Contacto, Intermedio, Transición y Empuje Intermedio) de acuerdo con modos inherentes y característicos de la propia ortesis.
- 25

Con referencia a las figuras, una ortesis plantar se designa en conjunto con la referencia numeral 1, formada por una pluralidad de capas superpuestas que se describirán en las líneas que siguen. Estas capas constituyen componentes semimanufacturados desarrollados dimensionalmente de una forma computerizada mediante un procedimiento para cortar un sustrato con trazador de control numérico. Además dichos componentes se pueden obtener incluso mediante impresión digital con impresoras en 3D.

Descripción de algunos ejemplos de formas de realización de la invención

La ortesis comprende una capa de refuerzo de base, la cual a continuación puede ser simplemente designada como base o marco de la ortesis, designada con la referencia numeral 5, que se extiende dimensionalmente sobre casi la totalidad del apoyo podálico, o al menos a partir del talón hasta el área metatarsiana, y, a continuación, recibe sobre su superficie la parte trasera del pie y las zonas de mediopié. La capa de refuerzo de base 5, la cual está en posición intermedia con respecto a las otras capas, constituye un componente de apoyo de la estructura de la ortesis plantar, el chasis o bastidor sobre las cuales se ensamblan los demás componentes.

Dicho elemento, con sus diferentes geometrías y sus características mecánicas, principalmente desempeña las funciones de gestionar, guiar y distribuir, sobre los demás componentes, las deformaciones diferenciadas de las diferentes áreas de descanso del pie durante las diferentes fases del movimiento podálico.

Por tanto, desempeña el papel de apoyo de la total estructura de la ortesis plantar 1, y es la base estructural que ejecuta la tarea de soportar los demás componentes estructurales y controlar la distribución de las diferentes interacciones entre ellos.

Por tanto, la capa de refuerzo de base 5 es el elemento estructural que ejecuta la tarea fundamental de soportar los movimientos mecánicos de la bóveda plantar en su acción no lineal de enrollamiento / desenrollamiento helicoidal de pronosupinación. Gracias a las específicas geometrías con las que está diseñada y a la capacidad intrínseca de transferir el movimiento y las deformaciones hacia otros componentes estructurales de la ortesis, dicha capa de refuerzo de base es capaz de generar deformaciones no lineales.

En general, pero no necesariamente, la capa de refuerzo de base 5 está compuesta por material a base de resina termoplástica con características de rigidez bastante pronunciadas pero también provista de características elásticas

notables, tales como a modo de ejemplo no exhaustivo, los materiales conocidos con las marcas CrispinFlux™, Superflex™, Rheno™, RhenoFlex™.

Puede tener un grosor comprendido entre 0,6 mm y 1,2 - 1,8 mm, dependiendo de la rigidez preferencial e incluso dependiendo del nivel seleccionado del grado de rigidez de la ortesis plantar.

- 5 De esta manera, es posible obtener una ortesis plantar que puede disponer de tres a cinco niveles distintos de rigidez y respuesta mecánica, en igualdad de condiciones para soportar mejor las características físicas y funcionales de los diferentes usuarios.

- 10 A modo de ejemplo, dos jugadores de tenis pueden tener el mismo tamaño de calzado pero pueden diferir en cuanto a peso, altura, tono y masa musculares, resistencias y elasticidad muscular, tipo de características físico - atléticas y por tanto, incluso si utilizan el mismo modelo plantar necesitarán diferentes calibraciones de resistencia, rigidez y elasticidad de la ortesis, las cuales pueden obtenerse calibrando los diferentes grosores de los componentes o seleccionando diferentes materiales, dentro de un abanico de soluciones posibles coherentes entre sí.

La ortesis plantar 1 comprende una capa de cubierta 2, o capa de soporte, que es la capa en la posición superior con respecto a las demás capas y es sobre la que descansa el pie.

- 15 La capa de cubierta 2 presenta los tamaños de la base de la suela del calzado que la recibe o la incorpora, y constituye por tanto el elemento de extensión máxima de la ortesis plantar.

Principalmente constituye el elemento que define la geometría plantar. Con respecto a su función técnica, tiene que desempeñar incluso la función de microamortiguación de los esfuerzos podálicos, sin embargo sin que ello permita la disipación de las cargas y de las fuerzas que actúan sobre el apoyo plantar.

- 20 Los materiales que pueden ser utilizados para la capa de cubierta son por tanto materiales como la goma de alta densidad y de un tipo no excesivamente elástico como los conocidos con las marcas EVA™, EVATECH™, EVAELAST™, NORA LUNASOFT™ y similares de uso tradicional para superficies de apoyo de las ortesis plantares.

- 25 Los grosores de la capa de cubierta 2 pueden variar de 2,5 mm a 4 - 5 mm, dependiendo del nivel de comodidad que se quiere conseguir y, sobre todo en el caso de calzado deportivo muy apretado, como por ejemplo, los de fútbol o los del ciclismo de carretera, según las dimensiones globales disponibles y de constricción del propio calzado.

- 30 La capa de cubierta 2 puede incluir un revestimiento que cubra su superficie superior en contacto con el apoyo plantar 3, y que tenga que protegerse del desgaste debido al frotamiento y a la fricción con el pie de los componentes intermedios subyacentes, que es el elemento de cubierta y los elementos de soporte de descarga 6 que se describirán más adelante. Además, el revestimiento 3 puede desempeñar la tarea de absorber y disipar el sudor del pie, y tiene que estar fabricado a partir de materiales antialérgicos y biocompatibles, como por ejemplo, DRYFEET™, Microfibra™, LUXOR™, THUNDER PODODRY™. Los grosores son los mínimos posibles.

- 35 La ortesis plantar 1 comprende una capa inferior 4 que desempeña la tarea de acabado de la superficie inferior, que es la situada en contacto con la suela del calzado, y la que protege del desgaste debido al frotamiento y fricción con la superficie de la suela. La capa inferior 4 puede incluso desempeñar la tarea de adherir la planta a la superficie de la suela del calzado. En general, se utiliza, para la capa inferior, un material plástico transparente termoconformable translúcido con un grosor de aproximadamente 0,7 mm o un material de acabado, por ejemplo, Flexan™, con un grosor de aproximadamente 0,6 mm.

- 40 La capa de refuerzo de base 5 de la ortesis plantar puede opcionalmente estar acoplada con otro elemento de refuerzo, denominado elemento de refuerzo de bóveda 15, que es una capa de refuerzo adicional que incrementa el grosor de la capa de refuerzo de base 5 de manera limitada a la porción de la bóveda plantar de la ortesis plantar 1, que une la porción de talón y la porción sobre la que descansa el metatarso. Dicho elemento de refuerzo de bóveda 15, se representa, de manera indicativa, en la figura 15 y, de existir, queda situada entre la capa de refuerzo de base 5 y la capa de cubierta 2.

- 45 El elemento de refuerzo de bóveda 15 está diseñado principalmente para incrementar el soporte de la bóveda plantar y contribuye a la acción del refuerzo de base 5 en la gestión de las fuerzas elásticas existentes, determinando una modificación del grosor de las secciones transversales implicadas de la ortesis plantar y con ello de las propiedades mecánicas de deformación en dichas zonas.

- 50 Dichas modificaciones de las propiedades mecánicas de la ortesis del área de la bóveda plantar, obtenidas con una dosificación adecuada de la geometría y el grosor del refuerzo de bóveda 15, son extremadamente importantes en la obtención de la gestión apropiada de la acción lineal del enrollamiento / desenrollamiento helicoidal de la pronosupinación, en la dinámica helicoidal podálica durante los movimientos dinámicos de la bóveda plantar.

Por esta razón, la capa de refuerzo de bóveda 15 está generalmente fabricada a partir de materiales a base de resinas termoplásticas, con unas características de grosor bastante marcadas pero además provistas de características elásticas resistentes, por ejemplo los materiales conocidos con las marcas CrispinFlux™, Superflex™, Rheno™,

RhenoFlex™. Los grosores de dichos elementos pueden variar de 0,8 mm a 1,4 - 1,8 mm dependiendo del material seleccionado y del nivel de rigidez requerido con respecto a las características físicas y funcionales de los diferentes usuarios, como respecto de la capa de base 2.

5 El elemento de refuerzo de bóveda 15 plantar en razón de su forma geométrica específica y de la naturaleza de sus grosores y materiales, determina y gestiona, junto con los demás elementos estructurales conectados a aquél, la deformación diferenciada de la ortesis plantar global de acuerdo con las líneas de deformación coherentes con los movimientos podálicos correctos definidos por el movimiento complejo definido por la composición de rodamiento del pie en reposo y de la hélice de pronación / supinación podálica.

10 Por encima de la capa de cubierta de soporte 2, la ortesis plantar comprende unos elementos de soporte y descarga 6, situados en la región calcánea y en la región metatarsiana, materializados en unos soportes con distintas formas y tamaños compuestos de un material tipo de goma de baja densidad, como por ejemplo, PORON™, NOENE™ y similares, asignadas a la descarga y disipación de los excesos de presión en las áreas más críticas del apoyo plantar. Pueden estar situados en posición de interbloqueo en unos rebajos apropiados 7 o en unos cortes perfilados, ejecutados por medio del trazador de corte sobre la capa de cubierta. Los grosores principalmente se corresponden con la capa de cubierta 2, pero pueden incluso sobrepasar dichos grosores en unos pocos mm, para quedar situados proyectándose con respecto a la superficie de cubierta 2 con la finalidad de obtener incluso una estimulación propioceptiva de los biosensores del pie.

20 Junto con dichos elementos de refuerzo y descarga 6, la ortesis plantar 1 puede incluir, en su grosor, esto es, en general, sobre la superficie de la capa de cubierta 2 incluso sustituyendo la capa de revestimiento 3, un número variable de sensores, que pueden ser sensores de presión pero incluso pueden ser sensores de otra naturaleza - tal como se especifica más adelante - 20 (Figura 17), que pueden estar situados en la porción de talón, en la parte media del pie y en la porción metatarsiana trasera o incluso sobre la superficie global definida por la capa de cubierta 2.

25 Además, puede disponerse un acelerómetro de triple eje, de modo preferente situado en la porción de la bóveda plantar cerca de dicho elemento de refuerzo de bóveda 15, o incluso una serie de sensores de deformación a lo largo de la entera superficie de la ortesis.

30 Estos sensores 20 pueden proporcionar una serie compleja de datos biomecánicos y biológicos detectados y pueden estar conectados a un terminal, por ejemplo, un teléfono inteligente u otro soporte electrónico, con una conexión inalámbrica, por ejemplo de tipo BlueTooth™, sobre el que esté instalado un software de gestión apropiado, capaz de monitorizar la información biológica y biomecánica detectada para una evaluación compleja de la postura estática y dinámica y de otras variables sensibles de un usuario durante el desarrollo efectivo de la actividad deportiva.

