

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 571 880**

51 Int. Cl.:

**A61F 2/58** (2006.01)

**A61F 2/68** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2013 E 13164114 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.02.2016 EP 2653137**

54 Título: **Prótesis de mano multifuncional y autónoma**

30 Prioridad:

**20.04.2012 IT PI20120049**

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

**27.05.2016**

73 Titular/es:

**PRENSILIA S.R.L. (100.0%)  
Via Rinaldo Piaggio, 32  
56025 Pontedera, Pisa, IT**

72 Inventor/es:

**CONTROZZI, MARCO;  
CLEMENTE, FRANCESCO;  
CIPRIANI, CHRISTIAN y  
CARROZZA, MARIA CHIARA**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 571 880 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**

Prótesis de mano multifuncional y autónoma

**Antecedentes técnicos de la invención**

5 La presente invención se refiere a una prótesis de mano del tipo articulado operada por motores. Tal prótesis se configura para reproducir las funciones y dimensiones de una mano, por ejemplo una mano humana, en particular para sustituir una mano biológica en su ausencia.

**Descripción de la técnica anterior**

10 Se conocen varios intentos por realizar prótesis de mano, especialmente prótesis de mano humanas, para sustituir una mano biológica en su ausencia. La gente que ha sufrido la amputación de una mano de hecho se encuentra privada de funciones extremadamente importantes, esenciales para vivir de manera autosuficiente.

Tales prótesis tienen los requisitos de ser estéticamente similares a una mano biológica tanto como sea posible para hacer que el usuario se sienta a gusto y evitar que en la presencia de otras personas la diferencia se aprecie inmediatamente.

15 Para tal fin, todos los componentes mecánicos y electrónicos deben por tanto integrarse en el espacio típico de una mano normal tanto por motivos estéticos como para permitir que el usuario mueva el brazo naturalmente. Por los mismos motivos existe la necesidad de minimizar el número de componentes, en particular los motores contenidos dentro de la prótesis.

Entre los intentos realizados por satisfacer tales requisitos dentro del alcance de la técnica anterior, es el documento US2008/0262636, el que se considera que representa la técnica anterior más cercana.

20 Tal documento aborda el problema de mover varios dedos mediante una única entrada motriz y comprende un elemento de rotación ubicado en la palma de la mano, al que se conecta una varilla de accionamiento para cada dedo que se va a mover, teniendo cada dedo un primer extremo conectado de manera rotativa al elemento de rotación y un segundo extremo opuesto conectado rotativamente a una falange del dedo correspondiente en un punto distante del punto de articulación del dedo, por lo que cuando el elemento de rotación rota mediante un ángulo predeterminado en una dirección, este tira de todas las varillas simultáneamente y de esta manera cierra todos los dedos simultáneamente, mientras empuja todas las varillas simultáneamente mediante la rotación en la dirección opuesta y de esta manera abre todos los dedos simultáneamente.

25 El documento de patente antes mencionado, aunque proporciona un dispositivo de accionamiento de pequeño tamaño y de esta manera adecuado para integrarse en la palma de la mano, tiene la desventaja considerable de no permitir de ninguna manera separar el movimiento de los dedos individuales.

30 Tal dispositivo conocido tiene por lo tanto la desventaja de permitir el cierre y abertura simultáneos de todos los dedos juntos, no individualmente.

35 En particular, tal dispositivo anterior no permite la flexión del dedo índice cuando la flexión del dedo pulgar se bloquea, tal como, por ejemplo, sería necesario para permitir que la prótesis presionara el activador de un dispositivo con el dedo índice cuando el dispositivo se agarra mediante dicha prótesis, de hecho la flexión del dedo pulgar puede bloquearse mediante el agarre de la propia herramienta.

40 En esta situación, el fin técnico en la base de la presente invención es proporcionar una prótesis articulada de una mano que minimice el número de accionadores, tal como motores eléctricos, necesarios para mover independientemente varios grados de libertad y que, al mismo tiempo, permita que el dedo pulgar realice diversos tipos de agarre.

45 Estos y otros fines se logran mediante una prótesis de mano articulada de acuerdo con la presente invención, que tiene un metacarpo que se extiende sustancialmente a lo largo de un plano metacarpiano y al menos un dedo pulgar que tiene una falange proximal conectada de manera rotativa al metacarpo y un dedo índice que tiene una falange proximal conectada de manera rotativa al metacarpo, comprendiendo medios de flexión del dedo índice adecuados para hacer que el dedo índice rote alrededor de un eje de flexión sustancialmente paralelo al plano metacarpiano.

