

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 377**

51 Int. Cl.:

A61H 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.02.2017** **PCT/DE2017/100116**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017** **WO17140302**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2017** **E 17718808 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020** **EP 3416605**

54 Título: **Aparato de terapia**

30 Prioridad:

15.02.2016 DE 202016000943 U

15.02.2016 DE 202016000944 U

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

30.04.2021

73 Titular/es:

LIME MEDICAL GMBH (100.0%)
Hauptstraße 17 + 19, Alte Waggonfabrik Gebäude
6306
55120 Mainz, DE

72 Inventor/es:

LINDEMANN, PASCAL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 822 377 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

Aparato de terapia

La presente invención se refiere a un aparato de terapia para realizar un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos y del pulgar de la mano de un paciente, que comprende: una o más de estas férulas para el movimiento de los dedos, que realizan un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos seleccionados de la mano de un paciente; y una sujeción que tiene una cubierta superior, que cubre preferiblemente el antebrazo y/o la muñeca, a la que se conectan una o más férulas para el movimiento de cada dedo seleccionado, cada una de las cuales está en conexión de control con un dispositivo de control.

Estos aparatos de terapia ya se conocen en diferentes modos de realización como férulas para el movimiento de la muñeca o férulas para el movimiento de los dedos. Se utilizan, por ejemplo, después de operaciones en la zona de la mano para la movilización articulada continua pasiva y/o asistida activamente.

Como férula para el movimiento de los dedos se conoce, por ejemplo, del documento EP 1 262 159 A2, un aparato de terapia, con el que se pueden realizar movimientos de flexión y estiramiento de los dedos y que tiene una sujeción para un accionamiento de movimiento dispuesto en el dorso de la mano, al que están aplicadas unas palancas basculantes en uno o ambos lados. Las mismas están conectadas por el extremo alejado del accionamiento remoto a una brida transversal, que está posicionada en la parte exterior de la mano distanciada de los dedos o encima o debajo de ellos. En la brida transversal pueden montarse unos elementos de fijación de los dedos de diferente modo de realización, para adaptarse a las diferentes longitudes de los dedos.

Aunque ya se conocen diferentes modos de realización de tales sujeciones para férulas para el movimiento de los dedos, sólo se monta una férula para el movimiento de los dedos en cada uno de ellas, que puede realizar el ejercicio de movimiento con varios dedos simultáneamente. El inconveniente de esas férulas para el movimiento de los dedos y sujeciones es que las mismas no se adaptan con tanta precisión a la estructura anatómica de cada uno de los dedos y, por lo tanto, su ámbito de tratamiento es limitado.

Se conoce otro aparato para el movimiento pasivo continuo de la mano del documento US 5 697 892 A, con el que pueden llevarse a cabo movimientos de flexión y estiramiento de los dedos. Aquí existe en primer lugar el inconveniente de que el movimiento de los dedos está restringido a causa de una cinemática de movimiento mecánica que se apoya en los dedos. Además de esto, los dedos no pueden tratarse de forma individual e independiente unos de otros.

También se han dado a conocer unas variantes de una férula para el movimiento de los dedos para el movimiento asistido de un dedo humano, con cinemática de movimiento mecánica que descansa sobre los dedos y los problemas de ello resultantes de la limitación del movimiento de los dedos, de los documentos US 2010/305717 A1, JP 2002 345861 A y JP 2007 313 093 A.

Para evitar esto, del documento EP 2 549 971 B1 se ha dado a conocer un dispositivo de rehabilitación de la mano, que se caracteriza por una varilla flexible para una curvatura/extensión pasiva y apoyada activamente simultánea y/o selectiva de los cinco dedos, según un movimiento completo de curvatura o un agarre de objetos y/o una simulación de actividades de la vida diaria con ejercicios, secuencias y/o combinaciones de movimientos libremente seleccionables por el usuario, elementos para el deslizamiento y apoyo de la varilla flexible durante la curvatura/extensión de los dedos.

El documento JP 2011 115 248 A revela un aparato de terapia según el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento US 2014/0288664 A1 revela por último un dispositivo de apoyo para el movimiento de los dedos, que utiliza tecnología de sensores para establecer la intención del usuario respecto a un movimiento deseado de los dedos ("doblar o estirar") y, a continuación, apoya ese movimiento con la ayuda de accionamientos piezoeléctricos dispuestos en cada falange del dedo.

La tarea de la presente invención es proporcionar un aparato de terapia, mejorado en comparación con el estado de la técnica, para realizar un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos y el pulgar de la mano de un paciente, en particular sin impedir el movimiento del dedo colocando piezas mecánicas sobre el dedo.

La tarea de la presente invención consiste, además de esto, en permitir la realización de ejercicios de movimiento con un solo dedo a la vez.

Además de esto, la tarea de la presente invención consiste en crear un aparato de terapia mejorado en comparación con el estado de la técnica, el cual presente una férula para el movimiento de los dedos propia e individual con cinemáticas de movimiento para cada dedo. De este modo los movimientos se adaptan individualmente a cada dedo, lo que aumenta las posibilidades de éxito de un tratamiento.

Estas tareas se resuelven mediante un aparato de terapia con las características de la reivindicación de la reivindicación 1.

Un aparato de terapia según la invención para realizar un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos y del pulgar de la mano de un paciente, comprende las férulas para el movimiento de los dedos, que se componen respectivamente de componentes mecánicos, que al menos comprenden cinemáticas de movimiento, para mover el dedo
5 y de un accionamiento de movimiento, para el movimiento pasivo y/o asistido activamente del dedo respectivo y están aplicadas de forma que pueden ajustarse y retenerse sobre la cubierta superior; en donde a la cubierta superior están conectadas unas cinemáticas de movimiento de una férula para el movimiento de los dedos para cada dedo seleccionado, que presentan respectivamente un accionamiento de movimiento que está en conexión de control con un dispositivo de control. Por medio de que es posible conforme a la invención aplicar a una cubierta superior una férula para el movimiento
10 de los dedos propia, de manera que puede ajustarse y retenerse para cada dedo, la misma puede ser ventajosamente ajustada en posición y tamaño al dedo a tratar. Esto significa que no es necesario desarrollar y producir una nueva cubierta superior para cada paciente, lo cual lleva consigo una ventaja económica.

Un aparato de terapia según la invención comprende además las cinemáticas de movimiento del férula para el movimiento de los dedos, que tienen un carro, que se mueve en una férula dispuesta alrededor de la articulación proximal del dedo, y al menos una palanca basculante; en donde para el movimiento pasivo y/o asistido activamente de los dedos seleccionados están dispuestas lateralmente junto al dedo respectivo; en donde en cada caso un accionamiento de movimiento acciona por motor un carro y al menos una palanca basculante a través de al menos un mecanismo de palanca de las cinemáticas de movimiento. Esto permite ventajosamente poner a disposición de cada dedo seleccionado una
15 férula para el movimiento de los dedos propia con unas cinemáticas de movimiento que, dispuesta lateralmente respecto al dedo a tratar, permite al dedo seleccionado respectivamente un movimiento de flexión y/o estiramiento libre de obstrucciones.

Un aparato de terapia de este tipo puede mover un solo dedo y/o un grupo de dedos de la mano de forma secuencial y/o sincronizada y, por lo tanto, movilizar y/o fortalecer ventajosamente.

Unos perfeccionamiento y conformaciones ventajosos, que pueden ser utilizados respectivamente individualmente o en combinación entre ellos, son objeto de las reivindicaciones dependientes.

En una primera configuración del aparato de terapia, las cinemáticas de movimiento tienen preferiblemente al menos una primera palanca basculante para fijar una falange distal del dedo y una segunda palanca basculante, en donde la primera palanca basculante está ventajosamente conectada de forma basculante a la segunda palanca basculante, y en donde la segunda palanca basculante está ventajosamente conectada de forma basculante al carro. Esta forma de realización de las cinemáticas de movimiento de una férula para el movimiento de los dedos permite ventajosamente que dos palancas
30 basculantes conectadas entre sí de forma basculante y un carro, conectado de forma basculante a la segunda palanca basculante, estén dispuestos en la posición funcional lateralmente junto al dedo a tratar con sus ejes de basculación aproximadamente en prolongación de los ejes de articulación de las articulaciones proximales del dedo, con la excepción de las articulaciones mediales del dedo y las articulaciones distales del dedo en el caso del pulgar. Una conexión basculante de las palancas basculantes y del carro configurada de esta manera permite ventajosamente que el dedo
40 respectivo se mueva, pasivamente y/o asistido activamente, en el ámbito de los ejercicios de movimiento correspondientes al movimiento natural de flexión de los dedos.

