

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 848**

51 Int. Cl.:

**A43D 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2010 E 10803138 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2501251**

54 Título: **Plantilla funcional**

30 Prioridad:

**19.11.2009 BE 200900715**

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

**07.01.2014**

73 Titular/es:

**BORGINSOLE BVBA (100.0%)  
Torenstraat 89  
3110 Rotselaar, BE**

72 Inventor/es:

**BORGIONS, PAUL y  
SIONCKE, GRATIENNE**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 436 848 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**

Plantilla funcional

La invención se refiere a un método para la producción de una plantilla funcional para normalizar el movimiento del pie de una persona, en el que el método comprende los pasos siguientes:

- 5
- adquisición de datos tridimensionales relativos a una morfología de al menos una parte de la planta de dicho pie;
  - adquisición de datos del movimiento relativos a dicho pie;
  - creación de un modelo de dicha morfología basado en dichos datos tridimensionales;
- 10
- modificación de dicho modelo basándose en dichos datos del movimiento del pie de tal manera que dicha plantilla funcional pueda ser producida basándose en dicho modelo modificado;
  - producción de dicha plantilla basada en dicho modelo modificado.

15

Dicho método es conocido por la técnica anterior, véase, por ejemplo, la patente de los EE.UU. 2008/0086907 A1, más particularmente por las acciones convencionales de un podólogo o de un especialista del pie que produce una plantilla funcional adaptada individualmente para corregir el movimiento del pie de una persona. En esta acción, el podólogo hace un modelo negativo (molde) del pie de la persona, con el que el podólogo crea a continuación un modelo de escayola positivo o huella que tiene las mismas formas y dimensiones del pie. El podólogo hace cambios en este modelo de escayola basándose en los datos del movimiento del pie de la persona.

20

En relación con los datos del movimiento del pie de la persona, se puede asumir que en principio hay tres fases principales en la forma de andar de una persona, y que cada una de estas fases puede requerir corrección. Estas tres fases son la fase de contacto del talón, la fase intermedia o fase de "mid-stance" y la fase de propulsión o fase de "push-off". En cada una de estas fases se conoce adaptar ciertas propiedades a una plantilla para a partir de ese momento normalizar la forma de andar de una persona con esta plantilla. De esta manera pueden reducirse los efectos negativos sobre la persona que son un resultado de la desviación de la forma de andar de la persona con relación a una forma de andar normalizada. En la práctica, dicha plantilla puede ser hecha basándose en un modelo de escayola después de que el modelo de escayola haya sido modificado.

25

30

Se modifica el modelo de escayola añadiendo y/o retirando escayola al modelo de escayola positivo. De esta manera se puede acrecentar la plataforma del antepié del modelo de escayola, formando de esta manera una estructura con forma de cuña bajo el antepié. Esta estructura con forma de cuña tiene el efecto de que el antepié ya no es plano sino que se asienta y funciona en un ángulo respecto al suelo, y debido a este ángulo el movimiento es controlado y de esta manera es normalizado. Se puede agrandar también un borde lateral del modelo de escayola positivo, que tiene el efecto de que todo el pie es situado en un ángulo respecto al suelo.

35

La desventaja del método conocido es que éste requiere gran experiencia motriz y conocimientos del especialista para producir un modelo de escayola y modificar este modelo de escayola por medio de acrecentamiento. También es un trabajo que requiere mucho tiempo ya que la escayola usada para el acrecentamiento tarda un cierto tiempo en endurecerse. Como consecuencia, resulta complejo hacer una plantilla, tanto con respecto a las acciones como con respecto al programa a seguir.

40

El objetivo de la invención es conseguir un método más simple que el método convencional usado por el podólogo o el especialista del pie.

Este método según la invención tiene la característica de que dicha creación comprende la carga en y el tratamiento por un ordenador de dichos datos tridimensionales, y que dicha modificación de dicho modelo comprende los pasos siguientes:

- definición de:
    - una línea finita en la que un primer punto de extremo está relacionado con el extremo metatarsiano I o de preferencia con el extremo metatarsiano II de dicho pie, y en la que un segundo punto de extremo está relacionado con el extremo metatarsiano V o de preferencia con el extremo metatarsiano IV de dicho pie;
    - un vector en el que un punto de inicio está relacionado con el calcáneo de dicho pie y que se extiende en un sentido proximal;
    - un eje que se extiende desde una parte proximal de dicho pie hasta una parte distal de dicho pie;
  - determinación de un sentido de giro y de un ángulo de giro alrededor de dicho eje para al menos uno de dicha línea finita y dicho vector, basándose en los datos del movimiento de dicho pie;
- 45
- 50

- giro de dicha línea finita y/o de dicho vector alrededor de dicho eje en dicho sentido de giro determinado sobre dicho ángulo de giro determinado, para producir dicho modelo modificado de tal manera que ocurre un giro y/o una deformación de torsión con respecto a dicha morfología.

Debido a que el modelo de la morfología es un modelo digital, el modelo ya no necesita ser construido con escayola y acrecentado, y por tanto se requiere una experiencia motriz mucho menor para hacer y modificar dicho modelo. En contraste con el método conocido en el que el modelo es un modelo de escayola en el que la escayola es acrecentada mediante una modificación, según la invención el modelo digital debe ser girado o retorcido. Con este objetivo, se define un eje en el modelo, alrededor del que el modelo o al menos parte de éste puede ser girado. Además, con relación al modelo, se definen una línea finita y un vector con los que puede controlarse el giro. De esta manera se tiene la ventaja de que modificar el modelo requiere menos experiencia motriz y no hay que seguir un programa estricto para hacer que el plástico se endurezca como se hacía anteriormente.