En particular, la prótesis comprende medios de aducción del dedo pulgar adecuados para hacer que el dedo pulgar rote alrededor de un eje de aducción sustancialmente paralelo al plano metacarpiano, e inclinado con respecto al eje de flexión.

La prótesis comprende además al menos un accionador, por ejemplo, un motor eléctrico integrado en la prótesis.

50 Como alternativa, la prótesis comprende una carcasa para un accionador, adecuado para integrar dicho accionador dentro del metacarpo.

La prótesis comprende además medios de transmisión de movimiento del movimiento entre el accionador y dichos

medios de flexión y aducción, siendo dichos medios de transmisión de movimiento de tipo mecánico.

Los medios de transmisión de movimiento se configuran para controlar de manera sustancialmente selectiva dichos medios de flexión y dichos medios de aducción.

5 En particular, los medios de transmisión de movimiento se configuran para bloquear los medios de aducción del dedo pulgar y mover simultáneamente los medios de flexión del dedo índice para abrirse/cerrarse durante al menos un movimiento o porción de movimiento del accionador.

Las características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la descripción detallada a continuación de una realización preferente de la invención, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 10 - la figura 1 muestra un ejemplo de una prótesis de mano de acuerdo con la invención, vista desde la palma y con una postura de mano abierta;
- las figuras 2 y 3 muestran la prótesis vista desde la palma y una vista lateral durante una postura de agarre particular llamada agarre lateral;
- las figuras 4 y 5 muestran la prótesis vista desde la palma y en una vista lateral durante un agarre de precisión usando el dedo pulgar y el dedo índice;
- 15 - la figura 6 es una vista en sección transversal a lo largo de un plano paralelo al plano metacarpiano y que pasa a través del eje motor en la posición de aducción máxima del dedo pulgar y flexión mínima del dedo índice;
- la figura 7 muestra la prótesis en la misma postura que la figura 6 desde una vista lateral;
- las figuras 8 y 9 muestran la prótesis vista desde la muñeca con el dedo pulgar en la posición de aducción mínima y el dedo índice en la posición de flexión mínima, respectivamente con el elemento de palma encajado y retirado para mostrar los componentes interiores;
- 20 - la figura 10 muestra un detalle de los medios de flexión;
- la figura 11 muestra un detalle de los medios de aducción del dedo pulgar;
- las figuras 12 y 13 muestran los medios de flexión y aducción que pasan desde una primera a una segunda posición angular del elemento de rotación principal;
- 25 - la figura 14 muestra la prótesis de mano que pasa desde una primera a una segunda posición angular del elemento de rotación principal como en las figuras 12 y 13;
- las figuras 15 y 16 muestran los medios de flexión y aducción que pasan desde una segunda a una tercera posición angular del elemento de rotación principal;
- la figura 17 muestra la prótesis de mano que pasa desde una segunda a una tercera posición angular del elemento de rotación principal como en las figuras 15 y 16;
- 30 - las figuras 18 y 19 muestran los medios de flexión y aducción que pasan desde una tercera a una cuarta posición angular del elemento de rotación principal;
- la figura 20 muestra la prótesis de mano que pasa desde una tercera a una cuarta posición angular del elemento de rotación principal como en las figuras 18 y 19.

35 En referencia a los dibujos adjuntos, la prótesis de mano articulada de acuerdo con la invención se indica generalmente mediante el número de referencia 20.

Tal prótesis es adecuada preferentemente para reproducir una mano humana en sus dimensiones y movimientos, pero no excluye la reproducción de la mano de un animal con un metacarpo y dedos adecuados para movimientos de flexión y aducción.

40 "Metacarpo" se define como una porción de la mano desde la que se extienden los dedos, definidos por debajo mediante la palma y por arriba mediante el dorso de la mano. El metacarpo se extiende sustancialmente a lo largo de un plano. "Plano metacarpiano" significa un plano sustancialmente intermedio en relación con el metacarpo.

"Falange proximal" de los dedos significa la falange de cada dedo directamente conectada con el metacarpo, mientras que "falange distal" se refiere a la más alejada del metacarpo.

45 "Flexión" significa la rotación de la falange proximal a lo largo de un plano sustancialmente ortogonal al plano metacarpiano y alrededor de un eje paralelo al plano metacarpiano, mientras que "eje de flexión" se refiere a dicho eje de rotación.