0019] En una configuración adicional del aparato de terapia se prefiere que el carro se mueva sobre una pista circular, la cual está dada por la forma del carro y/o de la férula. A este respecto ha demostrado ser conveniente que el centro de la pista circular, sobre la que el carro se mueve alrededor de la articulación proximal del dedo, coincida aproximadamente con el eje de articulación anatómico de la articulación proximal del dedo. La pista circular alrededor de la articulación proximal del dedo, sobre la que se mueve el carro, puede ser resultado de la forma del carro y/o de la forma de la férula. No es posible disponer las cinemáticas de movimiento lateralmente directamente junto a una articulación proximal del dedo - como es el caso de la articulación medial y la articulación distal del dedo - en tanto que la articulación proximal de otro dedo ya está situada allí. Por lo tanto, esta sección de las cinemáticas del movimiento debe estar formada por la combinación entre férula y carro y discurrir sobre una pista circular lateralmente respecto a la articulación proximal del
50 dedo.

De acuerdo con la invención, también se prefiere una configuración del aparato de terapia, en la que cada accionamiento de movimiento accione directamente por motor un carro; y en la que cada accionamiento de movimiento accione por motor al menos una palanca basculante a través de al menos un mecanismo de palanca de las cinemáticas de movimiento, indirectamente a través de la conexión con el carro. El carro, accionado por motor preferiblemente de forma directa mediante el accionamiento de movimiento, la segunda palanca basculante, que es accionada preferiblemente de forma indirecta mediante la conexión con el carro, y la primera palanca basculante, que es también accionada preferiblemente de forma indirectamente mediante conexión con la segunda palanca basculante, pueden estar en conexión de accionamiento para el movimiento de flexión de los dedos previsto, de tal manera que el carro y las dos palancas basculantes pueden ser basculados activamente y ventajosamente, de forma correspondiente al movimiento de flexión natural de los dedos.

Además de esto, se ha demostrado la eficacia de una configuración del aparato de terapia, en la que el mecanismo de palanca tiene al menos dos conexiones articuladas, que conectan de forma basculante el mecanismo de palanca con el

carro, la férula, la primera palanca basculante, la segunda palanca basculante y/o un medio de conexión. Aquí es ventajoso que la disposición de las conexiones articuladas se seleccione de tal manera que, al moverse el carro, se produzca una transmisión de fuerza a la primera palanca basculante, a la segunda palanca basculante y/o al medio de conexión. Por lo tanto, para transferir el movimiento de basculación desde el accionamiento de movimiento al carro, el accionamiento de movimiento está conectado preferiblemente al carro. El mecanismo de palanca puede hacer a este respecto posible ventajosamente la transferencia del movimiento de giro desde el accionamiento de movimiento a las dos palancas basculantes, y está convenientemente alojado dentro del contorno de la palanca basculante. El mecanismo de palanca y las palancas basculantes pueden estar adaptadas a la fuerza necesaria para mover el dedo mediante su estructura, en particular mediante la disposición de las conexiones articuladas. Esto significa que las cinemáticas de movimiento de una férula para el movimiento de los dedos pueden proporcionar ventajosamente diferentes fuerzas para la terapia de movimiento, con una absorción de fuerza constante resultante del accionamiento de movimiento. Un dedo bastante estirado requiere poca fuerza para ser doblado, mientras que un dedo más doblado requiere mucha más fuerza para ser doblado aún más. Las cinemáticas de movimiento están aproximadamente adaptada a a estas diferencias. Por ejemplo, en el caso de un dedo más bien estirado se ejerce menos fuerza sobre el dedo que en un dedo más bien doblado.

De acuerdo con otra configuración del aparato de terapia, es preferible que en el carro estén dispuestos unos primeros medios de fijación y/o asiento desmontables para la fijación y/o el asiento desmontables de una falange proximal un dedo a tratar y/o que en la primera palanca basculante estén dispuestos unos segundos medios de fijación y/o asiento desmontables para la fijación y/o el asiento desmontable de una falange distal de un dedo a tratar. Para la transmisión del movimiento de basculación desde las cinemáticas de movimiento de una férula para el movimiento de los dedos al dedo a tratar del paciente, la primera palanca basculante se fija por lo tanto a la falange distal del dedo mediante un segundo medio de fijación y/o asiento desmontable, y el carro se fija a la falange proximal del dedo mediante un primer medio de fijación y/o asiento desmontable. Los medios de fijación y/o asiento desmontables pueden estar configurados a este respecto, por ejemplo, como una tira de velcro que encierre la falange distal o proximal del dedo, como un anillo elástico o como una placa, preferiblemente acolchada, y pueden utilizarse preferiblemente de forma universal adaptada a diferentes tamaños de la parte del cuerpo a fijar.

Además de esto, se ha demostrado la eficacia de una configuración del aparato de terapia, en el que al menos un componente mecánico de las cinemática de movimiento y/o de los medio de fijación y/o asiento desmontables, preferiblemente del primer carro y/o de los medios de fijación y/o asiento desmontables, comprende un sensor para medir la fuerza que actúa sobre el dedo respectivo y/o que ejerce el dedo respectivo sobre la férula para el movimiento de los dedos. A este respecto es ventajoso que el sensor intercambie datos de control con el dispositivo de control y/o con el accionamiento de movimiento.

0024] La medición de la fuerza que actúa sobre el dedo respectivo y/o ejercida por el dedo respectivo sobre la férula para el movimiento de los dedos, así como el intercambio de estos datos de control con el dispositivo de control y/o con el accionamiento de movimiento, permite ventajosamente una ejecución continua de un movimiento asistido activamente programado de los dedos y del pulgar de la mano de un paciente. A diferencia del movimiento pasivo, que no se basa necesariamente en los datos de control proporcionados por un sensor, de este modo puede lograrse ventajosamente, no sólo una movilización sino también un fortalecimiento de la mano y/o de los dedos individuales de un paciente.

En otra configuración del aparato de terapia, la una o varias férulas para el movimiento de los dedos pueden ser ajustadas y retenidas en la cubierta superior de la sujeción, a causa de su modo constructivo preferiblemente en paralelo a un eje que discurre desde el codo hasta la muñeca. Esto hace que la sujeción pueda ajustarse ventajosamente a dedos de diferente longitud. Además de esto, la una o varias férulas para el movimiento de los dedos pueden ajustarse a causa de su modo constructivo a la cubierta superior de la sujeción en perpendicular a un eje que discurre desde el codo hasta la muñeca. Esto significa que la cubierta superior de la sujeción puede ajustarse ventajosamente también a manos de diferente anchura.

La ajustabilidad de las férulas para el movimiento de los dedos individuales puede hacerse posible asimismo de diferentes maneras.

Una fijación de una o más férulas para el movimiento de los sobre la cubierta superior de la sujeción sería posible, por ejemplo, por medio de cierres de velcro y/o imanes, en donde el ajuste de la posición de las férulas para el movimiento de los dedos sobre la cubierta superior de la sujeción resulta del hecho de que las férulas para el movimiento de los dedos pueden ser fijadas en diferentes puntos.

Asimismo es posible ajustar y montar uno o más férulas para el movimiento de los dedos sobre la cubierta superior de la sujeción, por medio de que se fijen las férulas para el movimiento de los dedos por medio de una sujeción de apriete, por ejemplo sobre férulas que estén aplicadas a la cubierta superior de la sujeción.

Por lo tanto, en otra configuración del aparato de terapia es preferible que la una o más férulas para el movimiento de los dedos se puedan fijar respectivamente a la cubierta superior de la sujeción por medio de una sujeción de apriete desmontable de tal manera, que la una o más férulas para el movimiento de los dedos se puedan ajustar en su posición, en relación con la cubierta superior, cuando el cierre de la sujeción de apriete esté abierto. Cuando la sujeción de apriete está abierta, la posición de las férulas para el movimiento de los dedos puede ajustarse ventajosamente, mientras que las

férulas para el movimiento de los dedos son preferiblemente inamovibles cuando la sujeción de apriete está cerrada.

En otra configuración del aparato de terapia se prefiere que la cubierta superior de la sujeción esté configurada para poder ser fijada a un apoyo de mano por medio de unos medios de fijación desmontables o para poder ser fijada al propio paciente, en donde la cubierta superior de la sujeción está configurada preferiblemente para poder ser fijada a la mano del paciente por medio de un primer medio de fijación desmontable y/o al antebrazo del paciente por medio de un segundo medio de fijación desmontable. La cubierta superior permite así una fijación estacionaria a un apoyo de mano o una fijación móvil al propio paciente por medio de unos medios de fijación desmontables. Mediante la cubierta superior se fija ventajosamente la muñeca, lo que impide los movimientos evasivos de la mano sobre la muñeca y, por lo tanto, intensifica el tratamiento del paciente. Una fijación móvil de la cubierta superior también puede hacerse, sin embargo, sólo en el antebrazo o sólo en la mano.