Sin embargo, el comportamiento del método tiene una ventaja secundaria porque mientras que antes, las relaciones entre las modificaciones a la escayola y sus efectos sobre la forma de andar de la persona eran muy complejas, éstas son ahora más simples. Concretamente, el vector definido en el modelo está directamente relacionado con la parte del talón del pie. Girando este vector alrededor del eje, puede controlarse la fase de contacto del talón. Concretamente, el giro del vector tiene el efecto de que la copa del talón del modelo, que se corresponde con la forma del talón del pie, es retorcida respecto a la parte del antepié del modelo, por lo que se produce un modelo que muestra una deformación de torsión en comparación con el pie. Si se produce una plantilla basada en este modelo, la plantilla mantiene la copa del talón inclinada respecto al talón del pie, por lo que el pie en la fase de contacto del talón está controlado en el sentido de la inclinación de la copa del talón de la plantilla. El giro de este vector en el modelo da por tanto como resultado un control del pie de la persona en la fase de contacto del talón.

La línea finita definida en el modelo está directamente relacionada con la parte del antepié. Girando la línea finita alrededor del eje, la parte del antepié del modelo es retorcida respecto a la parte del talón del modelo, con lo que se produce un modelo que tiene una deformación de torsión respecto al pie de la persona. En la producción de una plantilla basada en este modelo modificado, la plantilla tiene una inclinación en la parte del antepié en comparación con el pie de la persona. Como resultado, el pie es controlado en la fase de propulsión en el sentido de la inclinación del antepié. De esta manera, un giro de la línea finita del modelo da como resultado un control del pie de la persona en la fase de propulsión.

Girando tanto la línea finita como el vector en el mismo sentido con el mismo ángulo, todo el modelo se sitúa en una posición inclinada. Si se produce una plantilla basándose en este modelo, toda la plantilla estará en una posición inclinada con respecto al pie. Como resultado se controla la fase intermedia del pie de la persona.

Es claro que tanto para el vector como para la línea finita, independientemente uno de otra, puede determinarse un ángulo de giro y un sentido de giro dependiendo de los datos del movimiento del pie de la persona para obtener un control predeterminado del pie. Hay una relación directa entre el giro del vector y/o la línea finita alrededor del eje y su efecto, después de la producción de una plantilla, en la forma de andar de la persona cuando usa la plantilla. Debido a que el efecto de la plantilla en la forma de andar de la persona es más fácil de ver en la fase de diseño de la plantilla, más específicamente cuando se modifica el modelo, se cometen menos errores y por tanto la eficacia del método aumenta respecto al método convencional.

De preferencia, dichos datos tridimensionales se refieren a una morfología de al menos una parte de la planta de un pie que está en una posición neutra. La posición neutra de un pie es una posición bien conocida por el podólogo en la que la articulación del tobillo está equilibrada y centrada. Más específicamente, la posición neutra es una posición precisa en la que la articulación subtalar no es ni prona ni supina. La posición neutra es una posición estática que difiere de persona a persona. Esta posición neutra puede ser usada también como un punto de referencia para describir los datos del movimiento del pie. Tomando la posición neutra, que es precisa, como una posición de referencia cuando se recopilan datos del pie, se pueden intercambiar datos entre podólogos y/o especialistas del pie sin que ocurra ninguna ambigüedad sobre el significado de los datos. En consecuencia, por ejemplo, una persona para la que se va a producir una plantilla funcional puede ser examinada en un primer lugar por un primer podólogo que pasa los datos concernientes a un segundo podólogo que realiza el método según la invención.

En el método convencional de producción de una plantilla con propiedades correctoras predeterminadas, puede aplicarse una corrección a la plantilla después de que ésta haya sido producida según el modelo. Después de la producción, esta plantilla puede ser modificada aplicando un elemento en forma de cuña por debajo de la plantilla.

Según la invención, dicha definición comprende de preferencia además determinar un plano tangente en dicho modelo, cuyo plano tangente tiene al menos un punto de contacto respecto al calcáneo de dicha morfología y al menos dos puntos de contacto relacionados con los extremos metatarsianos I, II, III, IV y V. De esta manera se define una superficie en el modelo que es equivalente a una superficie de suelo cuando el pie está situado sobre el suelo. La superficie en producción de la plantilla puede estar relacionada con el lado inferior de la plantilla. Teniendo en cuenta esta superficie para la modificación del modelo, las correcciones que convencionalmente se hacen a la plantilla solamente después de su producción pueden ser tenidas en cuenta en una plantilla que es producida según la invención. Como resultado, no se requiere ningún paso adicional para aplicar un elemento con forma de cuña por

debajo de la plantilla producida.