"Aducción del dedo pulgar" significa la rotación de la falange proximal del dedo pulgar a lo largo de un plano sustancialmente ortogonal al plano metacarpiano, alrededor de un eje de rotación sustancialmente paralelo al plano metacarpiano pero inclinado en relación con el eje de flexión. Tal eje de rotación del dedo pulgar se llama el eje de aducción del dedo pulgar.

50 El metacarpo 21 comprende un dorso 80 y una palma 81, sustancialmente paralela al dorso. En particular, pero no necesariamente, ambos pueden ser sustancialmente planos o curvados para replicar curvas típicas de una mano biológica. La palma puede definirse como un elemento de cierre desmontable para permitir el acceso a un espacio encerrado entre la palma y el dorso, llamado el "espacio carpiano", adecuado para contener todos los componentes mecánicos, de transmisión y cualquier componente electrónico para realizar una prótesis compacta e integrada. El dorso comprende un elemento de articulación en la parte orientada hacia los dedos alrededor de los ejes 4, 34, 35 de flexión de los dedos 3, 33. El dedo pulgar también se articula al metacarpo en la parte interior del dorso.

Los dedos 3, 33 comprenden tres falanges articuladas. Cada falange se conecta de manera rotativa a la siguiente alrededor de ejes respectivos sustancialmente paralelos a los ejes 4, 34, 35 de flexión.

5 El dedo 2 pulgar comprende un elemento 41 de soporte conectado de manera rotativa a la parte interior del dorso alrededor del eje 73 de aducción, una falange 22 proximal conectada de manera rotativa al elemento 41 de soporte alrededor de un eje 13 transversal en relación con el eje de aducción y una falange 84 distal articulada a la falange proximal alrededor de un eje 86 sustancialmente paralelo al eje 13.

De acuerdo con una realización general de la invención, la prótesis 20 de mano articulada comprende medios 30 de flexión del dedo 3 índice adecuados para hacer que el dedo 3 índice rote alrededor de un eje 4 de flexión sustancialmente paralelo al plano metacarpiano M-M.

10 La prótesis comprende además medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar adecuados para hacer que el dedo 2 pulgar rote alrededor de un eje 73 de aducción sustancialmente paralelo al plano metacarpiano M-M, e inclinado en relación con el eje 4 de flexión. En un ejemplo que no está de acuerdo con la presente invención, la prótesis comprende una carcasa para un accionador 24, por ejemplo para un motor eléctrico, siendo adecuada dicha carcasa para recibir dicho accionador dentro de la prótesis, por ejemplo dentro del metacarpo 21.

15 En otras palabras, la prótesis comprende una carcasa 24 del accionador, configurada para recibir en su interior un accionador 24. Por ejemplo, la prótesis no comprende el motor pero está dispuesta para recibirlo.

De acuerdo con la invención, la prótesis comprende al menos un motor 24 eléctrico integrado en la prótesis, por ejemplo en el metacarpo.

De acuerdo con una realización, el motor eléctrico antes mencionado es un único motor eléctrico rotativo.

20 Tal motor eléctrico, en particular, tiene un árbol motor rotativo adecuado para conectarse con medios de transmisión de movimiento del movimiento de dicho motor a dichos medios de flexión y aducción.

De acuerdo con una realización, la prótesis comprende un motor 24 eléctrico integrado en la prótesis 20 y medios 50 de transmisión de movimiento del movimiento desde el motor 24 eléctrico a los medios de flexión 30 y aducción 40, siendo dichos medios 50 de transmisión de movimiento de tipo mecánico, en el que tales medios 50 de transmisión de movimiento se configuran para controlar de manera sustancialmente selectiva dichos medios 30 de flexión y dichos medios 40 de aducción.

En otras palabras, la prótesis de acuerdo con la invención permite que el movimiento de flexión del dedo índice se separe del movimiento de aducción del dedo pulgar, aunque ambos movimientos se realizan mediante el mismo motor eléctrico. Dependiendo de la posición angular del árbol del motor eléctrico, el dedo índice o el dedo pulgar se controlan por separado. Comenzando desde la posición terminal de la rueda 12 en la que el dedo índice se flexiona en una posición cerrada y el dedo pulgar se aduce en una posición mínima, en un primer intervalo angular, solo se opera la flexión para la abertura del dedo índice, en un posterior intervalo angular solo se realiza la aducción del dedo pulgar con una flexión extremadamente ligera del dedo índice que deja la cavidad de la palma en cualquier caso abierta y libre, en un tercer intervalo angular solo se realiza la flexión para el cierre del dedo índice. La transmisión es puramente mecánica y evita tener que introducir segmentos de transmisión operados por cables o accionadores electromecánicos separados.