Finalmente, se prefiere una configuración del aparato de terapia, en el cual el dispositivo de control esté configurado de forma que pueda ser montado sobre la cubierta superior de la sujeción. Un dispositivo de control aplicado a la cubierta superior tiene la ventaja de que el mismo está en conexión de control con las cinemáticas de movimiento de las diferentes férulas para el movimiento de los dedos individuales, ya sea por conexión cableada o radio.

Un procedimiento para hacer funcionar un aparato de terapia de este tipo se caracteriza ventajosamente por medio de que, para un movimiento previsto de flexión y/o estiramiento de dedos pasivo y/o asistido activamente, el carro, la segunda palanca basculante y la primera palanca basculante están en conexión de accionamiento con el accionamiento de movimiento, de tal manera que el carro y las dos palancas basculantes se basculan activamente de forma correspondiente a un movimiento natural de flexión y/o estiramiento de los dedos.

A este respecto, en el contexto de la presente invención, se entiende por el término "pasivo" un movimiento de flexión y/o estiramiento de los dedos exclusivamente por medio de la férula para el movimiento de los dedos y sin fuerza muscular por parte del paciente.

Por el contrario, en el contexto de la presente invención, por el término "activamente asistido" se entiende un movimiento de flexión y/o estiramiento de los dedos, en el cual el paciente debe aplicar al menos parcialmente una fuerza muscular, en donde sin embargo la férula para el movimiento de los dedos:

- a. actúa apoyando, en el sentido de que la fuerza muscular que debe aplicarse es menor que en un movimiento sin una férula para el movimiento de los dedos; o
- b. actúa apoyando, en el sentido de guiar el movimiento, en donde el paciente debe aplicar toda la fuerza muscular; o
- c. actúa apoyando, en el sentido de que el paciente tiene que trabajar en contra de una resistencia generada por la férula para el movimiento de los dedos y, por lo tanto, tiene que aplicar una mayor fuerza muscular que en un movimiento sin férula para el movimiento de los dedos.

La presente invención pone a disposición una férula para el movimiento de los dedos con sus propias cinemáticas de movimiento para cada dedo seleccionado que, por primera vez, está dispuesta al lado del dedo a tratar. De esta manera se crea un aparato de terapia que puede realizar los movimientos, de forma adaptada a cada dedo y, por tanto, de forma más ergonómica y eficaz. Se trata, pues, de una mejora significativa con respecto al estado actual de la técnica, en el que las cinemáticas de movimiento todavía no puede adaptarse suficientemente a las formas diferenciadas de los dedos.

Unas configuraciones adicionales de la invención se explican más detalladamente a continuación, con sus detalles esenciales, en base a los dibujos.

Aquí muestran esquemáticamente:

la Fig. 1a: en una vista en planta, una sujeción de un aparato de terapia conforme a la invención con férulas para el movimiento de los dedos para los cinco dedos de una mano, con una conexión de control formada por cables entre un dispositivo de control y unos accionamientos de movimiento;

la Fig. 1b la sujeción junto con la férula para el movimiento de los dedos de la Fig. 1a, en donde la conexión de control entre el dispositivo de control y los accionamientos de movimiento es inalámbrica;

la Fig. 2a

en una vista en planta, una férula para el movimiento de los dedos aislada de las Figs. 1a y 1b, montada sobre la cubierta superior de una sujeción, fijada al dedo de una mano;

la Fig. 2b la férula para el movimiento de los dedos fijada al dedo de una mano de la Fig. 2a, en una vista lateral;

la Fig. 3, en una vista lateral, una cinemática de movimiento junto con el mecanismo de palanca y conexiones articuladas en estado de estiramiento;

la Fig. 4 la cinemática de movimiento de la Fig. 3 en estado parcialmente flexionado;

la Fig. 5a, en una vista del lado inferior, una parte de la cinemática de movimiento de las Figs. 3 y 4;

la Fig. 5b una segunda palanca basculante junto con medios de conexión de la cinemática de movimiento de la Fig. 5a;

la Fig. 5c, en una vista en perspectiva, el lado inferior de una cinemática de movimiento preferida conforme a la invención;

la Fig. 6a, en una vista lateral, una configuración de una férula para el movimiento de los dedos con cinemática de movimiento y accionamiento de movimiento, en donde el accionamiento de movimiento está conformado como un accionamiento de husillo;

la Fig. 6b una segunda configuración de la férula para el movimiento de los dedos de la Fig. 6a, en donde el accionamiento de movimiento está configurado como un accionamiento de tornillo sin fin dispuesto sobre la férula, con un carro configurado de forma correspondiente al mismo que engrana en un dentado configurado en el carro;

la Fig. 6c otra configuración alternativa de una férula para el movimiento de los dedos, en la que el accionamiento de movimiento está configurado como un accionamiento de tornillo sin fin dispuesto sobre la cubierta superior, con un carro configurado de forma correspondiente al mismo, que engrana en un dentado configurado en el carro;

la Fig. 7 un aparato de terapia que comprende una sujeción y cinco férulas para el movimiento para los dedos, en donde las férulas para el movimiento para los dedos índice, medio, anular y meñique están dispuestos sobre la sujeción, comparativamente poco separados entre sí y a la misma altura con respecto al eje mano - antebrazo; y

la Fig. 8 el aparato de terapia de la Fig. 7, en donde las férulas para el movimiento de los dedos índice, medio, anular y meñique están dispuestas sobre la sujeción comparativamente muy separados entre sí y a diferente altura con respecto al eje mano - antebrazo.

En la siguiente descripción de unas formas de realización preferidas de la presente invención, los mismos símbolos de referencia designan componentes iguales o comparables.

Las **Figs. 1a y 1b** muestran, en una vista en planta, una sujeción 1 de un aparato de terapia según la invención con férulas para el movimiento de los dedos 2 para los cinco dedos de una mano 3 y con una conexión de control formada por cables (**Fig. 1a**) o inalámbrica (**Fig. 1b**), entre un dispositivo de control 14 y unos accionamientos de movimiento 22.

El aparato de terapia mostrado se utiliza para realizar un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos seleccionados de una mano 3. Mediante las cinemáticas de movimiento 21 de una férula para el movimiento de los dedos 2 pueden llevarse a cabo ejercicios de movimiento en el dedo respectivo a mover, en donde el dedo se flexiona en la articulación proximal 31, la articulación medial 32 y la articulación distal 33.

El aparato de terapia también tiene una sujeción 1 para una o, como se muestra aquí, varias férulas para el movimiento de los dedos 2, así como una cubierta superior 10 que puede aplicarse a la parte exterior del brazo en el antebrazo 4 y cubre la muñeca 30. La cubierta superior 10 puede, como se muestra aquí, fijarse al antebrazo 4 y a la mano 3 de un paciente mediante medios de fijación desmontables 12 y 13. Mediante la cubierta superior 10 se fija la muñeca 30 del paciente, lo que impide los movimientos evasivos de la mano 3 sobre la muñeca 30 y, por lo tanto, intensifica el tratamiento del paciente. Una fijación móvil de la cubierta superior 10, sin embargo, también puede realizarse sólo en el antebrazo 4 o sólo en la mano 3. También se puede concebir una fijación estacionaria temporal, por ejemplo, a un apoyo de la mano, respecto al cual pueda fijarse la cubierta superior 10 (no se muestra).

Sobre la cubierta superior 10, las férulas para el movimiento de los dedos 2 pueden ser ajustadas y retenidas debido a su modo constructivo, especialmente en paralelo a un eje que discurre del codo a la muñeca 30. De este modo puede ajustarse ventajosamente la sujeción 1, individualmente a dedos de diferente longitud de un paciente o de un paciente a otro. Debido a su modo constructivo sobre la cubierta superior 10, las férulas para el movimiento de los dedos 2 pueden también ajustarse a la cubierta superior 10 perpendicularmente a un eje que discurre del codo a la muñeca 30. Como resultado de esto, la sujeción 1, en particular la cubierta superior 10, puede ajustarse individualmente a los diferentes anchos de las manos 3 de un paciente o de un paciente a otro (véase también la Fig. 7 y la Fig. 8 para más información).

La ventajosa ajustabilidad individual de las férulas para el movimiento de los dedos 2 individuales puede lograrse de varias maneras. Una fijación de las férulas para el movimiento de los dedos 2 sobre la cubierta superior 10 puede hacerse posible, en particular mediante cierres de velcro o imanes, en donde la posición de las férulas para el movimiento de los dedos 2 sobre la cubierta superior 10 puede ajustarse, como resultado de que las férulas para el movimiento de los dedos 2 pueden fijarse en diferentes puntos sobre la cubierta superior 10.