Por último, la ortesis plantar 1 comprende un elemento de transporte dinámico de energía o simplemente un elemento dinámico 8, situado entre la capa inferior 4 y la capa de refuerzo de base 5.

El elemento dinámico 8 está formado por una banda a modo de correa, con diferentes formas y / o tamaños, la cual generalmente se extiende desde el área del talón hasta la porción delantera de la ortesis plantar.

35 En este ejemplo de forma de realización, el elemento dinámico 8 consiste en una banda a modo de correa que está situada cerca del borde externo de la ortesis plantar 1 al nivel del talón, y se extiende con una o más bandas de extensión que forman una única pieza con la banda de talón, de manera que el elemento dinámico presente una continuidad del talón hasta las dos porciones de apoyo delantero de la ortesis plantar 1 situadas cerca de la ortesis plantar 1, por tanto, con referencia a la suela del pie del usuario, uno sobre la mitad del pie externo y el otro a lo largo de la directriz del dedo gordo del pie.

En una forma de realización más preferente, dicha banda a modo de correa, la cual adopta un perfil doblado en la porción de talón, forma un cruce a modo de X en una porción central de la ortesis plantar 1 y, por tanto, se extiende de manera continua hasta dos porciones del apoyo delantero de la ortesis plantar 1 situadas lateralmente cerca del borde de la ortesis plantar 1, que son el primero y el quinto metatarso, respectivamente.

45 El elemento dinámico 8 contribuye con su propio grosor, junto con la capa de refuerzo de base 5 y en el caso del refuerzo de bóveda plantar 15, caso de que exista, a generar la deformación no lineal de la ortesis plantar durante la fase de descanso del pie y para desarrollar la deformación propuesta de la ortesis de acuerdo con las directrices privilegiadas detectadas por el biomecanismo de la hélice podálica.

50 El elemento dinámico 8 está compuesto por un material elástico que es deformable, gracias a sus características elásticas hasta un punto superior al de las capas que lo engloban.

55 Por tanto, el elemento dinámico 8 es también el elemento asignado para definir las directrices privilegiadas de la transferencia de energía potencial elástica durante el movimiento de desenrollamiento y enrollamiento de la hélice podálica según lo anteriormente descrito, mediante la gestión de las directrices privilegiadas de la propagación de ondas elásticas durante la deformación de la superficie plantar en el movimiento podálico. Este elemento 8 interactúa en dicha actividad, con la capa de refuerzo de base 5 y con el elemento de refuerzo de bóveda 15, en el caso de que posiblemente esté presente, en la fase de acumulación, distribución y liberación de la energía elástica generada dentro

de la ortesis durante el movimiento de deambulación y constituye el elemento principal en la dirección de dicha energía de acuerdo con las directrices predeterminadas.

5 El elemento dinámico 8, junto con la capa de refuerzo de base 5 y el elemento de refuerzo de bóveda plantar 15 es por tanto el elemento estructural capaz de determinar elásticamente, mediante el alargamiento o el acortamiento, en diferentes direcciones o de quedar sometido a la torsión experimentada por la acción de las fuerzas aplicadas a aquél y de retroceder después a su propia forma natural, sus propiedades elásticas le permiten ventajosamente quedar comprimido por una fuerza aplicada sobre su superficie o sometido a tracción. Su principal finalidad es la de acumular, dirigir, transferir y liberar la energía mecánica que se ha desarrollado sobre la totalidad de la ortesis plantar.

10 El mismo material del que está compuesto el elemento dinámico 8, es capaz de modificar su propio grosor y, si queda sometido a presión, deformarse elásticamente y es capaz de generar dentro del mismo una onda de presión elástica que se transmita a lo largo de la extensión y que a continuación retroceda hasta su forma natural. Sus capacidades elásticas, esto es, sus módulos elásticos de acuerdo con diversas direcciones, podrían ser lineales o preferentemente no lineales.

15 Los grosores de base del elemento dinámico 8 pueden variar de 1,0 mm a 1,4 - 2, 2 mm, de acuerdo con el material seleccionado y el nivel de rigidez elástico requerido con respecto a las características físicas y funcionales de los diferentes usuarios.

20 El elemento dinámico 8, junto con el elemento de base 5 y con el refuerzo de bóveda plantar 15, por tanto es el elemento estructural capaz de deformarse elásticamente mediante el alargamiento o el acortamiento, en diferentes direcciones o de quedar sometido a torsión mediante la sujeción a la acción de las fuerzas aplicadas a aquél, con la finalidad de gestionar las direcciones privilegiadas de la propagación de ondas elásticas.

25 Dicho elemento dinámico 8 es capaz de generar dentro del mismo una onda elástica y, a continuación, de retroceder hasta adoptar su propia forma natural, siendo su finalidad la de acumular, transferir y hacer retornar la energía mecánica. Constituye un elemento de tipo elástico cuyas capacidades elásticas (módulos elásticos de acuerdo con diversas direcciones) podrían ser lineales o, de modo preferente, no lineales: de modo ventajoso sus propiedades elásticas permiten que sea comprimido por una fuerza aplicada sobre su superficie o sometido a tracción.

30 El elemento dinámico 8 puede ser fabricado en diferentes materiales, por ejemplo plásticos, poliméricos y materiales composite con fibras de vidrio, carbono, Kewlar™ y otras fibras aramidicas, metales y aleaciones tales como acero, titanio, tungsteno, tántalo. Con esta finalidad, podrían diseñarse formas, para dichos elementos estructurales, que recuerdan todos los tipos y principios de resortes conocidos en la mecánica de acuerdo con el uso y las funciones correspondientes a estos elementos, como por ejemplo, los componentes asignados en la fase de diseño.

Con referencia a las imágenes de las Figuras 7 a 10, en ellas se muestran dos ejemplos de formas de realización de la ortesis plantar 1, ambas con un elemento dinámico interno 8 formado por una banda a modo de correa, en la porción de talón de la ortesis plantar 1 y que forma un anillo 9 dispuesto cerca de los bordes de dicha porción de talón.

35 En la porción de la bóveda plantar de la ortesis plantar 1, el elemento dinámico 8 se une mediante la formación de un entrecruzamiento en forma de X, y a continuación se extiende con una primera rama interna 11, hacia el quinto metatarso, y con una segunda rama externa 12, en la dirección del primer metatarso, que es el del dedo gordo, con un extremo que se extiende sustancialmente a lo largo del entero primer metatarso.

Con referencia a la figura 8, la rama interna 11 de este primer ejemplo de forma de realización, se extiende hasta sobrepasar la frontera entre el talón y el metatarso, y presenta un extremo terminal cerca de dicha frontera.

40 Con referencia a la figura 10, en ella se muestra un segundo ejemplo de forma de realización, donde la rama interna 11 se extiende por el entero hueso metatarsiano del quinto metatarso.

45 Con referencia por el contrario a la figura 6, en ella se muestra un elemento dinámico 8 con una conexión diferente entre el anillo 9 y las ramas 11 y 12, el anillo 9 está cerrado de nuevo por una primera rama transversal 13, mientras que, lateralmente, se extiende en paralelo con el borde de la ortesis plantar 1, uniendo las ramas interna y externa 11 y 12 que están también unidas por una segunda rama transversal 14 que forma, con la primera rama transversal 13 y el tracto inicial de las ramas interna y externa 11 y 12 comprendido entre ambas ramas transversales 13 y 14, un cuadrilátero, cuya posición sustancialmente se corresponde con la porción de la bóveda plantar de la ortesis plantar 1.

50 Estos tres ejemplos de formas de realización, y todas las variantes comprendidas o no en ellas, considerando separadamente los cambios de forma, también los cambios en cuanto a los materiales y grosores, pueden ser adaptados a diversas actividades, permitiendo de esta manera planificar una ortesis plantar gradualmente adecuada a una actividad específica, la cual podría ser una actividad deportiva, militar u otra actividad específica o referida a una actividad diaria de usuarios que requieran correcciones de postura o acciones antiálgicas.

55 Así mismo, se pretende significar que la ortesis plantar anteriormente relacionada, que comprende los elementos dinámicos mencionados y sus respectivas funciones específicas podría ser aplicada a cualquier conexión intermedia

entre el suelo y el pie, como por ejemplo, suelas de calzado, calcetines, plantillas o plantillas ortopédicas, plantillas integradas en el calzado, etc.

Gracias al elemento dinámico anteriormente descrito 8, la capa de refuerzo de base 5 y, en su caso, la capa de refuerzo de bóveda 15 y gracias a sus diferentes grosores generados en sus secciones transversales, la ortesis plantar 1 presenta la capacidad de deformación, durante la fase de descanso podálico en movimiento, de forma diferenciada y preordenada, en particular mediante el seguimiento de las directrices definidas por el propio movimiento del pie y de la transferencia de energía elástica en direcciones adecuadas definidas.

El movimiento complejo del pie durante su apoyo es la composición de su movimiento rotatorio en la dirección de movimiento y en la dirección de los movimientos dictados por el biomecanismo de transmisión podálico, que se traduce en el llamado enrollamiento y desenrollamiento de la hélice podálica. Este movimiento complejo determina una modificación continua de la arquitectura del pie durante el desarrollo del movimiento. Simplificando, aparte del movimiento de rodamiento natural en la dirección hacia delante, se producen los movimientos de pronación y supinación debidos al movimiento helicoidal podálico en la fase filogravitatoria (desenrollamiento) y en la fase antigraavitatoria (enrollamiento) que están sincronizadas y alternan entre la parte trasera del pie (talón) y el antepié (metatarso) que se corresponden con la porción del talón y con la porción delantera de la ortesis 1.

Dichas deformaciones de la ortesis plantar 1 predeterminadas mediante la planificación de acuerdo con la dinámica del biomecanismo de transmisión helicoidal podálica se describen en las imágenes contenidas en las Figuras 16A a 16G.

Mediante dicha solución técnica, el movimiento helicoidal natural del pie es soportado, en el supuesto de ausencia de defectos posturales del sujeto en fase deambulatoria, y guiado en el supuesto de la presencia de dichos defectos posturales. Dado que un defecto postural del apoyo plantar determina automáticamente un defecto de la activación muscular y articular de todos los segmentos del cuerpo interconectados con el pie, de acuerdo con las respectivas cadenas cinemáticas conectadas a él, se entiende que ello puede generar la aparición de desequilibrios operativos, y por tanto lesiones en segmentos sometidos a condiciones críticas de esfuerzo físico.