De preferencia, se define dicha línea finita dispuesta en dicho plano tangente y dicho eje se define dispuesto en dicho plano tangente. Una plantilla ejerce una función de control en el movimiento de un pie solamente si el pie hace contacto con el suelo. Las fuerzas de reacción del suelo sobre la plantilla y el pie son parcialmente decisivas en la función y en el trabajo de la planta del pie y en el pie. En un pie flotante, una plantilla no ejerce efecto corrector sobre el movimiento. Por tanto, existe una ventaja si el eje y la línea finita definidos con respecto al pie están en un plano en el modelo equivalente a una superficie de suelo de un pie erguido sobre el suelo, concretamente, la plantilla puede ejercer entonces su función de control. Definiendo el eje y la línea finita en este plano tangente, existe una conexión directa entre el giro de la línea finita y/o el vector alrededor del eje y los efectos sobre el pie de la plantilla producida basándose en estos principios. Como resultado, se simplifica la modificación del modelo.

Se describe con más detalle a continuación la invención usando los ejemplos de la realización mostrados en el dibujo. En el dibujo:

La Figura 1 muestra un diagrama de una planta del pie con zonas relevantes; y

La Figura 2 muestra una vista lateral de una pantorrilla y de un pie en diferentes fases al andar.

En el dibujo, los mismos o similares elementos tienen el mismo número de referencia.

Con objeto de concluir, se señala que en este texto las expresiones podólogo y especialista del pie no deben ser interpretadas de manera limitadora sino que pueden referirse también a un asistente al podólogo o al especialista del pie o a un mecánico o diseñador que coopera con el podólogo o el especialista del pie para recopilar los datos relevantes o realizar acciones como parte del método para la producción de una plantilla funcional.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de una vista del fondo de la planta del pie de una persona 1. Este pie 1 tiene una parte de talón 4 en su extremo proximal 2 y una parte del antepié 5 en su extremo distal 3. En la Figura 1, en la parte del antepié 5 del pie, se indican las zonas en las que los extremos metatarsianos (M1, M2, M3, M4 y M5) están situados en el pie 1. El extremo metatarsiano M1 del pie 1 está en el sentido proximal de y adyacente al dedo pulgar del pie. El extremo metatarsiano M5 del pie 1 está en un sentido proximal de y adyacente al dedo meñique. Los extremos metatarsianos M2, M3 y M4 del pie 1 están en gran medida entre el extremo metatarsiano M1 y el extremo metatarsiano M5 y en un sentido proximal de y adyacentes a un dedo correspondiente. En la Figura 1, en la parte del talón 4 del pie 1 se muestra una zona en donde el hueso del talón o calcáneo C está presente en el pie 1.

Cada pie 1 de una persona tiene una posición neutra que difiere individualmente. En la posición neutra de un pie 1 la articulación del tobillo del pie 1 está en una posición predeterminada en la que la articulación subtalar no es ni prona ni supina. Esta posición neutra es una posición estática que difiere de pie a pie. Esta posición neutra es precisa y reproducible y puede por tanto ser usada como un punto de referencia para describir datos adicionales respecto al pie 1.

La Figura 2 muestra una vista lateral del pie 1 en un número de posiciones, en las que cada posición ocurre en una fase de un paso de una persona. La posición F1 muestra el pie en la fase de flotación. En esta fase de flotación el pie no está en contacto con el suelo. La posición F2 muestra el pie en una fase en la que, proviniendo de la fase de flotación F1, hace el contacto inicial con el suelo. El talón toca aquí el suelo, y por tanto esta fase es llamada fase de contacto del talón F2. La posición F3 muestra el pie en una fase en la que toda la planta del pie está en contacto con el suelo. Esta fase es la fase intermedia F3. La posición F4 muestra el pie en una fase en la que sólo el antepié está en contacto con el suelo. En esta fase el pie está separándose del suelo para retornar a la fase de flotación F1. Esta fase F4 es llamada fase de propulsión F4. Cuando una persona está andando, las fases descritas anteriormente, F1, F2, F3 y F4 ocurren sucesivamente en cada uno de los dos pies y forman un ciclo.

Con variaciones morfológicas se quiere decir que las extremidades inferiores, en particular los pies, difieren. El pie de una persona es por tanto en la mayoría de los casos diferente del modelo teórico ideal de un pie 1. Esta diferencia puede ser de tal naturaleza que el pie 1 tiene una pauta de andar diferente causada por ciertas variaciones morfológicas, o una forma de andar diferente en la que se compensan otras variaciones morfológicas. Esta diferente forma de andar puede estar acompañada por patologías secundarias tales como una deformación degenerativa de la articulación en edades tardías. Desviaciones posibles son: retropié varo, antepié varo, antepié supinado y antepié valgo. Dichas desviaciones dan con frecuencia como resultado una forma de andar diferente de una naturaleza tal que resultan esenciales unas plantillas funcionales para que se pueda funcionar normalmente. También las variaciones morfológicas causan con frecuencia una forma de andar diferente, en la que la desviación no es suficientemente grave para que se necesite en primera instancia una plantilla funcional para que se pueda funcionar normalmente. Sin embargo, esta desviación que no es particularmente grave puede convertirse en grave llevando cargas repetidamente, por lo que es aconsejable el uso de una plantilla funcional para normalizar la forma de andar.