Además de esto, en otra conformación puede hacerse posible una ajustabilidad y un montaje de las férulas para el movimiento de los dedos 2 sobre la cubierta superior 10, fijando las férulas para el movimiento de los dedos 2 a las férulas

111, que están aplicadas a la cubierta superior 10, por medio de una sujeción de apriete 11. Cuando la sujeción de apriete 11 está abierta, la posición de las férulas para el movimiento de los dedos 2 puede ajustarse, mientras que las férulas para el movimiento de los dedos 2 son preferiblemente inamovibles cuando la sujeción de apriete 11 está cerrada (véase también la Fig. 8).

Un dispositivo de control 14, que preferiblemente comprende una electrónica de control, puede estar dispuesto sobre la cubierta superior 10, que está en conexión de control con las diferentes férulas para el movimiento de los dedos 2, en particular con sus accionamientos de movimiento 22, para los dedos individuales. Esta conexión de control puede establecerse por cable, como se muestra en la **Fig. 1a**, o también de forma inalámbrica, en particular a través de Bluetooth u otro método de transmisión de datos inalámbrico (Fig. **1b**).

Las **Figs. 2a y 2b** muestran, en una vista en planta (Fig. **2a**) y en una vista lateral (Fig. **2b**), una férula para el movimiento de los dedos 2 individual de las Figs. 1a y 1b, que está afijada al dedo de una mano 3 y está dispuesta sobre la cubierta superior 10 de una sujeción 1.

Se puede observar que las dos palancas basculantes 213; 214, conectadas entre sí de forma basculante, y el carro 211 conectado a la segunda palanca basculante 214 y que discurre en una férula 212, están dispuestos lateralmente junto al dedo a tratar, lo que es ventajoso para los movimientos de flexión del dedo en la posición funcional. El primer eje de basculación 23 entre la primera palanca basculante 213 y la segunda palanca basculante 214 coincide a este respecto preferiblemente de forma aproximada con el eje de articulación anatómico de la articulación terminal del dedo 33, respectivamente ambos pueden hacerse coincidir entre sí a causa de la posibilidad individual de ajuste, regulación y retención, y también el el segundo eje de basculación 24 entre la segunda palanca basculante 214 y el carro 211 coincide preferiblemente de forma aproximada con el eje de articulación anatómico de la articulación medial del dedo 32, respectivamente ambos pueden hacerse coincidir entre sí a causa de la posibilidad individual de ajuste, regulación y retención. El carro 211 puede desplazarse ventajosamente sobre una pista circular, cuyo punto central 25 coincide aproximadamente con el eje de articulación anatómico de la articulación proximal del dedo 31, respectivamente ambos pueden hacerse coincidir entre sí a causa de la posibilidad individual de ajuste, regulación y retención. La férula 212 está dispuesta sobre la cubierta superior 10 de forma que puede bascular y retenerse, con lo que las posiciones de las cinemáticas de movimiento 21 pueden adaptarse a las formas individuales de las manos 3. Mediante esta disposición puede utilizarse una gran parte de la fuerza transmitida al dedo para realizar los ejercicios de movimiento. Las fuerzas que actúan de otra manera son absorbidas por el dedo y no contribuyen a mejorar el estado del paciente o incluso pueden conducir a un empeoramiento de su estado.

La pista circular alrededor de la articulación proximal del dedo 31, sobre la que se mueve el carro 211, puede ser el resultado de la forma del carro 211 y/o de la forma de la férula 212. No es posible la disposición de las cinemáticas del movimiento 21 lateralmente, directamente junto a una articulación proximal del dedo 31 - como en la articulación medial del dedo 32 y la articulación distal del dedo 33 - en tanto que allí ya se encuentra la articulación proximal del dedo 31 de otro dedo. Esta sección de las cinemáticas de movimiento 21 está formada de forma reconocible por la combinación entre férula 212 y carro 211 y discurre, sobre una pista circular, lateralmente respecto a la articulación proximal del dedo 31.

Para transferir el movimiento de basculación de las cinemáticas de movimiento 21 al dedo a tratar del paciente, la primera palanca basculante 213 puede fijarse a la falange distal del dedo 331 con un segundo medio de fijación y/o asiento desmontable 27, y el carro 211 puede fijarse a la falange proximal del dedo con un primer medio de fijación y/o asiento desmontable 26. Los medios de fijación y/o asiento desmontables 26 y 27 para fijar y/o asentar los dedos y los medios de fijación desmontables 12 y 13 para la fijación de la sujeción 1 al antebrazo 4 y/o a la mano 3 pueden utilizarse ventajosamente de forma universal para diferentes tamaños de la parte del cuerpo a fijar.

Para el movimiento de flexión de los dedos previsto, el carro 211, la segunda palanca basculante 214 y la primera palanca basculante 213 están conectados ventajosamente por accionamiento al accionamiento de movimiento 22, de modo que el carro 211 y las dos palancas basculantes 213 y 214 pueden ser basculados activamente de forma correspondiente al movimiento de flexión natural de los dedos. Para transmitir el movimiento de basculación desde el accionamiento de movimiento 22 al carro 211, el accionamiento de movimiento 22 está conectado al carro 211. A este respecto, en una primera configuración el accionamiento de movimiento 22 puede estar conformado preferiblemente como accionamiento de husillo, cuyo husillo está ventajosamente en unión funcional con el carro 211 de la férula para el movimiento de los dedos 2.

De acuerdo con la invención, está previsto de forma preferida al menos un mecanismo de palanca 215, 216 para transmitir el movimiento de basculación desde el accionamiento de movimiento 22 a las dos palancas basculantes 213 y 214.

En la **Fig. 2a** se ha representado además que, en particular para llevar a cabo un movimiento de flexión y/o estiramiento asistido activamente, el segundo medio de fijación 27 puede comprender de forma preferida un sensor 28 para medir la fuerza que actúa sobre el dedo respectivo y/o que es ejercida por el dedo respectivo sobre la férula para el movimiento de los dedos 2. Para ello son adecuados por ejemplo sensores de fuerza de seis ejes, como los revelados en el documento DE 100 32 363 A1.

Las **figuras 3 y 4** muestran en una vista lateral una cinemática de movimiento 21 junto con el mecanismo de palanca 215,

216 y las conexiones articuladas 217, 218, 220, 221 en estado extendido (Fig. 3) o parcialmente doblado (Fig.4).

El mecanismo de palanca 215, 216 está alojado a este respecto de forma preferida, al menos por secciones, dentro del contorno de la palanca basculante (véanse las Figs. 5a y c). El mecanismo de palanca 215, 216 y las palancas basculantes 213, 214 están adaptados por su estructura a la fuerza, que es necesaria para mover el respectivo dedo a tratar. Esto significa que la cinemática de movimiento 21 proporciona diferentes fuerzas para la terapia de movimiento, con una absorción de fuerza constante resultante del accionamiento de movimiento 22. Un dedo bastante estirado requiere poca fuerza para ser doblado, mientras que un dedo más doblado requiere mucha más fuerza para ser doblado aún más. La cinemática del movimiento 21 está adaptada más o menos a estas diferencias. En el caso de un dedo más bien estirado se ejerce menos fuerza sobre el dedo que en el caso de un dedo más bien doblado.

Para una mayor claridad, las **Figs. 5a a c** muestran partes de las cinemáticas de movimiento 21 de una férula para el movimiento de los dedos 2, desde diferentes ángulos de observación, en una representación aumentada.

La **Fig. 5a** muestra en una vista el lado inferior de una parte de las cinemáticas del movimiento 21 de las Figs. 3 y 4. En particular pueden verse la interacción entre la primera palanca basculante 213 y la segunda 214, así como entre el carro 211 y el primer mecanismo de palanca 215 y el segundo 216.

Para el movimiento de flexión previsto de los dedos, el carro 211, la segunda palanca basculante 214 y la primera palanca basculante 213 pueden estar conectados ventajosamente en accionamiento con el accionamiento de movimiento 22, de modo que las dos palancas basculantes 213 y 214 pueden ser basculadas activamente a través del carro 211 de forma correspondiente al movimiento de flexión natural de los dedos. Para transmitir el movimiento de basculación desde el accionamiento de movimiento 22 al carro 211, el accionamiento de movimiento 22 está conectado al carro 211. Al menos uno, preferiblemente dos, mecanismos de palanca 215, 216 están previstos para transmitir el movimiento de basculación desde el accionamiento de movimiento 22 a las dos palancas basculantes 213 y 214.

Un primer mecanismo de palanca 215 puede estar conectado ventajosamente a la férula 212 a través de una conexión articulada 217 y a la segunda palanca basculante 214 a través de una segunda conexión articulada 218, en particular a través de una conexión 219.