De acuerdo con una realización, de hecho, los medios 50 de transmisión de movimiento de la prótesis 20 articulada se configuran para transformar un movimiento rotativo continuo de un elemento 12 de rotación principal accionado mediante el motor 24, en un movimiento intermitente o alternativo, de los medios 40 de aducción y en un movimiento oscilatorio de los medios 30 de flexión.

La prótesis 20 comprende así el elemento 12 de rotación principal.

Además, en tal prótesis 20 articulada, los medios 50 de transmisión de movimiento se configuran para que un primer movimiento 60 angular del elemento 12 de rotación principal entre una primera posición 61 angular y una segunda posición 62 angular se corresponda con una rotación 66 de flexión evidente de la falange 23 proximal del dedo 3 índice y una posición bloqueada de la rotación de aducción de los medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar.

En otras palabras, los medios 50 de transmisión de movimiento se configuran para que, en correspondencia con al menos un movimiento del motor 24 eléctrico, entre una primera posición y una segunda posición, los medios 30 de flexión del dedo índice se operen para abrirse o cerrarse y simultáneamente los miembros 40 de aducción del dedo pulgar se mantienen bloqueados

50 Por consiguiente, los medios 50 de transmisión de movimiento se configuran para mantener los medios 40 de aducción del dedo pulgar bloqueados y simultáneamente operar los medios 30 de flexión del dedo índice para abrirse/cerrarse, en correspondencia con al menos un movimiento del motor 24 eléctrico, entre una primera posición y una segunda posición.

De nuevo, en otras palabras, los medios 50 de transmisión de movimiento se configuran para bloquear la falange 22 proximal del dedo 2 pulgar y simultáneamente mover la falange 23 proximal del dedo 3 índice para abrirse/cerrarse, en correspondencia con al menos un movimiento del motor 24 eléctrico, entre una primera posición y una segunda posición.

- 5 Todavía en otras palabras, los medios 50 de transmisión de movimiento se configuran para que al menos un movimiento, en particular del motor eléctrico, se corresponda con una rotación 66 de flexión evidente de la falange 23 proximal del dedo 3 índice y una posición bloqueada de la rotación de los medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar.

- 10 Preferentemente, la primera posición angular y la segunda posición angular están comprendidas respectivamente entre un ángulo de  $150^\circ$  y un ángulo de  $20^\circ$  en relación con un eje paralelo al plano metacarpiano M-M y con la dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj como la dirección positiva de rotación.

- 15 Durante tal movimiento tal como se muestra en las figuras 12, 13 y 14, la falange 23 proximal del dedo índice se mueve desde una posición cerrada a una posición abierta, mientras que los medios de aducción del dedo pulgar permanecen bloqueados en una posición de aducción mínima, es decir con la falange 22 proximal del dedo pulgar bloqueada en el punto de rotación mínima hacia el interior de la palma.

- 20 Además, tal como se muestra en las figuras 15 a 17, los medios 50 de transmisión de movimiento pueden configurarse para que un segundo movimiento 63 angular del elemento 12 de rotación principal entre una segunda posición 62 angular y una tercera posición 64 angular se corresponda con una posición de ausencia sustancial de rotación de la falange proximal del dedo 23 índice y una rotación evidente de los medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar.

- 25 Preferentemente, la segunda posición 62 angular y la tercera posición 63 angular están comprendidas respectivamente entre un ángulo de  $20^\circ$  y un ángulo de  $-20^\circ$  en relación con un eje paralelo al plano metacarpiano M-M y con la dirección en el sentido contrario a las agujas del reloj como la dirección positiva de rotación. Durante tal movimiento, la falange proximal del dedo 23 índice permanece en una posición de flexión mínima, es decir sustancialmente alineada con el metacarpo, en una posición abierta, mientras que al contrario, la falange proximal del dedo 22 pulgar realiza un movimiento de aducción, es decir, rota para cerrarse hacia el interior de la palma, tendiendo a alinearse con el metacarpo. En esta etapa, el elemento 12 principal rota entre la segunda posición 62 angular y la tercera posición 64 angular, esta rotación 63 induce una rotación 67 angular muy pequeña de la falange proximal del dedo 23 índice alrededor del eje 4 de flexión.