El elemento dinámico 8 y la capa de refuerzo de base 5, en su caso junto con el refuerzo de bóveda plantar 15, durante la fase de descanso o apoyo del pie, son comprimidos y deformados durante el movimiento de desenrollamiento del pie, y se extienden y tienden a retroceder a su forma original durante la fase de enrollamiento: al hacerlo, transmiten energía a través de una deformación elástica que no es homogénea debido a los diferentes grosores y a las consistencias diferenciadas en las diversas secciones transversales de la propia ortesis concentrándola a partir de las áreas de descanso en las que podrían resultar peligrosas y liberándolas, gracias a la acción del elemento dinámico 8, en diferentes áreas en las que ellas constituyen un soporte ventajoso y un estímulo a las fuerzas podálicas implicadas en la fase positiva y correcta del movimiento, al favorecerse, de otra manera, las activaciones correctas motrices incluso en los segmentos ascendentes de todo el miembro inferior y del tronco pertenecientes a la cadena cinemática implicada.

La deformación no lineal de la ortesis, gestionada por la falta de homogeneidad en cuanto a la consistencia y sectores de las secciones transversales, es por tanto capaz de seguir el movimiento natural compuesto del pie y de favorecer la dirección y distribución de las energías acumuladas en la ortesis plantar 1 de acuerdo con las líneas fisiológicas definidas por el movimiento correcto del pie en sus diferentes configuraciones dinámicas.

En detalle, es posible esquematizar en una primera aproximación del movimiento del pie su fase de descanso sobre el suelo como composición no lineal, de su movimiento de rodamiento, en el que el pie desarrolla una flexión arqueada de su estructura a lo largo de un eje geométrico longitudinal, con los dos movimientos de enrollamiento y desenrollamiento de la biomecánica helicoidal podálica. Precisamente porque esquemáticamente es posible dividir dicho movimiento global del pie durante las fases de reposo: 1. Contacto, 2. Fase intermedia que evoluciona en algunas subfases y 3. Empuje.

En la primera fase de contacto, el pie comienza descansando sobre el suelo y mantiene una distribución neutra con respecto a sus ejes; la ortesis plantar permanece neutra con respecto a sus deformaciones sobre los tres ejes geométricos (Figura 16A y 16B).

En la fase subsecuente intermedia del contacto con el suelo, una primera subfase se caracteriza por mantener la neutralidad del pie con respecto a su eje geométrico longitudinal, pero incluso por la presencia de un movimiento de pronación del talón y un consiguiente movimiento de supinación del antepié, determinados por el desencadenamiento de la mecánica del desenrollamiento de la biomecánica helicoidal. En esta fase, la plantilla soporta y gestiona dicho movimiento a través de una deformación guiada de torsión de forma helicoidal a lo largo del eje geométrico longitudinal (Figura 16C y 16D), favorable a la pronación del talón y a la supinación del antepié.

En su deformación, la ortesis plantar acompaña dichos movimientos y gestiona su intensidad, incluso ajustando las anchuras apropiadas.

En la evolución subsiguiente de la fase intermedia, se desarrolla una segunda subfase en la que los movimientos de pronación de talón y de supinación del antepié regresan a la neutralidad de la distribución podálica, y al mismo tiempo

la flexión del pie y de la dinámica de enrollamiento a lo largo de la directriz de su eje geométrico longitudinal evoluciona y avanza. En dicha subfase, la plantilla, de acuerdo con la dinámica podálica, reduce progresivamente sus propias deformaciones de torsión a lo largo del eje geométrico longitudinal y recupera la neutralidad con respecto a dichas directrices de deformación. De acuerdo con el movimiento del pie, la ortesis plantar desarrolla progresivamente una deformación de flexión a lo largo del eje geométrico longitudinal (Figura 16E) y una vez más soporta, guía y contribuye al movimiento del pie.

En la tercera fase de apoyo, la de empuje, la biomecánica helicoidal podálica impone la contracción de la estructura del pie, el enrollamiento helicoidal podálico y la consiguiente supinación del talón y pronación del antepié para generar el empuje; aparte de dicha dinámica, en primer término, tiene lugar una flexión adicional y por tanto su inversión progresiva, en la extensión de la flexión plantar que se había generado en la fase precedente con respecto al movimiento de rodamiento del pie a lo largo de la directriz del eje geométrico longitudinal. En dicha fase, la ortesis plantar activa una deformación controlada de torsión de forma helicoidal a lo largo del eje geométrico longitudinal (Figuras 16F y 16G) favorable a la supinación del talón y a la pronación del antepié y por consiguiente recupera progresivamente la neutralidad con respecto a la deformación a lo largo del eje geométrico longitudinal. En esta nueva deformación, la ortesis plantar todavía acompaña los movimientos torsionales del pie y gestiona su intensidad ajustando incluso las anchuras apropiadas.

EJEMPLO

Con el fin de ilustrar el funcionamiento de la ortesis plantar anteriormente mencionada, se acompaña un ejemplo explicativo en las líneas que siguen.

Durante una carrera, se pueden detectar cuatro fases que constituyen el ciclo de trabajo de los miembros inferiores.

La primera fase es la de elevación: una vez que el miembro de apoyo se ha separado del suelo, los miembros, con el fulcro al nivel de la pelvis, actúan en dirección opuesta; el pie del miembro libre se desplaza rápidamente hacia delante debido al efecto de la extensión del muslo y la pierna. El pie del miembro de empuje se separa de la pelvis, la articulación de la rodilla resulta casi completamente extendida y la cadera se proyecta hacia atrás.

Mientras el miembro trasero se desplaza hacia delante, el pie de la parte delantera cae hacia abajo justo delante de la rodilla. El miembro que desciende hacia el suelo permite que el pie asuma la posición de reposo más cerca de la vertical de la pelvis (Figura 11A).

Se produce la llegada hasta el suelo, esto es el establecimiento de contacto con el suelo tiene lugar en un primer tiempo con la porción externa del pie, y a continuación la superficie de descanso se incrementa hasta que el cuerpo pasa por encima de esta parte: el miembro inferior cede, mediante su flexión, tras el impacto; en este momento el atleta asienta su posición de asentamiento sobre el suelo del pie amortiguando el movimiento del centro de gravedad hacia abajo con la consiguiente ralentización de la velocidad horizontal (Figura 11B).

Una vez finalizada la fase de amortiguación, comienza la fase de empuje, esto es, la porción positiva de la acción del pie con la aplicación de la fuerza sobre el suelo y la relajación de los músculos extensores sobre la pierna. La fase de extensión comienza a partir de los músculos de la pelvis, más lentos pero más potentes, hasta finalizar con los músculos del pie; la acción se completa con el pie situado lejos de la pelvis, la cual abandona el suelo con su porción interna (Figura 11C).

La fase más importante, con la finalidad de comprender mejor las lesiones ocasionadas por la carrera, es la fase de apoyo que puede dividirse en tres periodos:

Contacto: el pie presenta una relación con el suelo con el borde externo, debido a la inversión del pie en el momento del impacto. Esta parte dura un 25% del tiempo de apoyo total. En esta fase, el pie de apoyo está delante del centro del cuerpo de gravedad, mientras que el antepié se sitúa en contacto con el suelo y amortigua el impacto incluso gracias a la acción del tríceps sural. En verdad, los corredores hacen contacto con el suelo de tres maneras, con el antepié, con el talón y con la totalidad de la planta del pie.

Intermedio: durante este periodo, que se corresponde con el 40% del tiempo de apoyo, el pie está en eversión. La pronación, de hecho, es un movimiento del pie normal que contribuye a mitigar el impacto con el suelo, transmitiéndolo del talón a la porción restante del pie. La pronación del pie es un episodio pasivo, provocado por la sobrecarga del peso del cuerpo sobre los miembros inferiores y sobre la articulación subtalar, lo cual en contacto con el suelo favorece la pronación para la propia configuración de la articulación.

En particular, bajo el peso del cuerpo, el astrágalo y el talón se adaptan progresivamente sobre la superficie de articulación subtalar del pie con un movimiento inverso entre ellos: el astrágalo supina, mientras que el talón pronan hacia dentro.

Este movimiento, a continuación, se transmite en el asiento mediotarsiano del pie con el biomecanismo de movimiento helicoidal provocando su enrollamiento, esto es, el área mediotarsiana del pie se comporta como un muelle helicoidal

el cual bajo la acción de los esfuerzos se desenrolla, esto es, se alarga. En esta fase el elemento dinámico 8 y la capa de refuerzo 5 en el caso del refuerzo 15 producen una acción que limita la nivelación de la bóveda longitudinal del pie.