En la **Fig. 5b** se ha representado de forma individual y aumentada una segunda palanca basculante 214 junto con los medios de conexión 219 de la Fig. 5a. Como se puede ver aquí, la segunda palanca basculante 214 y los medios de conexión pueden estar configurados como una sola pieza. Alternativamente a esto, la segunda palanca basculante 214 y los medios de conexión 219 también pueden ser dos componentes separados y en particular estar rígidamente conectados, por ejemplo soldados entre sí.

La disposición de las conexiones articuladas 217 y 218 está conformada preferiblemente de tal manera que, en el caso de accionamientos por motor del carro 211 mediante el accionamiento de movimiento 22, la segunda palanca basculante 214 también puede ser accionada por motor a través del mecanismo de palanca 215 mediante el accionamiento de movimiento 22. Asimismo, un segundo mecanismo de palanca 216 puede estar conectado de forma basculante al carro 211 a través de una primera conexión articulada 220, y a la primera palanca basculante 213 a través de una segunda conexión articulada 221. La disposición de las conexiones articuladas 220 y 221 está conformada a este respecto preferiblemente de tal manera que, en el caso de un accionamiento por motor del carro 211 mediante el accionamiento de movimiento 22, también puede accionarse por motor la primera palanca basculante 213 a través del mecanismo de palanca 216 mediante el accionamiento de movimiento 22.

La **figura 5c** ilustra la interacción de las cinemáticas de movimiento 21 de una férula para el movimiento de los dedos 2 preferida conforme a la invención, en una vista en perspectiva del lado inferior. El primer mecanismo de palanca 215 y el segundo 216 están alojados aquí ventajosamente, al menos por secciones, dentro del contorno de palanca basculante de la primera palanca basculante 213 y de la segunda 214.

Las **figuras 6a a c** muestran unas conformaciones alternativas de una férula para el movimiento de los dedos 2 conforme a la invención con las cinemáticas de movimiento 21 y el accionamiento de movimiento 22, en una vista lateral. La **Fig. 6a** muestra que el accionamiento de movimiento 22 puede estar configurado ventajosamente por su parte de forma basculante, respectivamente puede estar dispuesto de forma basculante sobre la cubierta superior 10. Si, como en el ejemplo que se muestra aquí, el accionamiento de movimiento 22 está conformado como un accionamiento de husillo, una posibilidad de basculación o una disposición basculante del accionamiento de movimiento 22 sobre la cubierta superior 10 puede tolerar ventajosamente un movimiento del husillo, que está en unión funcional el carro 211 para la transmisión de fuerza, especialmente si el punto de conexión del husillo y del carro 211 debe seguir la forma de la férula 212 y/o la forma del carro 211 durante el funcionamiento del aparato de terapia. Alternativamente a esto, como se muestra en las **Figs. 6b y 6c**, el accionamiento de movimiento 22 también puede estar conformado como un accionamiento de tornillo sin fin, que acciona el carro 211 al engranar su cabeza de tornillo sin fin 222 en un dentado 223 configurado en el carro 211. A este respecto el accionamiento de movimiento 22 puede estar dispuesto sobre la férula 212, como se muestra en la **Fig. 6b** o también, como se muestra en la **Fig. 6c**, sobre la cubierta superior 10 de la sujeción 1. En este último caso, puede ser ventajoso que el eje de accionamiento del accionamiento de movimiento 22 tenga unos engranajes cónicos 221 para la transmisión de fuerza al carro 211.

Las **figuras 7 y 8** muestran finalmente unas configuraciones alternativas de un aparato de terapia preferido conforme a la invención, que comprende una sujeción 1 y cinco férulas para el movimiento de los dedos 2.

5 La **Fig. 7** muestra una configuración, en la que las férulas para el movimiento de los dedos 2 índice, medio, anular y meñique están dispuestas sobre la sujeción 1 a una distancia relativamente corta entre ellos y a la misma altura con respecto al eje "mano 3 - antebrazo 4". A este respecto las férulas para el movimiento de los dedos 2, para el movimiento pasivo y/o asistido activamente del dedo respectivo, pueden ventajosamente ajustarse y retenerse sobre la cubierta superior 10, en particular magnéticamente o a través de una conexión de velcro.

10 En la **Fig. 8** se muestra, alternativa o acumulativamente a esto, una fijación ajustable y retenible de las férulas para el movimiento de los dedos 2 sobre la cubierta superior 10, utilizando las férulas 111 y las sujeciones de apriete 11. Esto puede hacer posible de forma ventajoso un ajuste individual de dedos de diferente longitud. En este ejemplo, la distancia entre las férulas para el movimiento de los dedos 2 se ha seleccionado además, como puede ser apropiado para un distanciamiento entre los dedos comparativamente más amplio y/o para una mano comparativamente más ancha 3.

15 La presente invención proporciona para cada dedo seleccionado una férula para el movimiento de los dedos 2 con sus propias cinemáticas de movimiento 21, la cual está dispuesta lateralmente respecto al dedo a tratar por primera vez. De esta manera, se crea un aparato de terapia que puede realizar los movimientos adaptados a cada dedo y, por tanto, los pueda ejecutar de forma más ergonómica y eficaz. Se trata, por lo tanto, de una mejora significativa con respecto al estado actual de la técnica, en el que las cinemáticas de movimiento todavía solo puede adaptarse insuficientemente a las formas diferenciadas de los dedos.

Lista de símbolos de referencia

- 1 Sujeción
- 10 Cubierta superior
- 11 Sujeción de apriete para fijar la férula para el movimiento de los dedos 2
- 111 Férula
- 12 Primer medio de fijación para fijar la cubierta superior 10 a la mano 3
- 13 Segundo medio de fijación para fijar la cubierta superior 10 al antebrazo 4
- 14 Dispositivo de control
- 2 Férula para el movimiento de los dedos
- 21 Mecanismo de movimiento
- 211 Carro
- 212 Férula
- 213 Primera palanca basculante
- 214 Segunda palanca basculante
- 215 Primer mecanismo de palanca
- 216 Segundo mecanismo de palanca
- 217 Primera conexión articulada del primer mecanismo de palanca 215
- 218 Segunda conexión articulada del primer mecanismo de palanca 215
- 219 Medio de conexión
- 220 Primera conexión articulada del segundo mecanismo de palanca 216
- 221 Segunda conexión articulada del segundo mecanismo de palanca 216
- 22 Accionamiento de movimiento
- 221 Engranaje cónico
- 222 Cabeza de tornillo sin fin
- 223 Dentado
- 23 Primer eje de basculación entre la primera palanca basculante 213 y la segunda palanca basculante 214
- 24 Segundo eje de basculación entre la segunda palanca basculante 213 y el carro 211
- 25 Punto central de la pista circular
- 26 Primer medio de fijación y/o asiento para fijación al carro 211
- 27 Segundo medio de fijación y/o asiento para fijación a la primera palanca basculante 213
- 28 Sensor
- 3 Mano
- 30 Muñeca
- 31 Articulación proximal del dedo
- 311 Falange proximal
- 32 Articulación medial del dedo
- 321 Falange medial
- 33 Articulación distal del dedo
- 331 Falange distal
- 4 Antebrazo

REIVINDICACIONES

1.- Aparato de terapia para realizar un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos y del pulgar de la mano (3) de un paciente, que comprende:

- una o más férulas para el movimiento de los dedos (2), que están configuradas para realizar un movimiento continuo, pasivo y/o asistido activamente de los dedos seleccionados de la mano (3) de un paciente,
- y una sujeción (1), que presenta una cubierta superior (10) a la que están conectadas la una o más férulas para el movimiento de los dedos (2) para cada dedo seleccionado, cada una de las cuales está en conexión de control con un dispositivo de control (14), en donde
 - las férulas para el movimiento de los dedos (2), que respectivamente
 - se componen de los componentes mecánicos para mover el dedo, que comprenden por lo menos cinemáticas de movimiento (21), y
 - de un accionamiento de movimiento (22), están aplicadas de forma ajustable y retenible a la cubierta superior (10) para el movimiento pasivo y/o asistido activamente del dedo respectivo;
- en donde las cinemáticas de movimiento (21) de la férula para el movimiento de los dedos (2) están conectadas a la cubierta superior (10) para cada dedo seleccionado,
 - en donde la férula para el movimiento de los dedos presenta respectivamente el accionamiento de movimiento (22) que está en conexión de control con el dispositivo de control (14);
- y en donde las cinemáticas de movimiento (21) de la férula para el movimiento de los dedos (2), que
 - presentan un carro (211) que se mueve en una férula (212) dispuesta alrededor de la articulación proximal (31) del dedo,
 - y al menos una palanca basculante (213, 214), están dispuestas para el movimiento pasivo y/o asistido activamente de los dedos seleccionados, durante su uso, lateralmente junto al dedo respectivo;
- en donde cada uno de los accionamientos de movimiento (22)
 - acciona por motor el carro (211)
 - y la al menos una palanca basculante (213; 214),

caracterizado porque las cinemáticas del movimiento (21) presentan al menos un mecanismo de palanca (215; 216), en donde el accionamiento de movimiento (22) acciona por motor la al menos una palanca basculante (213, 214) a través del al menos un mecanismo de palanca (215; 216).