En una forma de andar normal, en la fase de contacto del talón F2, la parte de atrás del pie muestra una ligera inversión. El pie 1 hace pronación hacia la fase intermedia F3. Después de esta fase intermedia F3 el pie 1 hace

- 5 supinación hacia la fase de propulsión F4. Una forma de andar diferente se caracteriza usualmente bien sea por el sentido erróneo del movimiento (supinación o pronación) en un momento particular; o por un sentido del movimiento correcto pero con una extensión incorrecta del movimiento (demasiado o demasiado poco); o por un sentido y extensión del movimiento correctos pero con una velocidad incorrecta (demasiado lenta o demasiado rápida); o por una sincronización incorrecta; o por una combinación de las desviaciones anteriores. Dichas desviaciones pueden dar como resultado una reducción o aumento anormales de la movilidad y pueden dar como resultado una sobrecarga en los músculos y/o en las articulaciones porque éstos son movidos y/o cargados más allá de sus límites de trabajo.
- 10 La plantilla funcional normaliza los movimientos y la posición del pie por lo que éste puede funcionar de nuevo óptimamente y debe compensar al menos las variaciones morfológicas. La plantilla funcional influye en el movimiento de la articulación subtalar y como resultado se optimiza la función completa del pie. La plantilla funcional asegura que caminar, estar de pie y correr sean más eficientes asegurando una relación óptima entre el suelo y el pie y entre el pie y los segmentos proximales.
- 15 Esta plantilla funcional debe controlar el pie al menos durante una de la fase de contacto del talón F2, la fase intermedia F3 y la fase de propulsión F4. Por ejemplo, girando la copa del talón en la plantilla funcional hacia el interior con respecto al talón del pie, el pie en la fase de contacto del talón F2 es inclinado hacia el interior con lo que la supinación se reduce en la fase de contacto del talón F2. De manera similar, se puede disponer un elemento con forma de cuña por debajo del antepié para influir en la fase de propulsión F4. Para producir una plantilla funcional, se recopilan datos de al menos la forma de la planta del pie 1. Estos datos son datos tridimensionales que hacen referencia a la morfología de al menos una parte de la planta del pie 1. De preferencia los datos del pie 1 son recopilados cuando el pie 1 está en la posición neutra. El pie puede estar también en el estado de cargado, estado de descargado o estado de semicargado, estos estados son descritos a continuación.
- 20 En el estado de cargado el pie presiona sobre la superficie (suelo) en gran parte plana de tal manera que el tejido que rodea los puntos de presión del pie son impulsados contra la superficie. Como resultado, los lugares del pie tales como la posición precisa del calcáneo y los extremos metatarsianos se aprecian con menor precisión en la huella, concretamente el tejido blando forma una huella plana cerca de estas zonas.
- 25 En el estado de descargado, el pie está suspendido de manera que el tejido blando del pie 1 está en una posición de reposo. Como resultado, las formas del pie 1, y de ahí las posiciones del pie tales como la posición precisa del calcáneo y los extremos metatarsianos, son mucho más claramente visibles. Sin embargo, en el estado de descargado las dimensiones y formas del pie no son totalmente representativas de las fases de contacto del pie 1 con el suelo, ya que, durante estas fases de contacto, el tejido blando se desplaza sometido a presión y por tanto la forma del pie cambia. Por estas razones, para producir una plantilla según la invención, no se toma de preferencia la huella del pie en el estado de descargado. Resultará evidente que con algunas correcciones, dicha huella puede ser usada para producir dicha plantilla, pero no se prefiere hacerlo de esta manera.
- 30 El estado semicargado del pie 1 es una combinación del estado cargado y del descargado, en el que el pie 1 presiona sobre un soporte deformable, ejerciendo una presión homogénea en la planta del pie. Aquí el tejido blando es desplazado pero también las formas del pie 1, en particular el calcáneo y los extremos metatarsianos, permanecen claramente visibles. De preferencia los datos del pie 1 son recopilados cuando el pie 1 está en el estado semicargado.
- 35 Se pueden recopilar de varias maneras datos tridimensionales de la forma de la planta del pie o de la morfología de al menos una parte de la planta del pie. Convencionalmente, se toma una huella negativa en escayola del pie 1, con lo que se obtiene una copia negativa de la morfología de la planta del pie 1. Según la invención, se usa de preferencia un escaneado digital de al menos una parte de la planta del pie 1. Por la técnica anterior se conocen varios métodos para realizar un escaneado digital. De preferencia, el pie es dispuesto en un cojín que puede ejercer una presión constante en la planta del pie, dicho cojín, después de retirar el pie, retiene su forma. Así se obtiene una huella negativa del pie en el estado de semicargado que puede ser convertida a continuación en un modelo digital mediante una o más fotos o mediante un escáner. De preferencia, cuando se toma la huella del pie, el podólogo o el especialista del pie dispone esta huella de manera que esté en la posición neutra. Según la invención, pueden tomarse una o más fotos de la planta del pie que a continuación son convertidas en un modelo digital. Aquí el pie está en un estado de descargado. También según la invención, se toma una huella negativa en escayola que puede ser leída a continuación mediante un escáner digital.
- 40 Para producir una plantilla funcional se recopilan datos adicionales del movimiento del pie. Los datos del movimiento del pie comprenden a la vez datos estáticos y dinámicos relativos al movimiento del pie. De esta manera se pueden medir ángulos relativos a la pronación máxima y a la supinación máxima del pie 1. El conocimiento de estos ángulos máximos puede ser usado para controlar el pie en movimiento de tal manera que el pie se mueve dentro de estos límites y no ocurre ninguna sobrecarga.
- 45 Los datos del movimiento del pie pueden comprender también un análisis de vídeo del pie, por lo que se realiza una grabación de vídeo durante la andadura. De preferencia, esta grabación de vídeo muestra una vista por detrás de al menos las extremidades inferiores de la persona mientras camina, con lo que son visibles los ángulos de supinación

y pronación (de la articulación subtalar) en cada fase de la andadura y pueden ser analizados. Basándose en estos análisis de vídeo un podólogo o especialista del pie puede determinar en qué fase(s) se requiere el control de la forma de andar, en qué sentido debe ser controlado el pie y la extensión del control.