- Empuje:** el pie en esta fase presenta un movimiento de supinación; debido a la acción muscular y a las relaciones anatómicas de los huesos tarsianos, se "rigidiza", acentúa el arco longitudinal y el talón produce una supinación de eversión. El talón, bajo la acción del tríceps sural, supina mientras que el astrágalo, bloqueado por la pinza maleolar hace posible la rotación del propio talón sobre su superficie inferior y permite la transmisión de movimiento hacia el tracto mediotarsal del pie lo que determina el biomecanismo con el movimiento helicoidal el cual se desarrolla en un movimiento de enrollamiento, esto es, el tracto mediotarsal del pie se comporta como un muelle helicoidal que se enrolla, esto es se contrae.
- 5 La fase propulsiva invierte un 35% del tiempo de apoyo. Durante la fase media de apoyo, la eversión subtalar va acompañada de la rotación interna de la tibia y el peroné. La rótula, por su posición en la garganta intercondílea del fémur sigue los movimientos del propio fémur.
- 10 Analizando en detalle las características biomecánicas, y teniendo en cuenta los músculos que trabajan durante este periodo sucede que, en la fase de amortiguación, el pie de apoyo está delante del centro de gravedad del cuerpo; en este caso, el antepié generalmente efectúa el primer contacto con el suelo, pero la mayor parte de la acción de amortiguación del impacto tiene lugar con la acción de pronación del pie, comenzando desde el talón, sobre todo gracias a la acción del tríceps sural.
- 15 Durante la fase de soporte, el pie se encuentra perfectamente en el eje del centro de gravedad; los músculos se contraen isométricamente para favorecer la estabilidad del cuerpo. El cuádriceps, por ejemplo, se contrae para frenar la caída del cuerpo: este tipo de contracción tiene lugar con un alargamiento de los músculos del vientre, y de hecho se produce una flexión de la pierna. En este caso, se habla de contracción excéntrica, esto es, el músculo incluso si se alarga, desarrolla tensión.
- 20 En la fase de empuje, el pie está detrás del centro de gravedad y se prepara para empujar mediante su rigidización: los músculos explotan su fuerza de tipo elástico y reactivo para proyectar hacia delante el cuerpo, y entonces tiene lugar la relajación de la pierna. La fase de empuje comienza a partir de los músculos de la pelvis, más lentos pero poderosos, continúa con los músculos de la pierna y finaliza con los músculos del pie. Los músculos traseros del muslo entran en juego durante el avance de la rodilla, para evitar la hiperextensión de la pierna: se trata de una contracción excéntrica que protege los propios músculos que en otro caso correrían el riesgo de estirarse. Un avance rápido de la pierna, estirándola hacia delante, si no se limita y ralentiza, provoca traumatismo.
- 25 El músculo profundo de la pierna, llamado sóleo, es uno que, junto con el glúteo máximo desempeña la contribución más importante de la génesis motora. La contribución del recto anterior, por el contrario, es escasa y el cuádriceps, en conjunto, asume una cierta importancia únicamente en la preservación de la articulación respecto del impacto del pie sobre el suelo.
- 30 Los músculos de la pelvis y del tronco actúan como estabilizadores durante el movimiento global (recto del abdomen, músculos oblicuos internos, músculos oblicuos externos, músculo sacroespinal o ileocostal y larguísimo de la espalda, músculo cuadrado lumbar y músculo ancho dorsal).
- 35 Por lo que respecta al estudio relacionado con las lesiones más corrientes ocasionadas en carrera, dejando aparte incluso muy extendidos fenómenos incidentes inflamatorios respecto de los daños permanentes generados por el desgaste, se encuentra que la mayor parte de las lesiones detectadas de tipo muscular desde contracturas hasta lesiones musculares de diferente gravedad (desde estiramientos a rupturas). La parte de los tendones más afectada es la del talón de Aquiles, mientras que por lo que respecta a la parte muscular las más afectadas son el glúteo medio, el bíceps femoral, el cuádriceps y los de la pantorrilla.
- 40 Con referencia a las figuras 12A a 12E, es posible describir la forma en la que la ortesis plantar 1 permite la gestión de las diferentes fases de la carrera mediante la provisión de una contribución dinámica a cada una de ellas y mediante la posibilidad de una reducción de los esfuerzos máximos, sobre todo en los casos más impulsivos.
- 45 En la fase de contacto, el impacto del pie con el suelo tiene lugar empezando desde la planta del pie hasta implicar su totalidad. Los músculos que activan el tríceps sural de la pantorrilla, el tríceps femoral y el cuádriceps todos en la fase excéntrica. En la fase intermedia, el pie comienza a gestionar la amortiguación del impacto mediante la pronación comenzando a partir del talón y siguiendo con la porción mediotarsal en la fase filogravitatoria. Los músculos activos en esta fase siguen siendo el tríceps sural de la pantorrilla, el tríceps y el cuádriceps femoral.
- 50 La ortesis plantar, en esta primera fase, sobre todo gestiona la absorción de la energía cinética por medio de su transformación en energía potencial elástica con respecto al elemento dinámico 8, y respecto de la capa de refuerzo de base 5 (Figura 12A), con su transferencia a lo largo de directrices preferentes definidas por la forma de elemento dinámico 8 (Figura 12B).

La ortesis plantar, como conjunto, soporta la pronación por medio de su acción elástica, sosteniéndola y controlando que permanezca en un rango adecuado, mientras que los elementos dinámicos continúan acumulando energía potencial.

5 Mientras el cuerpo se desplaza hacia delante, modificando la posición del centro de gravedad desde detrás del pie en reposo hacia delante, el elemento dinámico 8 y la capa de refuerzo de base 5, mediante el seguimiento y el soporte del avance del movimiento helicoidal desenrollado del mediotarso, continúan almacenando energía potencial elástica y al mismo tiempo el elemento dinámico 8 lleva a cabo la migración de los componentes de dicha energía a lo largo de sus directrices.

10 En la fase de empuje, el pie comienza rigidizándose, acentúa el arco longitudinal y en el talón tiene lugar desde una posición pronada hasta una supinación. El talón, bajo la acción del tríceps sural, supina y el movimiento, a través de la pronación del dedo gordo, transmite el tracto medio tarsal del pie que determina el biomecanismo con el movimiento helicoidal que se desarrolla en un movimiento de enrollamiento. En dicha fase, el pie de apoyo comienza a moverse más y más sobre la porción delantera, en un primer momento hacia el área externa (cuarto y quinto metatarso – Figura 12D) y a continuación en la porción delantera interna (primero, segundo, tercer metatarsos, porción distal y dedo gordo – Figura 12E).

15 Los músculos que se activan para generar el empuje son el glúteo y el tríceps sural de la pantorrilla, todos en fase concéntrica, mientras que el flexor del muslo trabaja como antagonista del movimiento.

20 La ortesis plantar, en esta fase, libera en la parte del área calcánea parte de la energía potencial elástica almacenada mediante el favorecimiento de la inversión del talón desde la posición pronada a la supinada (Figura 12C) y, después de haber completado por medio de elemento dinámico (8) la transferencia de otro componente de dicha energía elástica en el área del antepié (Figura 12D) la libera como energía cinética elástica para favorecer la fase de empuje contribuyendo de esta manera a la acción del tríceps sural en primer término y a continuación del músculo del glúteo (Figura 12E).

25 Con referencia a las figuras 13A a 13F y 14A a 14E, se describirá un cambio efectivo en la dirección que se caracteriza por cinco fases fundamentales

1) penúltima etapa (desaceleración) es el momento en que la frenada empieza a afrontar el cambio de dirección (afrontado por el miembro interno con respecto al cambio de dirección)

2) última etapa (desaceleración) se afronta con la extremidad opuesta a la anterior (pierna externa), en este caso la frenada se acentúa.

30 3) fase de cambio, que se afronta con la extremidad contraria a la fase del último paso (extremidad interna); es el momento más importante del gesto, en esta fase primero se sigue disminuyendo la velocidad, después se realiza el giro para dirigir el cuerpo hacia la nueva línea de carrera y por fin la fase de propulsión con el empuje del pie en el suelo.

35 4) el primer paso se realiza con el mismo miembro del último paso (miembro externo); este miembro tiene la función del pasador sobre el que gira el cuerpo, después la misma extremidad realiza un empuje importante para iniciar la carrera propiamente dicha;

5) fase de despegue empezando de nuevo a correr (ningún pie permanece apoyado en el suelo)

40 En diferentes deportes, el cambio de dirección se repite con gran frecuencia; para ello se requieren rápidas desaceleraciones y aceleraciones; en particular entre tales componentes de movimiento en la literatura parece que se puede asumir que los efectos del componente de desaceleración determinan un aumento en el potencial de lesiones.

A continuación, se examina cada fase con detalle.

45 En las fases 1 y 2 (penúltima y última etapas) ambas extremidades participan en una desaceleración frontal en la que todas las articulaciones (tobillo, rodilla y cadera) están en fase excéntrica. Los componentes más tensionados son los músculos y tendones destinados a desacelerar; en particular el tendón de Aquiles, el tríceps sural y el cuádriceps femoral.

En la fase 3 (cambio) el cambio de dirección se desarrolla y, junto con la fase posterior es la fase más crítica. En ella, el miembro interno se involucra en la inversión del movimiento y, entonces presenta los mayores momentos y las mayores rotaciones sobre los diferentes ejes.

50 La rodilla presenta una amplia rotación en el plano de abducción aducción. Las fuerzas desarrolladas en todas las articulaciones son excéntricas pero, durante el movimiento, se invierten y se vuelven concéntricas. A continuación, la

rodilla se encuentra en una situación de tensión extrema entre las acciones opuestas de las dos articulaciones adyacentes, cadera y tobillo.

5 En esta fase, el tobillo desarrolla rotaciones en el plano frontal, pero no sufre una rotación sobre el plano de abducción-aducción: las tensiones rotativas existentes sobre el tobillo en el plano de abducción-aducción se descargan sobre el astrágalo (pronación) y, en consecuencia, sobre el talón (supinación) a través del biomecanismo de transmisión del pie. Las tensiones rotativas en el plano transversal constituyen entonces el máximo riesgo para los ligamentos de la articulación de la rodilla, y las rotaciones máximas en el plano frontal constituyen el mayor peligro para la integridad del tobillo.

10 En la fase 4, el miembro externo está en su mayor parte comprometido en las fases de desaceleración y aceleración; en el curso de las mismas, por tanto, los esfuerzos de intensidad más elevados aparecen con respecto al miembro interno y de tipo más impulsivo dado que los máximos se desarrollan en el tiempo más corto, pero las rotaciones mayores son las de la planta de flexo - extensión respecto de todas las juntas articulares, esto es, del tobillo, de la rodilla, de la cadera. Los cursos de los momentos angulares de las juntas articulares del miembro generalmente no están correlacionados. Al principio, la articulación más sometida a esfuerzos es el tobillo, dado que presenta unos desplazamientos angulares sobre los tres ejes, y el máximo pico angular se desarrolla al mismo tiempo bajo el estado de rotación máximo (el talos en la supinación y el talón en la pronación) y el máximo de flexión - extensión.

15 Además, en el instante de inicio de la inversión de movimiento, tanto la cadera como la rodilla desarrollan fuerzas concéntricas y por tanto el tobillo articular tiene que trabajar en la fase excéntrica, absorbiendo la fuerza generada de las otras dos articulaciones, y esto sucede en el preciso momento en que la cadera desarrolla su máxima potencia concéntrica. El tobillo, por tanto, se encuentra en la situación de esfuerzo máximo.

20 Los ligamentos, en este contexto los laterales, son los elementos anatómicos más en riesgo. A continuación, el tobillo genera de nuevo fuerzas concéntricas, induciendo la inversión sobre la rodilla lo cual, a su vez, desarrolla de nuevo una fuerza concéntrica y por tanto tiene que absorber la potencia generada por las otras dos articulaciones. Por tanto, los esfuerzos máximos alcanzan ahora a la articulación de la rodilla la cual, incluso si las rotaciones más importantes se localizan en el plano de flexo - extensión, también presentan rotaciones en el plano transversal. A continuación, en esta fase de movimiento, los ligamentos cruzados y los colaterales laterales se encuentran en mayor riesgo de lesión.

25 En las fases posteriores, por último, ambos miembros están implicados en una aceleración, con situaciones muy similares a las de las fases 1 y 2, pero con direcciones de esfuerzos a menudo invertidas. De hecho, ambos miembros están implicados en una aceleración, y todas las juntas articulares (tobillo, rodillas y cadera) están en fase concéntrica. Los componentes anatómicos más sometidos a esfuerzo son los músculos y los tendones. En particular, el talón de Aquiles, el tríceps sural y el glúteo.

30 Las fases más importes, desde el punto de vista de la probabilidad de aparición de lesiones y por tanto de mayor interés, son evidentemente la fase 3 y la fase 4, que se describirán en detalle en las líneas que siguen.