2.- Aparato de terapia según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las cinemáticas de movimiento (21) presentan al menos

- una primera palanca basculante (213) para fijar una falange distal del dedo (331)
- y una segunda palanca basculante (214),
- en donde la primera palanca basculante (213) está conectada de forma basculante a la segunda palanca basculante (214)
- y en donde la segunda palanca basculante (214) está conectada de forma basculante al carro (211).

3.- Aparato de terapia según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el carro (211) se mueve sobre una pista circular, la cual viene dada por la forma del carro (211) y/o de la férula (212).

4.- Aparato de terapia según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada uno de los accionamientos de movimiento (22) acciona por motor

- un carro (211) directamente
- y al menos una palanca basculante (213; 214) a través de al menos un mecanismo de palanca (215; 216) de las cinemáticas de movimiento (21), indirectamente mediante conexión al carro (211).

5.- Aparato de terapia según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el mecanismo de palanca (215; 216) tiene al menos dos conexiones articuladas (217; 218; 220; 221), que conectan de forma basculante el mecanismo de palanca (215; 216) al carro (211), a la férula (212), a la primera palanca basculante (213), a la segunda palanca basculante (214) y/o a un medio de conexión (219).

6.- Aparato de terapia según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la disposición de las conexiones articuladas (217; 218; 220; 221) se selecciona de tal manera que, al moverse el carro (211), se produce una transmisión de fuerza a la primera palanca basculante (213), a la segunda palanca basculante (214) y/o a un medio de conexión (219).

7.- Aparato de terapia según una o varias más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado**

- **porque** unos primeros medios de fijación y/o asiento desmontables (26) para la fijación y/o el asiento desmontables de una falange proximal del dedo (311) de un dedo a tratar están dispuestos en el carro (211),
- y/o porque unos segundos medios de fijación y/o asiento desmontables (27) están dispuestos en la primera palanca basculante (213) para la fijación y/o el asiento desmontables de una falange distal del dedo (321) de un dedo a tratar.

8.- Aparato de terapia según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos un

componente mecánico de las cinemáticas de movimiento (21) y/o de los medios de fijación y/o asiento desmontables (26, 27), comprende preferiblemente la primera palanca basculante (213) y/o el segundo medio de fijación y/o asiento desmontable (27), al menos un sensor (28) para medir la fuerza que actúa sobre el dedo respectivo y/o que ejerce el dedo respectivo sobre la férula para el movimiento de los dedos (2).

- 5 9.- Aparato de terapia según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el sensor (28) intercambia datos de control con el dispositivo de control (14) y/o con el accionamiento de movimiento (22).
- 10 10.- Aparato de terapia según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** sobre la cubierta superior (10) de la sujeción (1) se ajustan y retienen una o más férulas para el movimiento de los dedos (2), debido a su modo constructivo en paralelo y/o en perpendicular a un eje que discurre desde el codo hasta la muñeca.
- 15 11.- Dispositivo de terapia según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se hace posible una fijación de una o varias férulas para el movimiento de los dedos (2) sobre la cubierta superior (10) de la sujeción (1) mediante cierres de velcro y/o imanes.
- 20 12.- Aparato de terapia según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una o varias férulas para el movimiento de los dedos (2) pueden fijarse respectivamente a la carcasa superior (10) de la sujeción (1) mediante una sujeción de apriete desmontable (11), de tal manera que una o varias férulas para el movimiento de los dedos (2) pueden ajustarse en su posición relativa a la cubierta superior (10) cuando el cierre de la sujeción de apriete (11) está abierto.
- 25 13.- Aparato de terapia según la reivindicación 12, **caracterizado porque** una sujeción de apriete (11) está fijada a unas férulas (111), que están aplicadas a la cubierta superior (10) de la sujeción (1).
- 30 14.- Aparato de terapia según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la cubierta superior (10) de la sujeción (1), en base a unos medios de fijación desmontables (12, 13),
 - está configurada de forma que puede fijarse a una poyo para la mano o
 - está configurada de forma que puede fijarse al propio paciente, en donde la cubierta superior (10) de la sujeción (1) está configurada preferiblemente de forma que puede fijarse a la mano (3) del paciente (3) por medio de un primer medio de sujeción desmontable (12) y/o al antebrazo (4) del paciente por medio de un segundo medio de fijación desmontable (13).
- 35 15.- Aparato de terapia según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de control (14) está configurado para poder ser montado sobre la carcasa superior (10) de la sujeción (1).