5 Los datos tridimensionales respecto a la morfología de al menos la parte de la suela del pie 1 son cargados en y tratados por un ordenador para producir un modelo digital del pie. De preferencia este modelo digital es reproducido en una pantalla conectada al ordenador. De preferencia, se trata el modelo digital retirando datos que son irrelevantes para el desarrollo del método según la invención. Ejemplos de dichos datos irrelevantes son las formas del pie que son registradas en los datos tridimensionales pero que se encuentran fuera de la zona de la plantilla funcional a ser producida, por ejemplo, la forma del borde lateral del antepié.

10 En el modelo digital según la invención, hay definidos un número de elementos incluyendo un eje 6, una línea finita 7, un vector 8 y de preferencia un plano tangente. Las expresiones eje, línea finita y vector se usan sistemáticamente para mayor claridad pero debe entenderse que estas expresiones no deben ser interpretadas de manera limitadora. Según la invención, la línea finita puede ser producida también como un eje o un vector. El modelo digital representa el pie de la persona para el diseño de la plantilla y de esta manera se pueden definir los  
15 elementos del modelo con respecto a este pie. El eje 6 está definido desde una parte proximal 4 hasta una parte distal 5 del pie 1. Aquí el eje 6 se extiende casi a lo largo de la mediana del modelo.

Se define la línea finita 7 con relación a los extremos metatarsianos. En particular, un extremo de la línea finita está relacionado con el extremo metatarsiano I o el extremo metatarsiano II y el otro extremo de la línea finita está relacionado con el extremo metatarsiano V o el extremo metatarsiano IV. Si se usa una huella cargada del pie como  
20 base del modelo digital, el podólogo o el especialista del pie usará varias medidas o la experiencia para definir con suficiente precisión la posición de la línea finita. Sin embargo, en el modelo obtenido sobre la base de un pie descargado o semicargado, las posiciones de los extremos metatarsianos son perceptibles en la forma del modelo. Resulta por tanto más sencillo definir la línea finita 7 en dicho modelo. De preferencia, la línea finita 7 está definida de tal manera que los extremos de la línea finita 7 son adyacentes a los extremos metatarsianos que son perceptibles en la forma del modelo. Sin embargo, según la invención, la línea finita 7 puede ser definida también con relación a dichos extremos metatarsianos pero con una desviación predeterminada en un sentido proximal o distal. También puede definirse la línea finita 7 respecto a dichos extremos metatarsianos pero con una longitud que es mayor que o menor que la distancia entre los extremos metatarsianos.

Se define el vector 8 con respecto al calcáneo C. En particular, el punto de contacto del vector 8 está relacionado con el calcáneo y el vector se extiende en un sentido proximal. Considerando la Figura 1, el vector 8 se extiende perpendicularmente al plano en el que está dibujada la Figura. Este plano en el que la Figura está dibujada puede ser considerado como dicho plano tangente. De preferencia, el punto de contacto del vector 8 es adyacente al punto más bajo del calcáneo C que es perceptible en la forma del modelo basado en una huella de un pie en el estado descargado o semicargado. Sin embargo, el punto de contacto del vector puede estar relacionado también con el calcáneo C haciendo contacto en los alrededores del calcáneo. El vector 8 se extiende en un sentido proximal. Desde la parte del talón del pie el vector se extiende en el sentido de la rodilla. En el modelo el vector se extiende en gran manera perpendicularmente respecto al modelo.

De preferencia, el plano tangente se define tocando un borde inferior del modelo. Como resultado, el plano tangente respecto al modelo es comparable al suelo con respecto a un pie que está erguido sobre él. En particular, el plano tangente está definido con un punto de contacto relativo al calcáneo y con dos puntos de contacto relativos a los extremos metatarsianos. De preferencia, el plano tangente toca el modelo, pero debe entenderse que el plano tangente puede también ser definido a una distancia predeterminada del modelo. En el último caso el plano tangente puede ser comparado con la planta de la plantilla funcional con relación al pie, donde la planta de la plantilla, debido al espesor de la planta, se encuentra también a cierta distancia del pie.

45 De preferencia, el eje, la línea finita y el punto de contacto del vector están definidos en dicho plano. Además, el eje se extiende preferentemente a través de dicho punto de contacto del vector en un lado y a través del centro de la línea finita en el otro lado. Definiendo de esta manera los elementos uno con relación a otro, la conexión mutua entre los elementos es claramente evidente y los elementos pueden ser determinados claramente.