- 30 En una realización, mediante unas simples fórmulas trigonométricas puede afirmarse que el ángulo 67 de rotación de la falange 23 proximal del dedo índice es igual al arcoseno del coseno de la mitad de la rotación 63 angular del elemento 12 de rotación, multiplicado por la relación de la distancia entre un primer punto 68 de rotación de limitación y el eje 69 de rotación y la distancia entre un segundo punto 27 de rotación de limitación y el eje 4 de flexión, donde el primer punto 68 de limitación está entre el elemento 12 de rotación principal y un extremo de la varilla 11 de conexión y el segundo punto 27 de limitación está entre un segundo extremo de la varilla 11 de conexión y la falange 23 proximal del dedo índice.

- 35 Por consiguiente, ya que entre una segunda posición 62 angular y una tercera posición 63 angular del elemento 12 de rotación el ángulo 67 de rotación de la falange 23 proximal es un valor extremadamente pequeño, puede afirmarse que tal falange 23 en tal intervalo es sustancialmente estacionaria.

- 40 Tal como se muestra en las figuras 18-20, la prótesis 20 articulada también puede configurarse para que un tercer movimiento 65 angular del elemento 12 de rotación principal entre la tercera posición 64 angular y una cuarta posición 66 angular se corresponda con una rotación 82 de flexión evidente de la falange 23 proximal del dedo 3 índice y una posición bloqueada de la rotación de aducción de los medio 40 de aducción del dedo 2 pulgar.

- 45 Preferentemente, la tercera posición angular y la cuarta posición angular se definen respectivamente mediante un ángulo de  $-20^\circ$  y un ángulo de  $-150^\circ$  en relación con un eje paralelo al plano metacarpiano M-M y con la dirección contraria a las agujas del reloj como la dirección positiva de rotación.

Al controlar la rotación del árbol del motor 24 es posible controlar la rotación del elemento 12 de rotación principal y por consiguiente regular simultáneamente las posiciones del dedo índice y del dedo pulgar.

- 50 De acuerdo con una realización, los medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar comprenden un soporte 41 rígido conectado rotativamente con la falange 22 proximal del dedo pulgar a través del eje 13, conectándose dicho soporte 41 de manera rotativa al metacarpo 21 alrededor del eje 73 de aducción.

- 55 El soporte 41 tiene preferentemente, pero no necesariamente, sustancialmente forma de U. El eje 5 de rotación se conecta de manera cinemática con el elemento 12 de rotación principal. Dicho eje 5 de rotación se conecta de manera rotativa con el elemento 71 motor de un elemento 70 transversal de cruz de Malta o rueda de Ginebra. El elemento 72 accionado del mecanismo 70 se conecta con el soporte 41 rígido que se conecta rotativamente alrededor del eje 73 de aducción.

En otras palabras, de acuerdo con una realización, los medios 50 de transmisión de movimiento comprenden un mecanismo 70 transversal de cruz de Malta o rueda de Ginebra.

5 De acuerdo con una realización, el mecanismo 70 transversal de cruz de Malta o rueda de Ginebra antes mencionado, comprende una rueda 71 motriz que tiene un eje 5 de rotación, o eje motor y una rueda 72 accionada que tiene un eje de rotación que coincide con o paralelo con el eje 73 de aducción.

La rueda 71 motriz del mecanismo se conecta de manera cinemática con dicho elemento 12 de rotación principal y la rueda 72 accionada del mecanismo forma parte integral de los medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar.

10 En otras palabras, la rotación de la rueda 71 motriz se conecta de manera cinemática con la rotación del elemento 12 de rotación principal, cuya rotación se conecta con el movimiento de la falange 23 proximal del dedo índice, mientras que la rotación de la rueda 72 accionada se conecta con la rotación de aducción de la falange 22 proximal del dedo 2 pulgar.

La rueda 71 motriz comprende una porción 101 cilíndrica coaxial con el eje de rotación de la rueda 71 y definida lateralmente mediante una superficie 102 lateral y cilíndrica.

15 La rueda motriz comprende, además, una porción 103 que se proyecta radialmente desde una base terminal de dicha porción 101 cilíndrica, comprendiendo dicha porción 103 de proyección radial un perno 79 seguidor sustancialmente paralelo al eje 5 de rotación, a una distancia predefinida de dicho eje 5 de rotación. En otras palabras, la rueda 71 motriz se configura para rotar alrededor del eje 5 de rotación, por lo que el perno 79 seguidor viaja por una circunferencia alrededor del eje 5 de rotación.