Fig. 1a

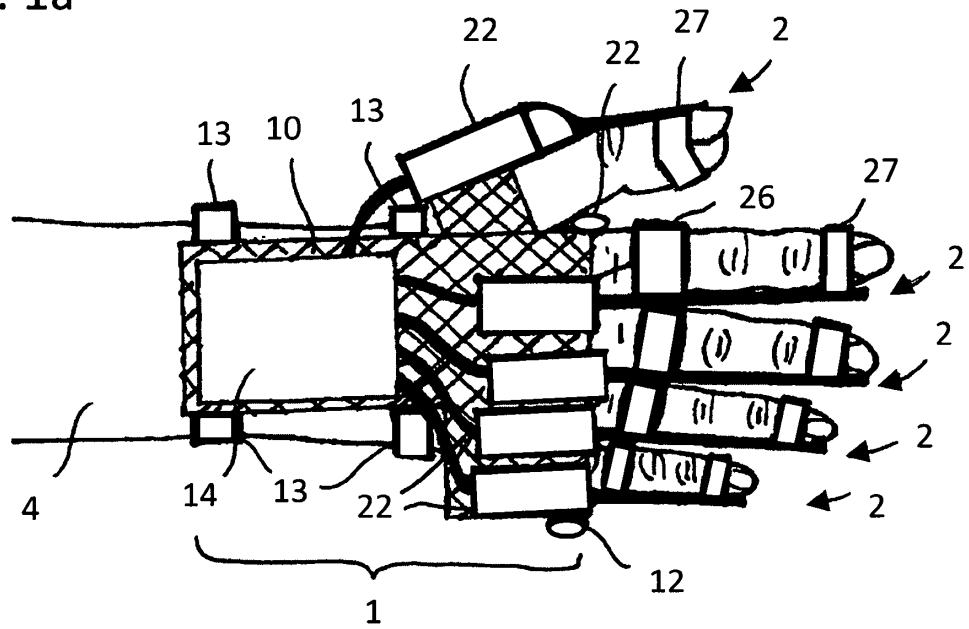


Fig. 1b

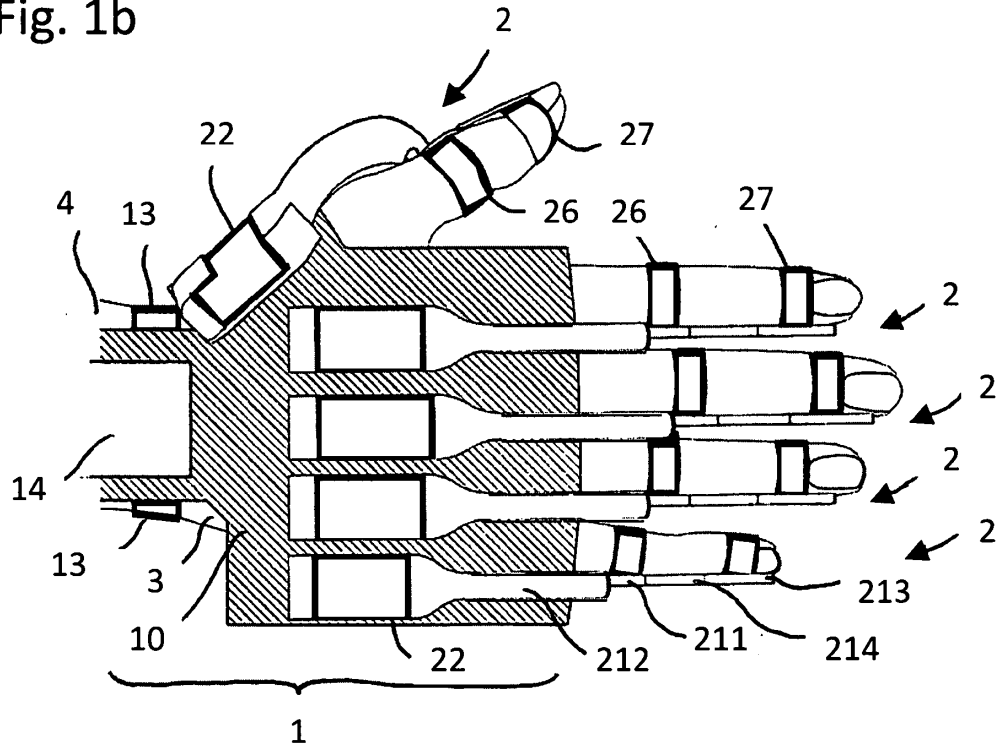


Fig. 2a

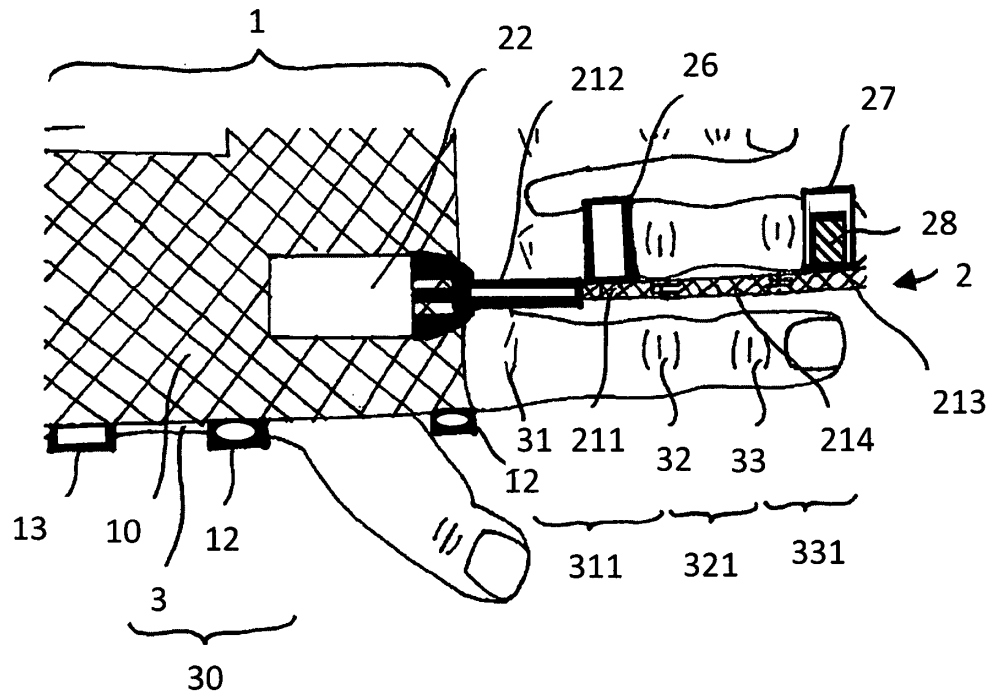


Fig. 2b

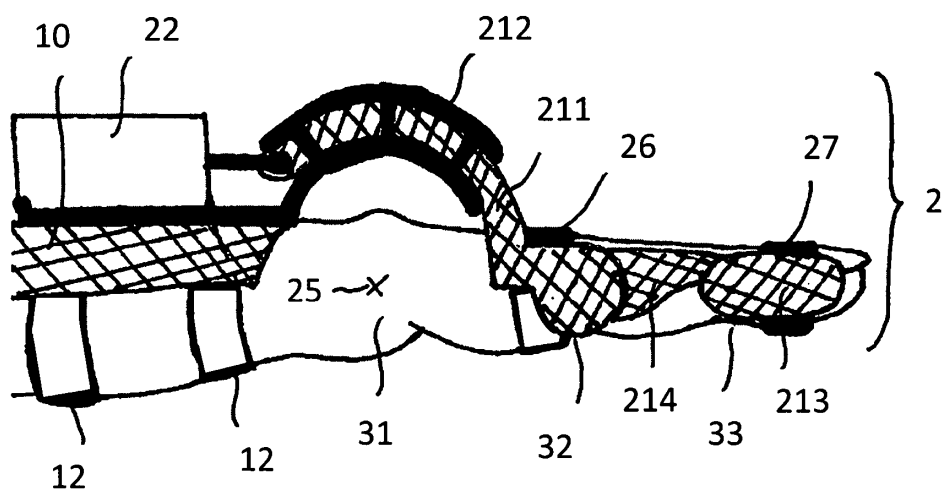


Fig. 3

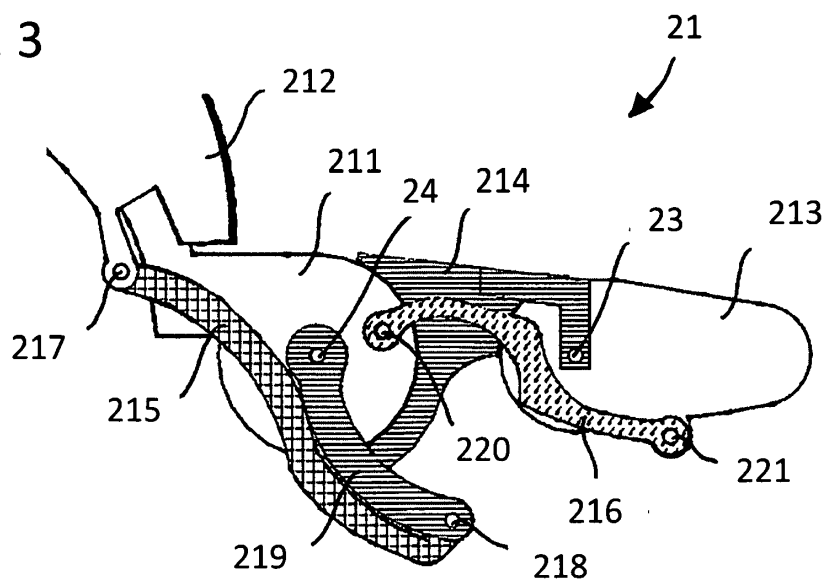


Fig. 4

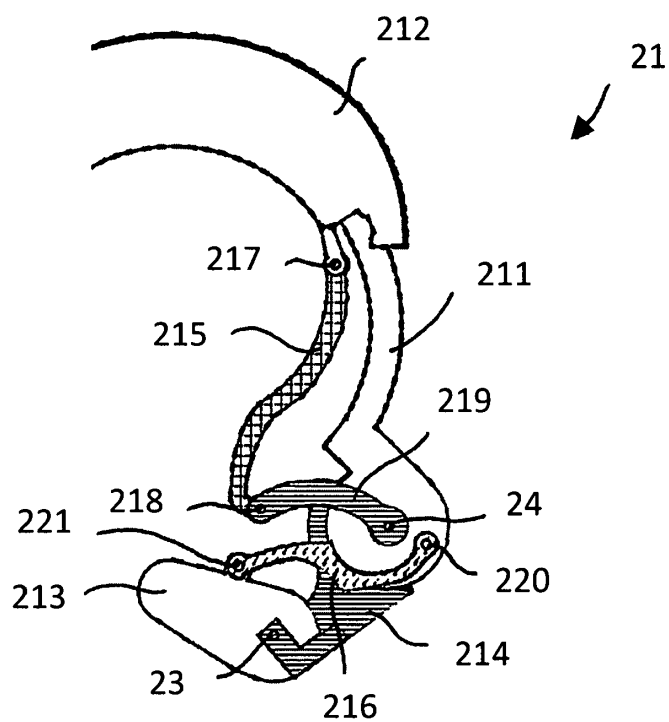


Fig. 5a