Además, en el método según la invención se determina un sentido de giro y un ángulo de giro alrededor del eje para al menos uno de la línea finita y el vector. El sentido de giro y el ángulo de giro son determinados por el podólogo o el especialista del pie basándose en los datos del movimiento del pie. Más específicamente, el podólogo o el especialista del pie establecen en qué fase(s) de la fase de contacto del talón, fase intermedia y fase de propulsión se desea realizar el control del pie. La cantidad y sentido del control son establecidos también por el podólogo o el especialista del pie, por ejemplo, basándose en datos de movimiento del pie tales como una grabación de vídeo de las extremidades inferiores de la persona al caminar. Si son conocidos el sentido y la cantidad del control, puede determinarse el sentido de giro y el ángulo de giro de la línea finita y/o vector. Esta determinación puede realizarse basándose en la experiencia del podólogo o del especialista del pie. Sin embargo, el podólogo o el especialista del pie pueden aplicar también reglas que describen la forma de la plantilla y su efecto sobre el pie. Estas reglas pueden diferir dependiendo de si la plantilla funcional es llevada por un niño o por un adulto. Si es usada por un niño para conseguir un control del pie mediante 4º en un sentido en la fase de contacto del talón, se produce la copa del talón  
60

de la plantilla con una inclinación de 8° en el mismo sentido. Para un adulto puede conseguirse el mismo control del pie de 4° en un sentido en la fase de contacto del talón produciendo una plantilla con la copa del talón que tenga una inclinación de unos 4° en el mismo sentido.

5 Según la invención se consigue Inclinación la copa del talón de una plantilla girando el vector alrededor del eje. Debido al giro del vector, la parte del modelo en los alrededores directos de este vector gira también alrededor del eje. La parte del modelo que está más allá del vector en el sentido de la línea finita gira menos. La línea finita no girará cuando el vector es hecho girar. De esta manera, cuando el vector gira permaneciendo la línea finita estacionaria, el modelo demuestra una deformación de torsión que está homogéneamente dividida entre el vector y la línea finita. Si se produce una plantilla basándose en este modelo retorcido, la copa del talón de la plantilla respecto al antepié se inclinará en comparación con la copa del talón respecto al antepié de la morfología del pie.

10 Si se requiere el control en la fase de propulsión, se modifica la plantilla en el antepié, concretamente durante la fase de propulsión el antepié estará levantado del suelo. La cantidad y el sentido del control deseados pueden ser determinados por el podólogo o por el especialista del pie basándose en los datos del movimiento del pie. El control deseado es decisivo para el sentido de giro y el ángulo de giro de la línea finita del modelo. Haciendo girar la línea finita, también gira la parte del modelo que está cerca de la línea finita. Así se obtiene un modelo en el que la parte del antepié está inclinada. Una plantilla producida basándose en este modelo tiene una parte del antepié inclinada que controla el pie en la fase de propulsión.

15 En la definición de los elementos, en particular el eje, vector, línea finita y plano tangente del modelo, se establecen estos elementos según una relación específica entre ellos y de preferencia en una posición precisa como se ha descrito anteriormente. Será evidente que esta relación y posición precisa de los elementos uno respecto a otro son solamente aplicables en la definición inicial de los elementos y con un modelo todavía no deformado. Desde el momento en que el vector, o la línea finita, es hecho girar alrededor del eje, cambia la relación entre los elementos. Así, la línea finita que de preferencia se extiende inicialmente en el plano tangente, después del giro alrededor del eje ya no se encuentra en este plano tangente sino que corta el plano tangente. También, el vector que inicialmente se extendía en gran parte perpendicularmente al plano tangente, después del giro se encuentra en un ángulo respecto al plano tangente, dicho ángulo es entonces en gran medida igual al ángulo de giro del vector alrededor del eje.