35 En la fase 3, relacionada con el denominado cambio, el pie dentro del movimiento está en contacto con el suelo, principalmente, con la parte trasera del pie y con el borde externo del pie en eversión con el astrágalo pronado y el talón supinado. El pie, por tanto, está en condiciones de máxima contracción presentando la hélice podálica en posición de enrollamiento. Con el fin de soportar la amortiguación del impacto, la cual en esta fase principalmente recaen sobre los ligamentos mediales del tobillo, y para descargar dichos esfuerzos sobre el tríceps sural, la hélice podálica tiene que desenrollarse favoreciendo la inversión de la eversión podálica y provoca que el astrágalo y el talón evolucionen hacia la posición neutra desde sus respectivas iniciales pronación y supinación. Por tanto, el desenrollamiento helicoidal, que permite la extensión y la relajación controlada del pie, se reduce para gestionar la amortiguación tras el impacto.

40 A continuación, debido a la necesidad de generar el empuje impulsivo, el pie se rigidiza de nuevo bajo la acción, en primer término, del tibial posterior y del largo peritoneal, y luego del tríceps sural, lo que fuerza al astrágalo y al talón a situarlos respectivamente de nuevo hacia la posición inicial respectiva de pronación y supinación.

45 El empuje de rotación del astrágalo permite la transmisión de movimiento hacia el tracto mediotarsal del pie lo que determina el biomecanismo con movimiento helicoidal el cual se desarrolla en un movimiento de enrollamiento y genera el empuje. La presión de apoyo del pie comienza desplazándose hacia el área delantera a partir del externo (cuarto y quinto metatarsos) que tiende hacia el interno (primero, segundo, tercer metatarsos) y a continuación hacia la porción distal y el dedo gordo.

50 En la fase 4, relacionada con la denominada primera etapa, el pie hacia fuera del movimiento contacta con el suelo en la porción delantera medial y a continuación con la entera suela del pie. En la primera fase, la de amortiguación del impacto, el pie se sitúa ya en una fuerte inversión, y el astrágalo y el talón, al intentar adaptarse progresivamente al suelo, tratan de supinar en mayor medida el astrágalo, y acentuar la pronación del talón, y transferir la energía motriz en el asiento del mediotarso del pie con el mecanismo del movimiento helicoidal con un enrollamiento.

55 Respecto de la posición ya rotada sobre el plano delantero del tobillo, los acusadamente en riesgo en dicha fase - dado que se encuentran próximos a su límite en extensión - son sus ligamentos laterales. A continuación, debido a la

necesidad de generar el empuje, comienza la fase concéntrica del tríceps sural que tiende a situar el talón en supinación y, en consecuencia, el astrágalo en pronación.

5 La rotación del astrágalo transmite el movimiento al tracto mediotarsal del pie, en el que el biomecanismo con movimiento helicoidal en enrollamiento es desencadenado mediante el inicio de la fase propulsiva. La presión de apoyo del pie comienza a desplazarse hacia el área delantera (más en la parte interna de los primero, segundo, tercer metatarsos) y a continuación hacia la porción distal y hacia el dedo gordo.

A la luz de lo anteriormente descrito, a continuación, se detalla el comportamiento de la ortesis plantar con particular referencia a las fases 3 y 4 anteriormente descritas y a las figuras 13A a 13G y 14A a 14E.

10 Con referencia a la fase de cambio 3, se dispone una primera subfase en la que el pie dentro del movimiento contacta con el suelo, principalmente con la parte trasera y con el borde externo en eversión con el astrágalo pronado y el talón supinado. El pie, por medio de la biomecánica helicoidal, desenrolla la hélice podálica extendiendo y gestionando la amortiguación tras el impacto. La ortesis plantar contribuye a absorber la energía cinética del impacto por medio de su transformación en energía potencial y el almacenamiento de la misma en el elemento dinámico y en la capa de refuerzo 5 (figura 13A). A continuación, siguiendo y soportando el avance del movimiento de desenrollamiento helicoidal del mediotarso, continúan almacenando la energía potencia elástica y al mismo tiempo el elemento dinámico 8 lleva a cabo la migración de los componentes de dicha energía a lo largo de las directrices definidas por la disposición de sus bandas en forma de correa continua en las que consiste, y mediante la dinámica del desenrollamiento podálico (Figura 13B).

20 En la misma fase de cambio, se dispone una segunda subfase: el pie comienza su rigidización para generar el empuje propulsivo, y el tríceps sural comienza a ejercer su acción sobre el talón y el astrágalo, haciendo que recuperen su posición inicial con las respectivas supinación y pronación. En esta fase, se desarrolla la máxima tensión del ligamento medial del tobillo el cual está en el máximo de su extensión. La ortesis plantar por tanto, con su acción elástica, gestiona la acción de inversión del pie hacia la posición inicial supinada del talón mediante la sustentación del área en supinación y continuando para absorber la energía potencial elástica (Figura 13C).

25 En una tercera subfase, la rotación del astrágalo (en pronación), consecuente con la supinación del talón, permite la transmisión del movimiento al tracto mediotarsal del pie en lo que determina el biomecanismo con movimiento helicoidal el cual se desarrolla en un movimiento de enrollamiento y genera el empuje. La presión de apoyo del pie comienza desplazándose hacia el área delantera empezando desde el externo (cuarto y quinto metatarsos) que tienden hacia el interno (primero, segundo, tercer metatarsos) y a continuación hacia la porción distal y el dedo gordo. 30 La ortesis plantar, en esta subfase, avanza hasta retornar la energía potencial acumulada en forma de energía cinética elástica mediante el favorecimiento de la fase de empuje y la acción del tríceps sural, empezando a partir del dorsal del pie calcáneo (talón, cuboide, cuarto y quinto metatarsos y la porción distal relativa) (Figura 13D), y a continuación tendiendo hacia el interno (primero, segundo, tercer metatarsos) (Figura 13E) y a continuación hacia la porción distal (Figura 13F) y el dedo gordo (Figura 13G).

35 Volviendo ahora a la primera etapa de la fase 4, se dispone una primera subfase en la que el pie exterior al movimiento hace contacto sobre el suelo con la porción frontal medial, y a continuación con la totalidad de la planta del pie. El pie está ya en una fuerte inversión y el astrágalo y el talón al intentar adaptarse progresivamente al suelo, tienden ambos a supinar más aún el astrágalo y a acentuar la pronación del talón y por tanto transferir la energía de movimiento en el asiento mediotarsal del pie con el biomecanismo de movimiento helicoidal con un enrollamiento. La ortesis plantar 40 aquí gestiona y acompaña dicha inversión del pie con una contribución elástica que contribuye a absorber la energía cinética del impacto mediante su transformación en energía potencial y almacenamiento de la misma dentro del elemento dinámico 8 y de la capa de base 5 (Figura 14A).

45 Mediante el seguimiento y soporte del avance del movimiento de desenrollamiento de la hélice del tarso medio, los dos elementos implicados, el elemento dinámico y la capa de refuerzo de base 5, continúan almacenando energía potencial elástica y, al mismo tiempo, el elemento dinámico 8 lleva a cabo la migración de componentes de dicha energía a lo largo de las directrices definidas por el propio elemento 8 y por el movimiento de desenrollamiento helicoidal (Figuras 14B y 14C).

50 En la subfase quinta, el pie comienza su rigidización para generar un empuje propulsivo, el tríceps sural comienza a ejercer su acción sobre el astrágalo, el talón supina mientras que el astrágalo prona. La ortesis plantar por tanto soporta la acción de supinación del talón y de la pronación del astrágalo mediante el retorno de la energía potenciada previamente almacenada (Figura 14D).

55 En una sexta y última subfase, la rotación de pronación del astrágalo transmite el movimiento al tracto mediotarsal del pie donde el biomecanismo con el movimiento helicoidal en enrollamiento es desencadenado: el pie se rigidiza y se desarrolla la fase propulsiva. La presión de apoyo del pie comienza desplazándose hacia el área frontal metatarsiana, principalmente la interna del primero y tercer metatarsos; y a continuación hacia la porción distal y del dedo gordo. La ortesis plantar después de ser completada la transferencia de energía elástica hacia el área del antepié, la libera como energía cinética elástica para favorecer la fase de empuje (Figura 14E).

En conclusión, la ortesis plantar anteriormente descrita puede actuar mediante reequilibrado de la postura del usuario sea él o ella, y favorece el incremento de la fuerza y coordinación de los músculos haciendo posible la activación de acuerdo con su secuencia correcta.

5 Además, el control y gestión de las direcciones de las fuerzas de reacción resultan favorecidas, con la estabilización de las juntas articulares y la normalización de los desequilibrios funcionales de las cadenas cinemáticas musculares.

Así mismo, se facilita una disminución y una normalización de los picos de carga dinámicos sobre los aparatos muscular y articular de la totalidad del miembro inferior, y de esta forma se obtiene una reducción del riesgo de lesiones del músculo y de las articulaciones, debidas a fenómenos impulsivos y / o de sobrecarga.

10 Con respecto a la ortesis plantar anteriormente descrita, el experto en la materia, con la finalidad de satisfacer necesidades adicionales y contingentes, podría añadir diversas modificaciones y variantes adicionales quedando todas comprendidas dentro del alcance protector de la presente invención, tal y como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Una ortesis plantar (1), para soportar la bóveda plantar de un usuario, en la que se identifican una porción de talón y una porción de metatarso, separadas por una porción intermedia de la bóveda plantar, que comprende:

- 5 • una capa de cubierta (2) destinada a recibir el pie de apoyo de un usuario;
- una capa inferior terminal (4);
- una capa de refuerzo de base (5), intermedia entre dicha capa de cubierta (2) y la capa inferior (4), que soporta y guía los movimientos de compresión dinámicos, extensión y torsión de la bóveda plantar en la acción no lineal de esta última de enrollamiento / desenrollamiento helicoidal de pronosupinación;
- 10 • un elemento dinámico (8) situado entre la capa de refuerzo de base (5) y la capa inferior (4), el cual está formado por una banda de tipo correa continua, dispuesta cerca del borde externo de la porción de talón y que se extiende con una o más ramas a modo de correa tan lejos como las respectivas porciones de apoyo delanteras de la ortesis plantar (1) la parte media externa de pie y cerca del dedo gordo de dicha bóveda plantar.

15 en la que el elemento dinámico continuo (8) está hecho de un material elástico que es deformable en mayor medida tanto que la capa de refuerzo de base (5) como de la capa inferior (4) que la incluye, y en la que dicha banda de tipo correa continua se deforma elásticamente y modifica sus propias dimensiones en las diferentes direcciones, como resultado de dicha acción no lineal del enrollamiento / desenrollamiento helicoidal de pronosupinación, al generar en el interior de éste una onda elástica de presión a lo largo de su extensión y volviendo después a su propia forma natural, para almacenar, transferir, orientar y liberar la energía mecánica elástica desde la porción de talón hasta la porción de metatarso y viceversa, de acuerdo con las directrices privilegiadas preferenciales.