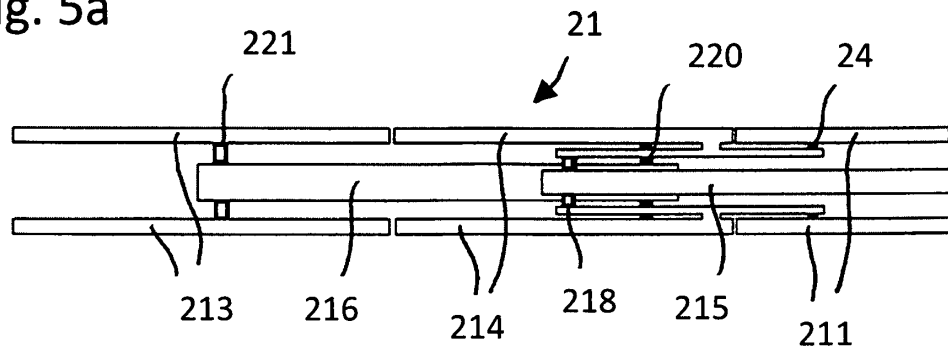


Fig. 5b

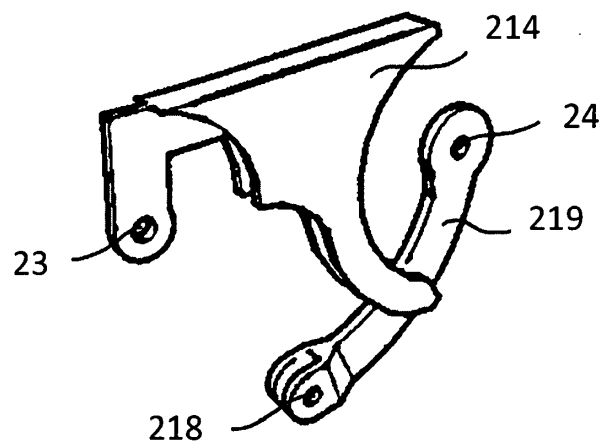


Fig. 5c

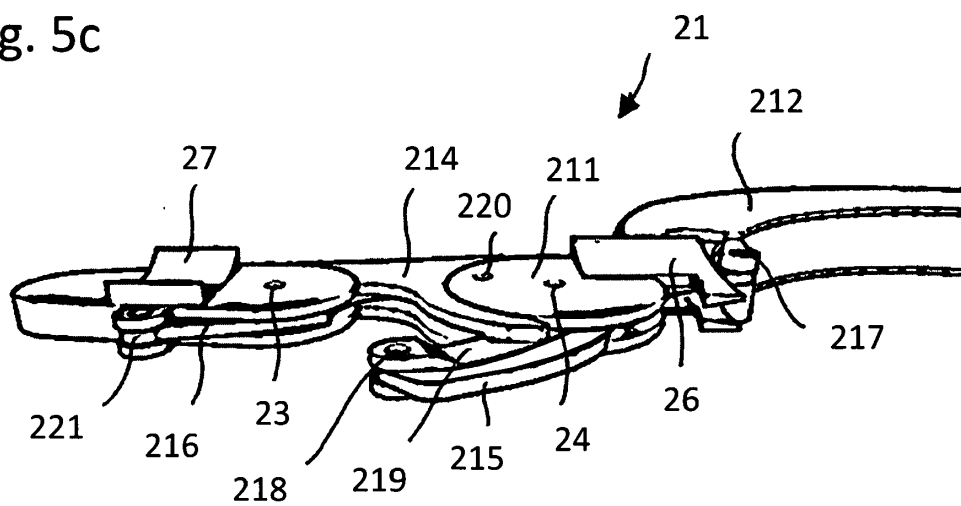


Fig. 6a

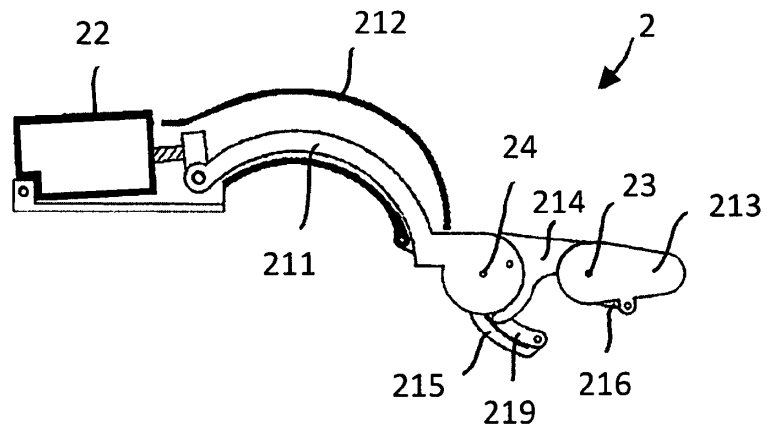


Fig. 6b

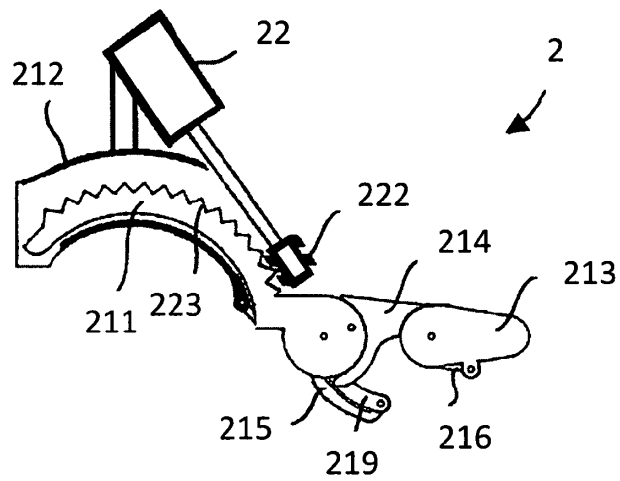


Fig. 6c

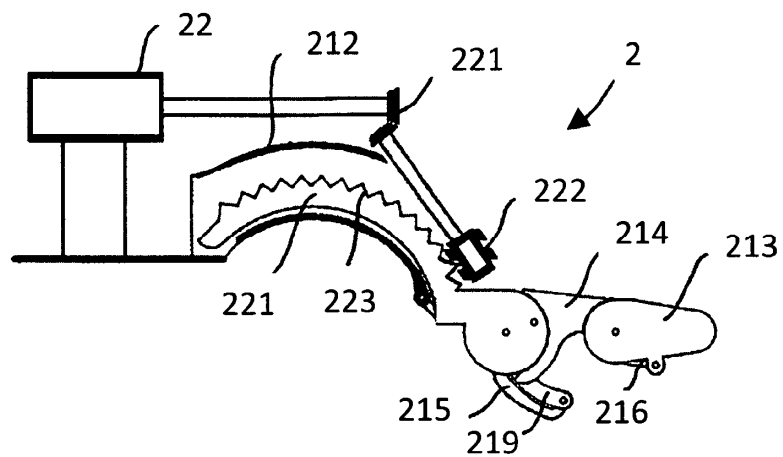


Fig. 7

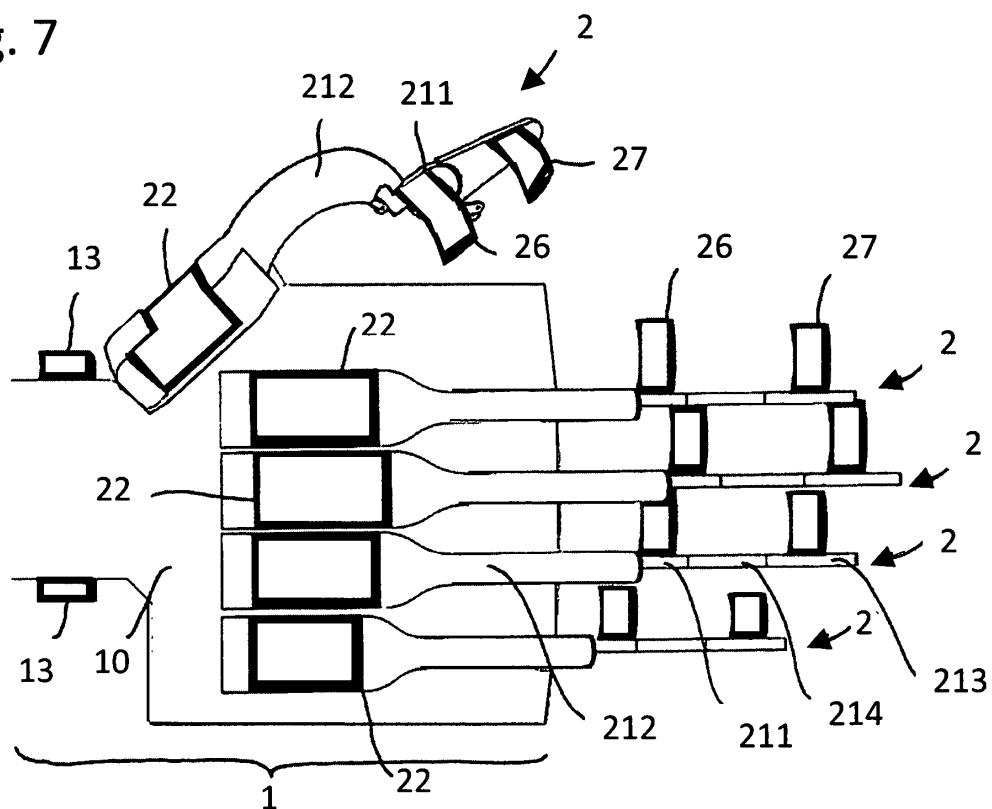


Fig. 8