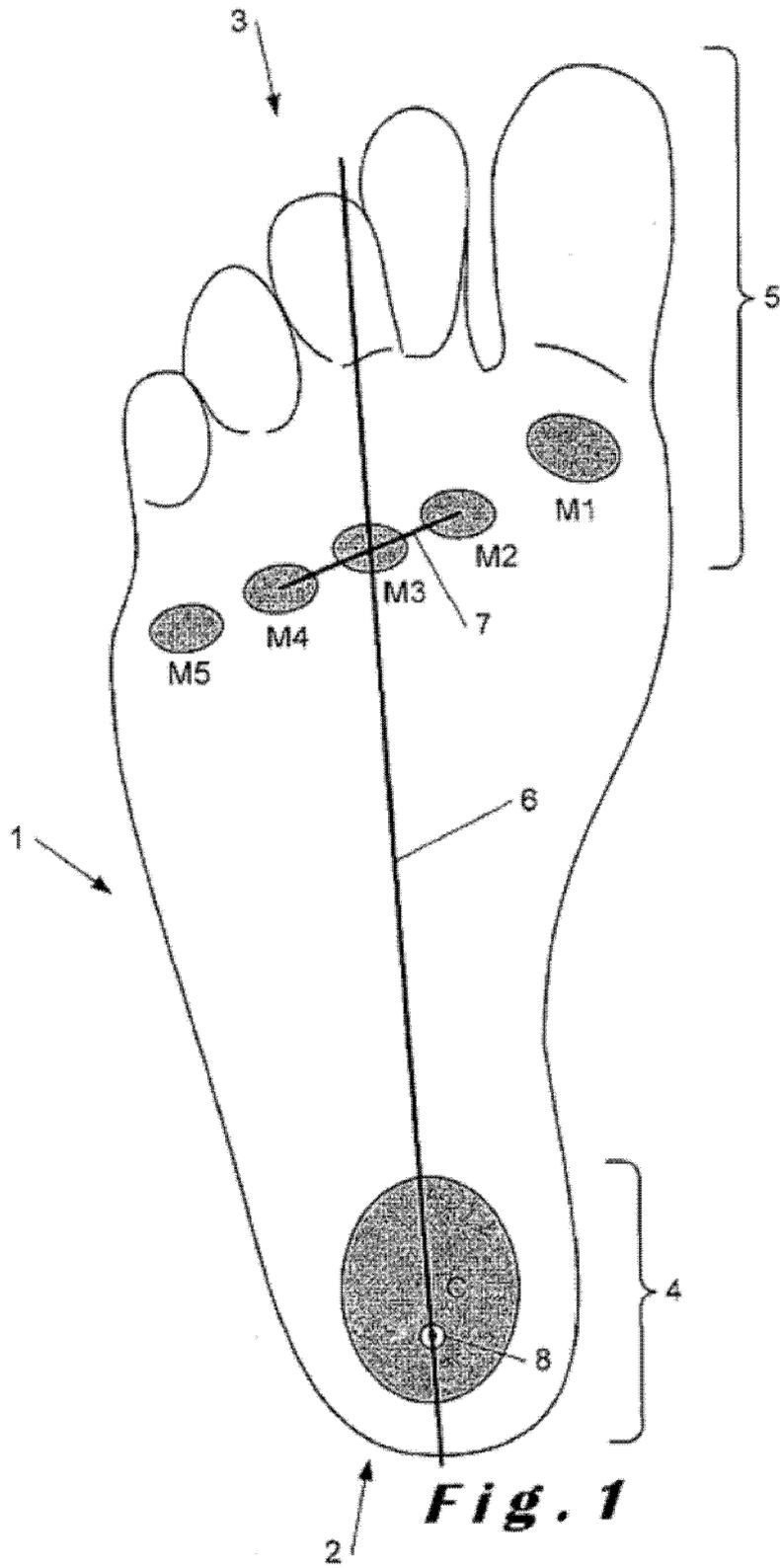
20 Si el sentido del giro y ángulo establecidos para la línea finita y vector son aproximadamente iguales, el modelo no muestra una deformación a la torsión. Sin embargo, el modelo es hecho girar enteramente respecto al plano tangente. En la producción de la plantilla el plano tangente está dispuesto de preferencia paralelamente a la superficie de contacto con el suelo de la planta del pie. Como resultado, un modelo que sólo tiene una torsión, está integralmente inclinado sobre el suelo en la producción de la plantilla, por lo que el pie está controlado en todas las fases de la andadura.

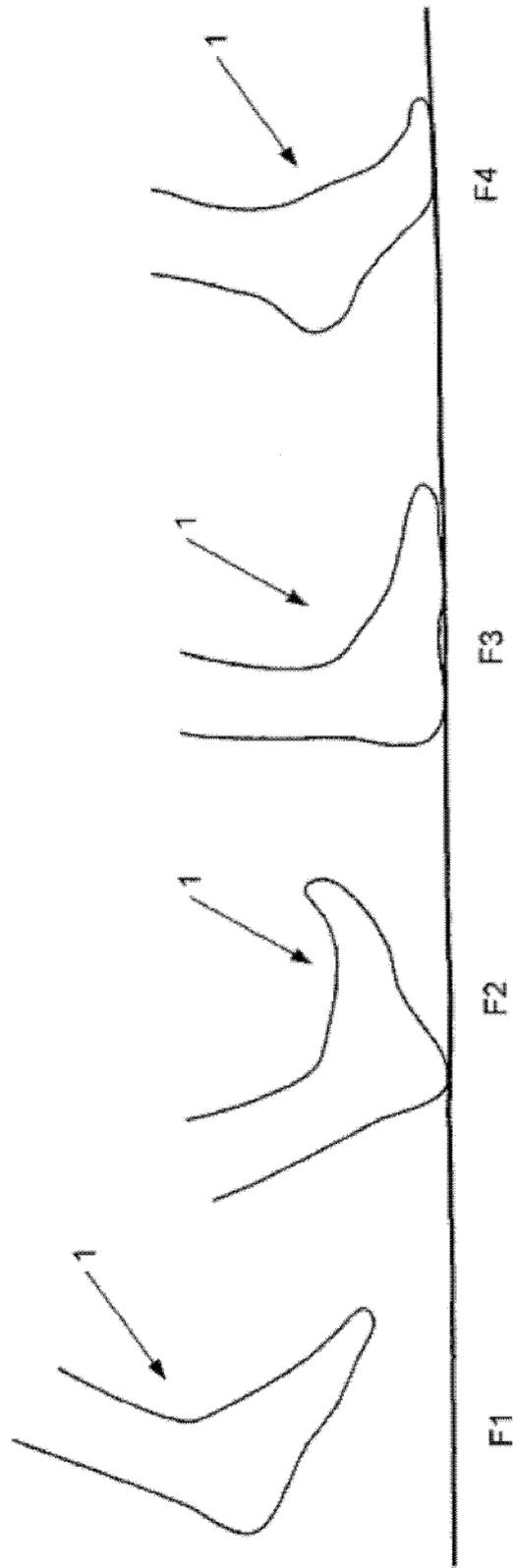
25 Se produce la plantilla funcional basándose en el modelo modificado. De preferencia, la plantilla es producida por medio de un sistema CAD/CAM por lo que la producción es controlada directamente por el ordenador. A continuación el modelo puede ser cortado de un bloque de material siendo controlado el corte por el ordenador para producir la forma del modelo. De preferencia, el lado inferior de la planta del pie que está en contacto con el suelo es seleccionado paralelo al plano tangente. Los bordes laterales de la plantilla se ajustan de preferencia a las dimensiones internas de los zapatos en los que deben ser dispuestos. Además, la plantilla puede ser producida también por medio de un proceso de prototipado rápido. En él se hace una impresión 3D de la plantilla. La ventaja para la producción de una plantilla hecha por medio de un prototipado rápido es que en la plantilla se pueden usar de manera arbitraria materiales diferentes cada uno con una dureza distinta, cuando se corta un bloque, el material del bloque determina la dureza de la plantilla. El podólogo o el especialista del pie, basándose en la experiencia o en medidas puede producir zonas estratégicas de la plantilla a partir de materiales más blandos o más duros para obtener un control óptimo y/o un confort óptimo.