20 2.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha capa de refuerzo de base (5) está acoplada a un elemento de refuerzo de bóveda estructural (15), que incrementa el grosor de la capa de refuerzo de base (5) de forma limitada a la porción de bóveda plantar de la ortesis plantar (1), uniendo la porción de talón y la porción sobre la que descansa el metatarso.

25 3.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que dicho elemento de refuerzo de bóveda (15) está situado entre la capa de refuerzo de base (5) y la capa de cubierta (2).

30 4.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el elemento de refuerzo de bóveda (15) está acoplado a la capa de refuerzo de base (5) y al elemento dinámico (8) para determinar, junto con ellas, una deformación diferenciada de la total ortesis plantar de acuerdo con las líneas de deformación coherentes con los movimientos podálicos correctos definidos por el movimiento complejo definido por la composición de rodamiento del pie de apoyo y por la hélice podálica de pronación / supinación.

35 5.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha banda de tipo correa, en la porción de talón de la ortesis plantar (1), forma un anillo (9) dispuesto en íntima proximidad con los bordes de dicha porción de talón.

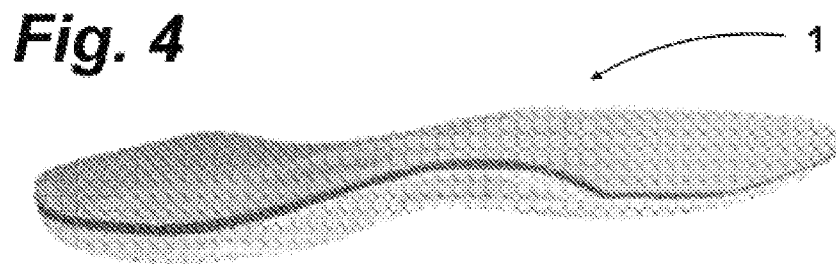
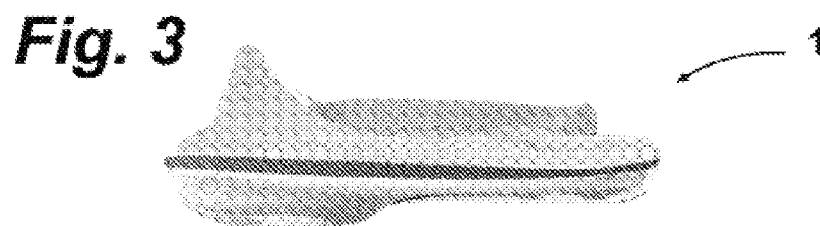
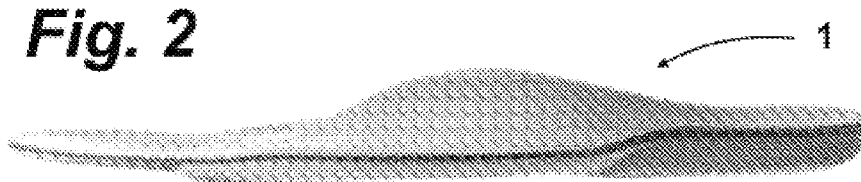
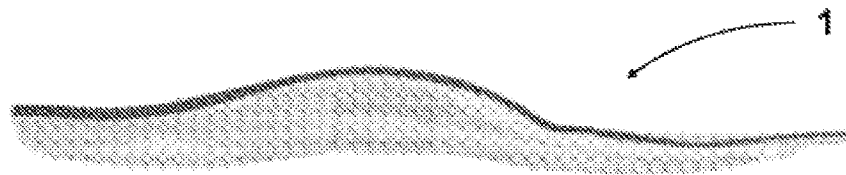
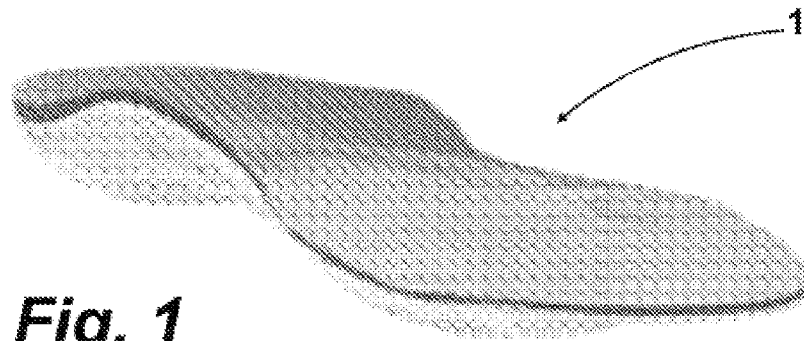
 6.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que el elemento dinámico (8) se une formando, en la porción de bóveda plantar, un cruce en forma de X (10) desde el cual se extiende una primera rama interna (11) hacia el quinto metatarso, y, se extiende una segunda rama externa (12) hacia el primer metatarso del pie del usuario, extendiéndose un extremo sustancialmente a lo largo de la totalidad del primer metatarso.

40 7.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la rama interna (11) se extiende tan lejos como para sobrepasar la frontera entre el talón y el metatarso del pie del usuario, y presenta un extremo terminal cerca de dicha frontera.

 8.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la rama interna (11) se extiende a lo largo del entero hueso metatarsiano del quinto metatarso del pie del usuario.

45 9.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el anillo (9) es de nuevo cerrado por una primera rama transversal (13) entre dichas ramas interna y externa (11, 12) que están así mismo unidas por una segunda rama transversal (14) que forma, con la primera rama transversal (13) y con un respectivo tracto inicial de las ramas interna y externa (11, 12) comprendido entre ambas ramas transversales (13, 14), un cuadrilátero, cuya posición sustancialmente se corresponde con la porción de bóveda plantar de la ortesis plantar (1).

- 10.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha banda de tipo correa contigua presenta un grosor predeterminado comprendida entre 1,0 mm y 2,2 mm.
- 5 11.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha capa de refuerzo (5) está constituida por un material de base de resina termoplástica, y presenta un grosor comprendido entre 0,8 mm y 1,8 mm.
- 10 12.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende unos elementos de soporte (6), situados en la porción de talón y en la porción de metatarso, materializados por unos apoyos constituidos por un material de tipo de goma blanda, situado entre la capa intermedia (2) y la capa de cubierta de interbloqueo (3) en unos rebajos apropiados (7) o en unos cortes perfilados sobre la capa de base (2), cuyos grosores se corresponden con o sobrepasan los de la capa de base (2).
- 13.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un número variable de sensores de presión (20) y / o de deformación.
- 14.- La ortesis plantar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un acelerómetro de tres ejes, de modo preferente situados en la porción de bóveda plantar.
- 15 15.- Calzado, que comprende una ortesis plantar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, integrada en su propia suela.