20 La rueda 72 accionada tiene una superficie 104 lateral exterior que comprende una primera porción 77 de superficie cóncava y una segunda superficie 78 cóncava separadas entre sí mediante una ranura 76 radial, abierta radialmente y configurada para recibir de manera deslizante el perno 79, en el que dicha primera superficie 77 cóncava y dicha segunda superficie 78 cóncava son porciones que tienen una superficie cilíndrica, igual entre sí y dispuesta simétricamente en relación con un plano radial que pasa a través del eje 73 de rotación y que pasa centralmente a la ranura 76 radial, en el que dicha primera superficie y segunda superficie cilíndrica son complementarias a la superficie 102 cilíndrica de la rueda 71 motriz.

La distancia entre el eje 73 de rotación de la rueda 72 accionada y el eje 5 de rotación de la rueda motriz se elige para que la superficie 77 cóncava y la superficie 78 cóncava puedan entrar en contacto con la superficie 102 cilíndrica y lateral de la rueda 71 motriz.

30 De acuerdo con una realización, la ranura 76 radial tiene una boca 105 que tiene superficies de entrada que permiten o facilitan la entrada y salida del perno 79 dentro y fuera de la ranura 76 durante la rotación de la rueda 71 motriz.

De acuerdo con una realización, las superficies 77 y 78 cóncavas, la ranura 76 e incluso las superficies de entrada de la boca 105, se generan geoméricamente mediante una línea recta que se mueve en paralelo a los ejes 73 de rotación de la rueda accionada.

35 En la figura 13, la rueda motriz se muestra en una posición angular en la que el perno 79 está fuera de la ranura 76 y la superficie lateral de la rueda motriz toca la primera superficie 77 cóncava. En esta configuración, la rueda 71 motriz puede rotar en la dirección de las agujas del reloj mientras la rueda accionada se bloquea y no se permite ningún movimiento de la rueda accionada. Por consiguiente, en la configuración de la figura 13, la falange 23 proximal del dedo índice rota mientras la falange 22 proximal del dedo 2 pulgar se mantiene bloqueada. Esta configuración se corresponde con el primer intervalo angular antes mencionado en el que solo se realiza la flexión tras la abertura del dedo índice, también mostrado en las figuras 12 y 14.

40 En la figura 16, la rueda 71 motriz continúa rotando en una dirección en el sentido de las agujas del reloj y se muestra en la entrada del perno 79 en la ranura 76, en un extremo del primer intervalo angular antes mencionado. En esta situación, comienza el segundo intervalo angular antes mencionado, en el que la falange proximal del dedo índice está sustancialmente estacionaria o se mueve lentamente, mientras que la falange proximal del dedo pulgar se hace rotar.

Dentro del segundo intervalo angular mostrado en la figura 16, de hecho, el perno 79 de la rueda 71 motriz hace que la rueda 72 accionada rote moviendo así la falange proximal del dedo pulgar.

50 De acuerdo con una realización, el segundo intervalo angular antes mencionado se elige alrededor de una posición angular correspondiente a un centro o punto muerto de singularidad del movimiento de los medios de flexión del dedo índice, por lo que en tal intervalo la falange proximal del dedo índice permanece sustancialmente estacionaria.

Por ejemplo, dicho centro o punto muerto de singularidad ocurre en correspondencia con la alineación de:

- un primer punto 68 de rotación de limitación entre el elemento 12 de rotación principal y un extremo de un elemento 11 de varilla de conexión;

- un segundo punto 27 de rotación de limitación entre un segundo extremo del elemento 11 de varilla de conexión y la falange 23 proximal del dedo índice;
- el eje de rotación o eje 69 motor del elemento 12 de rotación principal.

5 En la figura 19, la rueda 71 motriz se muestra abandonando el segundo intervalo angular, continuando la rotación en la dirección de las agujas del reloj y entrando en el tercer intervalo angular antes mencionado. En la posición mostrada en la figura, el perno 79 seguidor sale fuera de la ranura 76 radial y la segunda superficie 78 cóncava toca la superficie 102 lateral de la rueda 71 motriz. En esta posición, la rueda 72 accionada se bloquea mientras que la rueda 71 motriz puede continuar rotando. El dedo pulgar se bloquea así en una posición angular, mientras que el dedo índice rota para abrirse en la dirección de la flecha 66.

10 De acuerdo con una realización, los medios 40 de aducción del dedo 2 pulgar comprenden un soporte 41 rígido sustancialmente con forma de U y conectado con la falange 22 proximal del dedo 2 pulgar.

15 El soporte 41 se conecta de manera rotativa con el metacarpo 21 alrededor del eje 73 de aducción, conectándose rotativamente dicho eje 73 de rotación con dicho elemento 72 accionado del elemento 70 transversal de cruz de Malta o rueda de Ginebra, conectándose rotativamente dicha rueda 71 motriz del mecanismo 70 con un eje 5 motor, sustancialmente paralelo al eje 73 de aducción.