30 Además, se puede adaptar una plantilla según la invención de manera que la parte del talón esté más alta respecto al suelo que la parte del antepié. Esto permite un control adicional del pie mientras una persona camina. Además, el espesor de la plantilla puede variar por una desviación del suelo respecto al plano tangente, o por definir el plano tangente a una distancia del modelo. Si se desea ejercer el control del pie solamente en la fase de contacto del talón, una plantilla funcional necesita solamente tener un tamaño limitado, con lo que sólo está soportada una parte proximal del pie. Esto tiene la ventaja de que los dedos tienen más espacio en el zapato ya que la plantilla no ocupa ningún espacio en la zona del antepié del zapato.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para producir una plantilla funcional para normalizar el movimiento de un pie (1) de una persona, comprendiendo el método los pasos siguientes:
- 5 - determinar datos tridimensionales respecto a una morfología de al menos una parte de la planta de dicho pie (1);
- determinar datos del movimiento del pie respecto a dicho pie;
- crear un modelo de dicha morfología basándose en dichos datos tridimensionales;
- modificar dicho modelo basándose en dichos datos del movimiento del pie para que dicha plantilla funcional sea producible basándose en dicho modelo modificado;
- 10 - producir dicha plantilla basándose en dicho modelo modificado,
- caracterizado** porque dicha creación comprende cargar en y tratar por un ordenador dichos datos tridimensionales, y porque dicha modificación de dicho modelo comprende los pasos siguientes:
- definir:
- 15 - una línea finita (7) en la que un primer punto de extremo está relacionado con el extremo metatarsiano I o de preferencia con el extremo metatarsiano II de dicho pie (1) y en el que un segundo punto de extremo está relacionado con el extremo metatarsiano V o de preferencia con el extremo metatarsiano IV de dicho pie (1);
- un vector (8) en el que un punto de inicio está relacionado con el calcáneo C de dicho pie (1) y que se extiende en un sentido proximal;
- 20 - un eje (6) que se extiende desde una parte proximal (4) de dicho pie (1) hasta una parte distal (5) de dicho pie (1);
- determinar un sentido de giro y un ángulo de giro alrededor de dicho eje (6) para al menos uno de dicha línea finita (7) y de dicho vector (8) basándose en dichos datos del movimiento del pie;
- girar dicha línea finita (7) y/o dicho vector (8) alrededor de dicho eje (6) en dicho sentido de giro determinado sobre dicho ángulo de giro determinado, para producir dicho modelo modificado que tiene un giro y/o deformación de torsión respecto a dicha morfología.
- 25
2. Método para producir una plantilla funcional según la reivindicación 1, en el que dichos datos tridimensionales están relacionados con una morfología de al menos una parte de la planta de un pie que está en una posición neutra.
- 30
3. Método para producir una plantilla funcional para normalizar un movimiento de un pie según la reivindicación 1 ó la 2, en el que dicha definición comprende además la determinación de un plano tangente en dicho modelo, cuyo plano tangente tiene al menos un punto de contacto respecto al calcáneo de dicha morfología y al menos dos puntos de contacto respecto a los extremos metatarsianos I, II, III, IV y V.
- 35
4. Método para producir una plantilla funcional para normalizar un movimiento de un pie según la reivindicación 3, en el que dicha línea finita (7) está definida dispuesta en dicho plano tangente y en el que dicho eje (6) está definido dispuesto en dicho plano tangente.
5. Método para producir una plantilla funcional para normalizar el movimiento de un pie según la reivindicación 3 ó la 4, en el que dicho vector (8) tiene una dirección que es sustancialmente perpendicular a dicho plano tangente.
6. Método para producir una plantilla funcional para normalizar el movimiento de un pie según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la producción de dicha plantilla se realiza mediante un sistema CAD/CAM.
- 40
7. Una plantilla funcional para normalizar un movimiento de un pie obtenida realizando el método según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 6.





**Fig. 2**