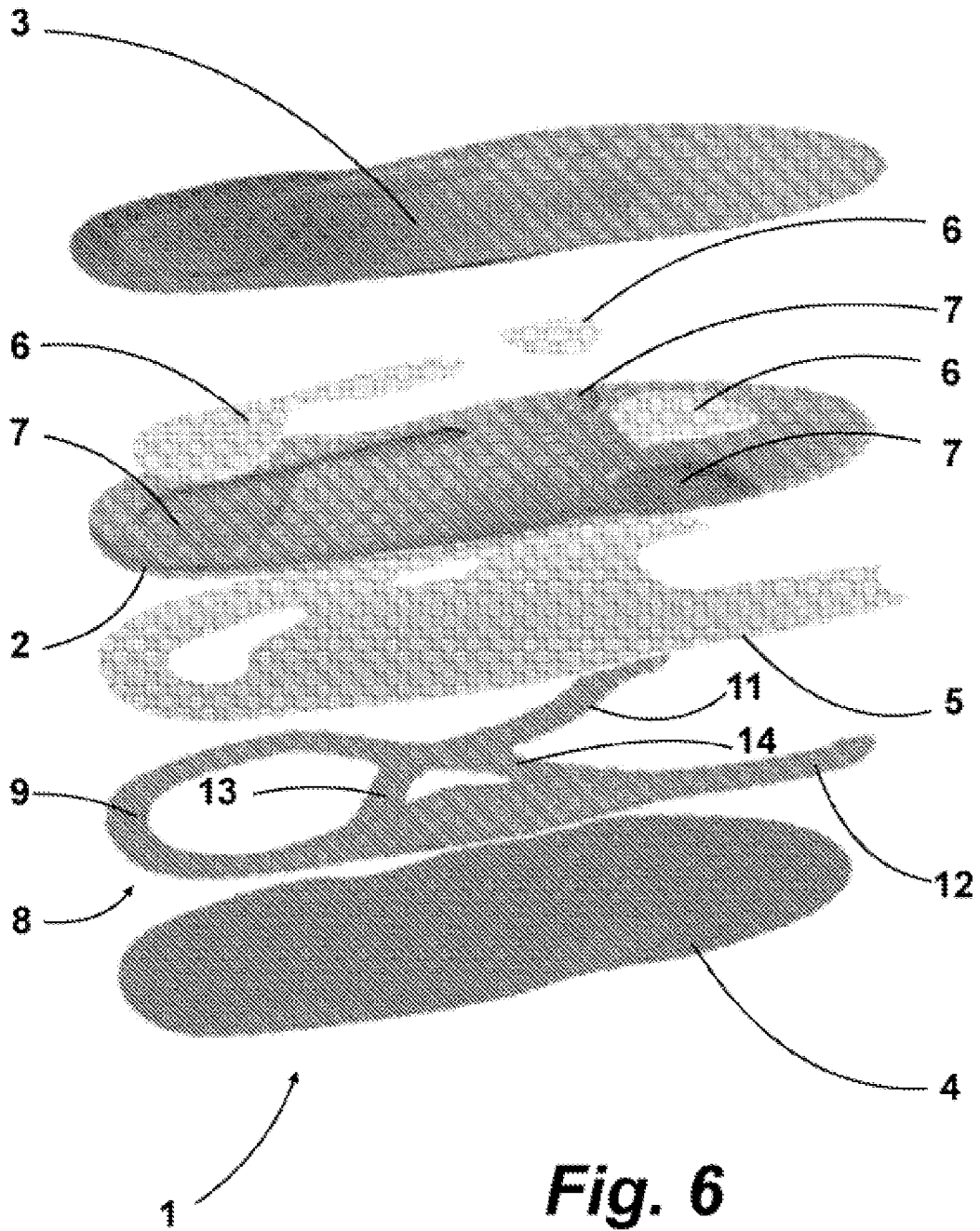


Fig. 6

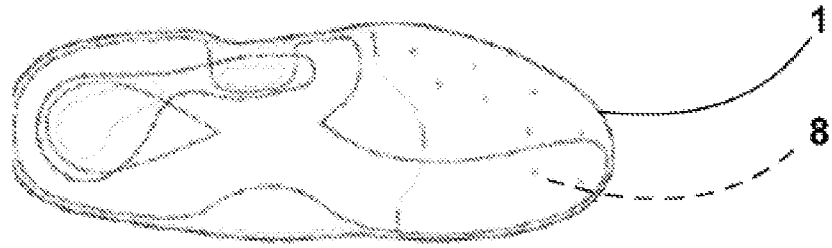


Fig. 7

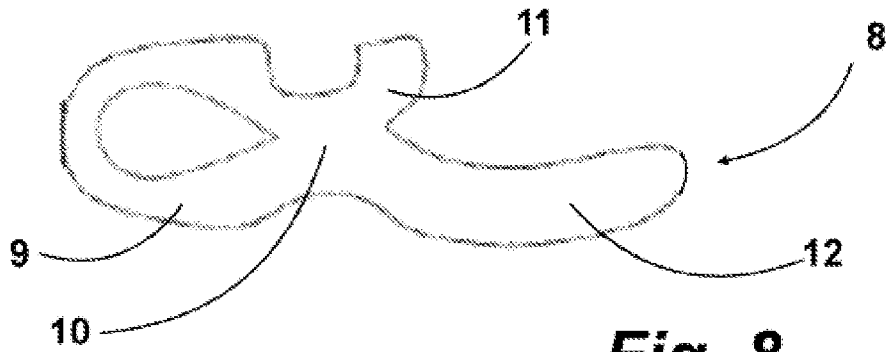


Fig. 8

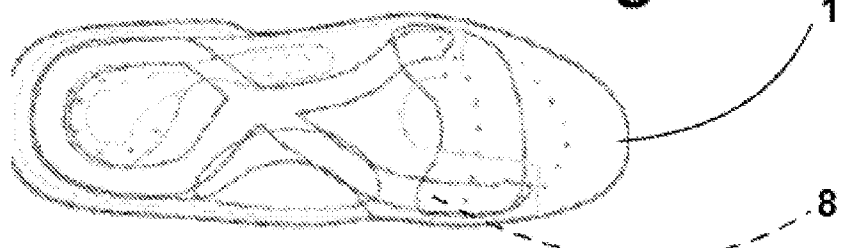


Fig. 9

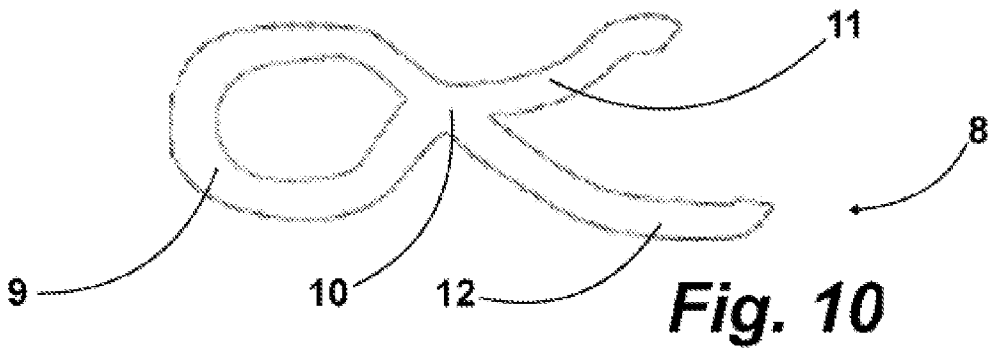


Fig. 10

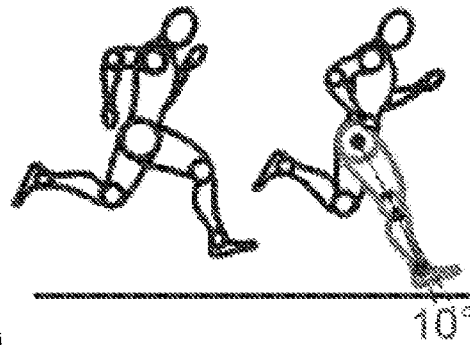


Fig. 11A

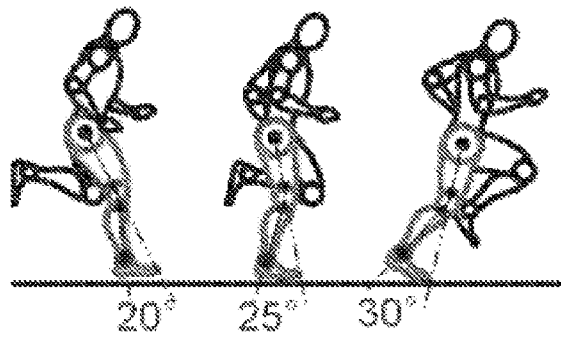


Fig. 11B

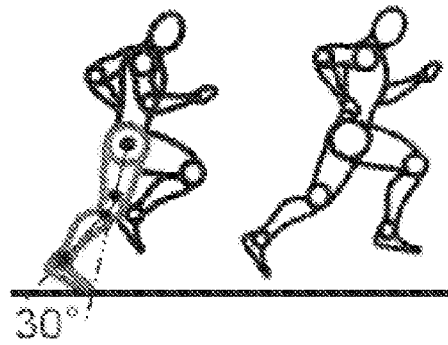


Fig. 11C

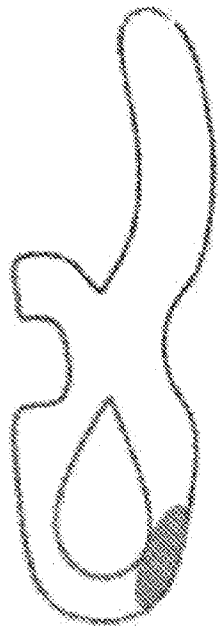


Fig. 12A

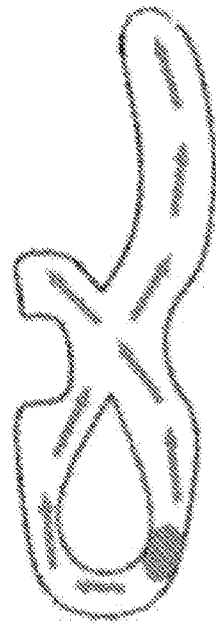


Fig. 12B

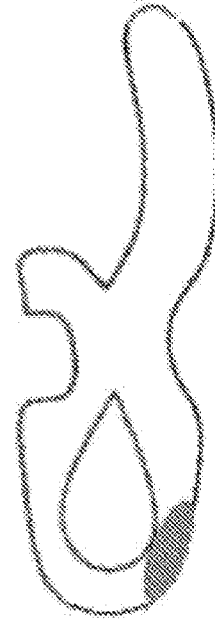


Fig. 12C

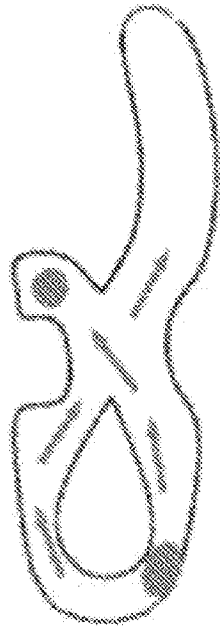


Fig. 12D

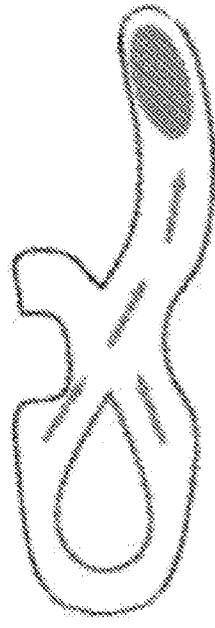


Fig. 12E

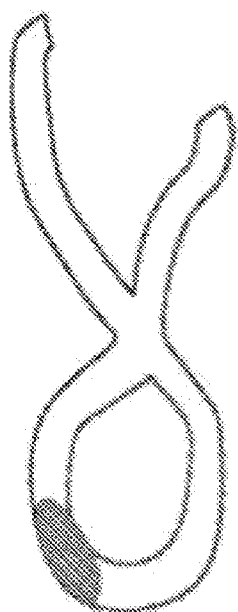


Fig. 13A

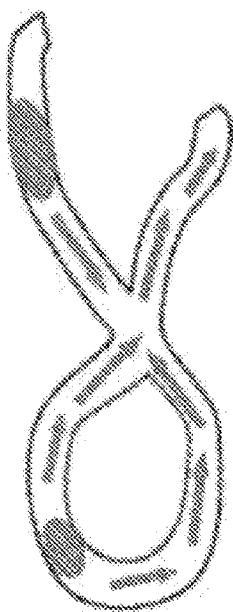


Fig. 13B

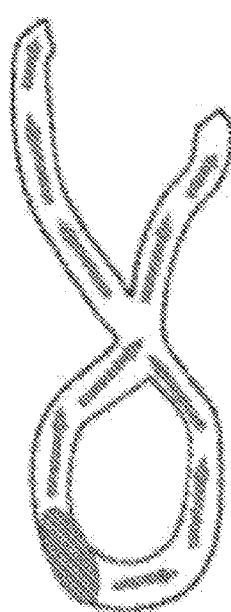


Fig. 13C

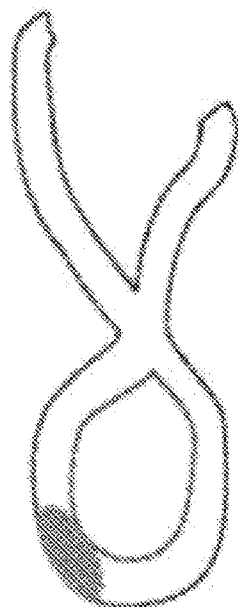


Fig. 13D