20 De acuerdo con una realización, los medios 30 de flexión comprenden el elemento 12 principal que rota alrededor de un eje 69 motor, sustancialmente paralelo al eje 4 de flexión y un elemento 11 de varilla de conexión con un primer extremo articulado a dicho elemento 12 de rotación principal en un punto 68 de rotación de limitación externo al eje 69 motor y un segundo extremo articulado a la falange 23 proximal del dedo índice en un punto 27 de rotación de limitación externo al eje 4 de flexión.

25 Los medios de flexión pueden esquematizarse así como un cuadrilátero articulado, en el que los elementos conectados de manera rotativa en puntos fijos se forman mediante el elemento 12 de rotación principal que constituye el cigüeñal de dicho cuadrilátero articulado y mediante la falange 23 proximal del dedo índice que constituye el balancín, mientras que el elemento conectado rotativamente a ambos es el elemento 11 de varilla de conexión. De acuerdo con una realización, el elemento de varilla de conexión puede consistir en materiales con características elásticas variables en la tracción, compresión y flexión, tal como por ejemplo un resorte o un cable o una combinación de los mismos y estar moldeado adecuadamente para reproducir tales propiedades.

30 Los medios 50 de transmisión de movimiento comprenden una línea de transmisión del movimiento 55 entre el elemento 12 de rotación principal y el elemento 71 motor del mecanismo 70. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 2, el elemento 12 de rotación principal engrana en una rueda 90 accionada encajada coaxialmente e integral con una rueda 91 de bisel terminal, que engrana en otra rueda 92 de bisel, conectada cinemáticamente a una rueda 93 de bisel adicional que transmite el movimiento a otra rueda 94 de bisel integral y coaxial con el elemento 71 motor del mecanismo 70.

35 En una realización, el elemento 12 de rotación principal y el elemento 71 motor se acoplan cinemáticamente mediante sectores de ruedas dentadas que engranan entre sí, o ruedas dentadas que engranan entre sí.

En una realización, el motor 24 eléctrico es un motor eléctrico de tipo rotativo que tiene un tornillo 7 sin fin encajado en su árbol, engranando dicho árbol 7 con una rueda dentada de entrada del movimiento 6, siendo dicha rueda 6 dentada de entrada coaxial e integral con dicho elemento 12 de rotación principal. El motor 24, por ejemplo, pero no necesariamente, es del tipo eléctrico con o sin cepillos.

40 La prótesis 20 articulada puede comprender, así como el dedo 2 pulgar y el dedo 3 índice, los restantes tres dedos 33 de la mano articulados a respectivos ejes 34, 35 de flexión, operados mediante un segundo motor 25 eléctrico y rotativo integrado en la prótesis 20, comprendiendo dicho motor 25 un tornillo 28 sin fin encajado en su árbol, acoplado a otra rueda 29 dentada conectada a una segunda línea 27 de transmisión que opera el movimiento de flexión de los tres dedos 33 adicionales.

45 El movimiento de flexión de la falange 84 distal en relación con la falange 22 proximal del dedo 2 pulgar puede controlarse mediante un motor eléctrico adicional (no se muestra en los dibujos) encajado dentro de tal falange 22 proximal o distal 84 del dedo pulgar.

El movimiento de flexión de la falange distal en relación con la falange 23 proximal del dedo 3 índice puede operarse mediante un motor eléctrico adicional (no se muestra en los dibujos) insertado dentro de la falange proximal o distal.

50 El movimiento de flexión de la falange distal de los restantes dedos 33, puede operarse mediante respectivos motores eléctricos adicionales (no se muestran en los dibujos).

El movimiento de flexión de la falange 22 proximal del dedo 2 pulgar puede controlarse mediante el elemento 12 de rotación principal operado por el motor 24 mediante una línea de transmisión de movimiento adicional (no se muestra en los dibujos).

La invención descrita aporta las siguientes ventajas importantes.

La provisión de controlar de manera sustancialmente selectiva los medios de flexión del dedo índice o los medios de aducción del dedo pulgar mediante el mismo un motor eléctrico hace que sea posible minimizar el número de motores eléctricos necesarios para controlar diferentes movimientos de diferentes dedos.