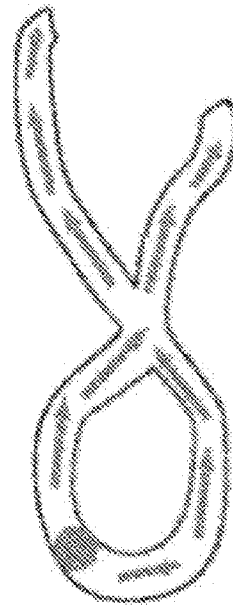


Fig. 13E

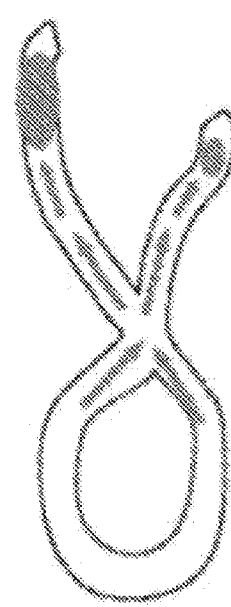


Fig. 13F

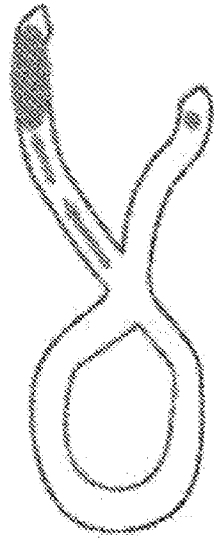


Fig. 13G

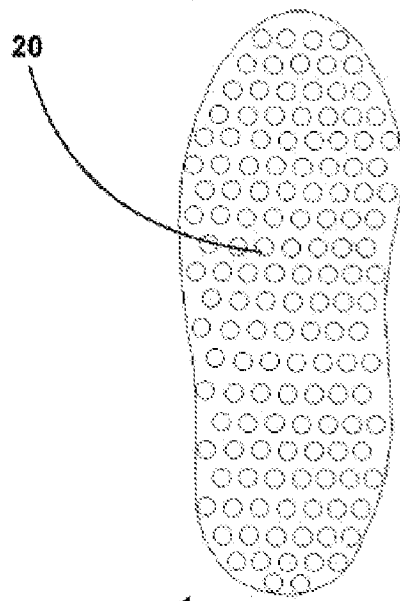


Fig. 17

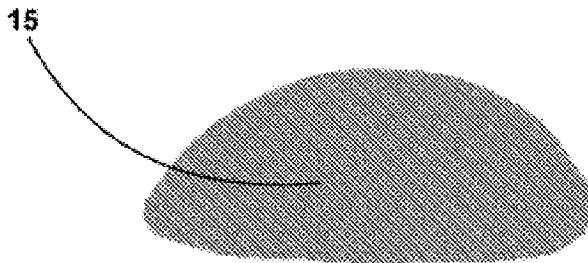


Fig. 15

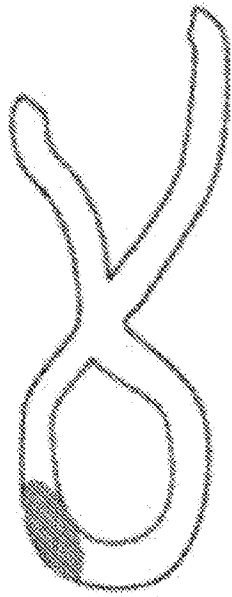


Fig. 14A

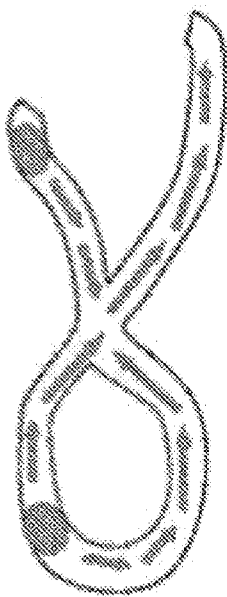


Fig. 14B

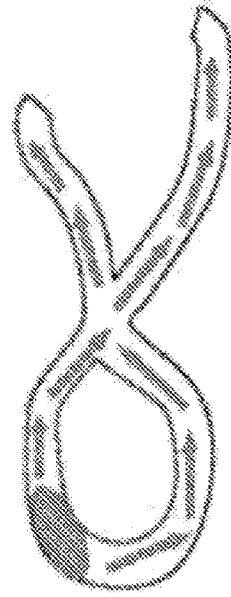


Fig. 14C

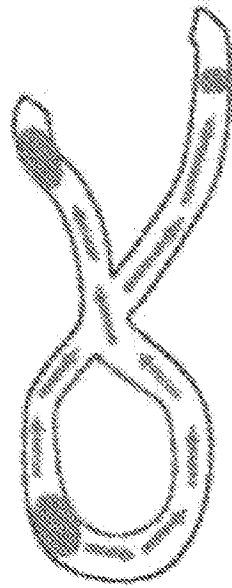


Fig. 14D

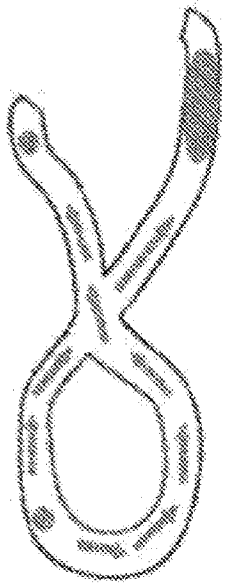


Fig. 14E

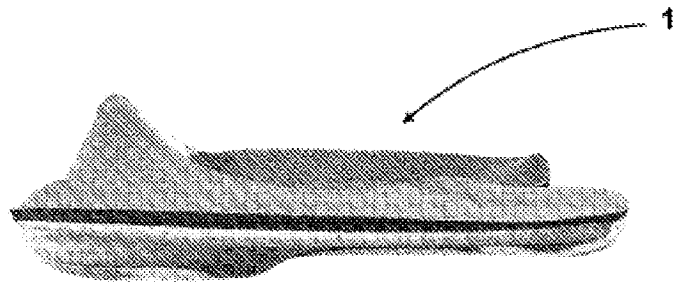


Fig. 16A

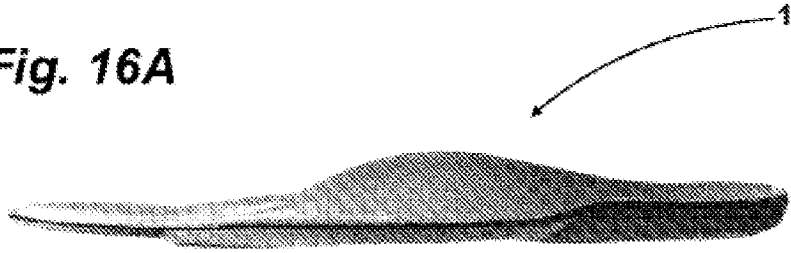


Fig. 16B

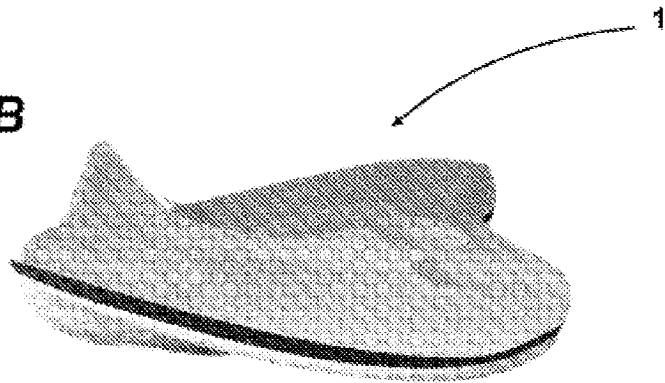
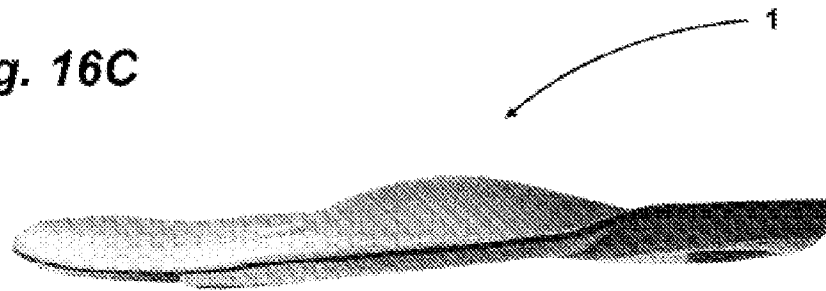


Fig. 16C



**Fig.
16D**

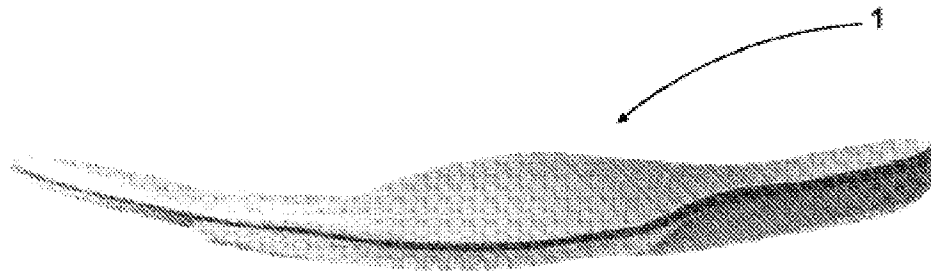


Fig. 16E

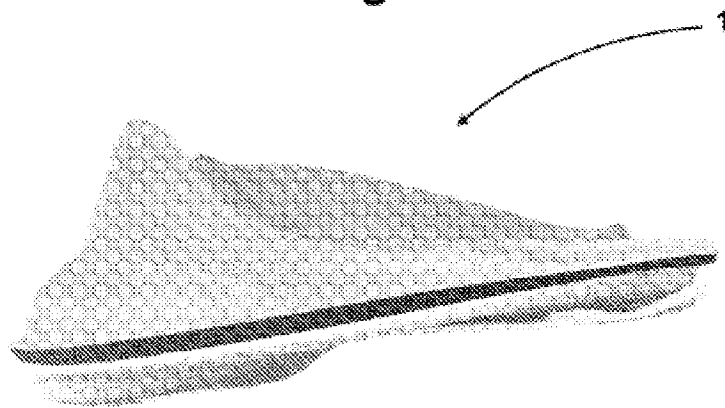


Fig. 16F

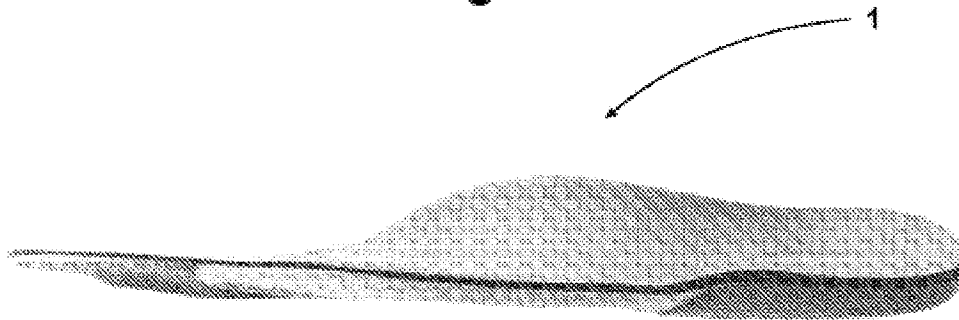


Fig. 16G