- 5 El hecho de controlar sustancialmente de manera selectiva los medios de flexión del dedo índice o los medios de aducción del dedo pulgar mediante el mismo motor eléctrico también hace que sea posible usar casi todo el par de torsión suministrado mediante el elemento de rotación principal operado por el motor, selectivamente para el movimiento de flexión del dedo índice o los medios de aducción del dedo pulgar cuando el dedo índice está en la posición abierta y, así, cuando puede suponerse que las cargas de agarre no se soportan en tal dedo. Dicha selección sustancial selectiva de los movimientos aporta considerables ventajas en términos de eficacia y rendimiento de agarre.

- 10 La provisión de proporcionar medios de transmisión de movimiento que hacen que sea posible transformar el movimiento continuo de un elemento de rotación principal accionado mediante el motor en un movimiento intermitente, por ejemplo alternativo o discontinuo de los medios de aducción, hace que sea posible asociar a ángulos separados predefinidos de rotación del elemento de rotación principal diferentes posturas y funciones del dedo índice y el dedo pulgar.

- 15 Esto implica la ventaja de que es suficiente colocar el elemento de rotación principal en un ángulo predeterminado para inducir una flexión/extensión combinada del dedo índice y/o movimiento de aducción/abducción del dedo pulgar y permite funciones asociadas con los dedos únicos, tales como pulsar botones en un teclado, o funciones de agarre. Dichas funciones de agarre pueden lograrse mediante el movimiento posterior producido por el motor instalado en el dedo pulgar que, dependiendo de la posición de aducción, hace que sea posible realizar el agarre de palma, principalmente en el que el dedo pulgar se cierra hacia la palma de la mano, o agarre lateral, principalmente cuando el dedo pulgar se cierra hacia la superficie lateral exterior del dedo índice.

- 20 La prótesis de acuerdo con la invención tiene la ventaja añadida de combinar los requisitos opuestos de hacer que la prótesis sea lo más similar posible en apariencia a la mano humana y al mismo tiempo contener en su interior todos los componentes mecánicos y accionadores necesarios para la funcionalidad completa de la misma, reproduciendo naturalmente todos los movimientos de la mano humana.

- 25 La anterior descripción de una realización específica es capaz de mostrar la invención desde un punto conceptual de vista, por lo que otras, que usan la técnica anterior, pueden modificar y/o adaptar cada realización en diversas solicitudes sin investigación adicional y sin separarse del concepto inventivo y, por consiguiente, tales adaptaciones y modificaciones deberán considerarse como equivalentes a la realización descrita. Los medios y materiales para realizar las diversas funciones descritas pueden variar mientras permanezcan dentro del alcance de la invención. Se entiende que las expresiones o términos usados tienen únicamente fines descriptivos y por tanto no limitativos.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una prótesis (20) de mano articulada que tiene un metacarpo (21) que se extiende sustancialmente a lo largo de un plano metacarpiano (M-M) y al menos un dedo (2) pulgar que tiene una falange (22) proximal conectada de manera rotativa al metacarpo (21) y un dedo (3) índice que tiene una falange (23) proximal conectada de manera rotativa al metacarpo (21), que comprende:
- medios (30) de flexión del dedo (3) índice adecuados para hacer que el dedo (3) índice rote alrededor de un eje (4) de flexión sustancialmente paralelo al plano metacarpiano (M-M);
  - medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar adecuados para hacer que el dedo (2) pulgar rote alrededor de un eje (73) de aducción sustancialmente paralelo al plano metacarpiano (M-M) e inclinado con respecto al eje (4) de flexión del dedo índice;
  - un motor (24) eléctrico integrado en la prótesis (20);
  - medios (50) de transmisión de movimiento entre el motor (24) eléctrico y los medios (30) de flexión y medios (40) de aducción, siendo dichos medios (50) de transmisión de movimiento, medios mecánicos;
  - un elemento (12) de rotación principal accionado por el motor (24) eléctrico;
  - dichos medios (50) de transmisión de movimiento están dispuestos para accionar de manera sustancialmente selectiva dichos medios (30) de flexión y dichos medios (40) de aducción;
- caracterizada porque :**
- dichos medios (50) de transmisión de movimiento están configurados para que un primer movimiento (60) angular del elemento (12) de rotación principal entre una primera posición (61) angular y una segunda posición (62) angular provoque una rotación (66) de flexión de la falange (23) proximal del dedo (3) índice entre una posición cerrada y una posición abierta, en la que los medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar permanecen bloqueados durante dicho primer movimiento (60) angular del elemento (12) de rotación principal entre la primera posición (61) angular y la segunda posición (62) angular.
- 25 2. La prótesis articulada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que los medios (50) de transmisión de movimiento están dispuestos para mantener los medios (40) de aducción del dedo pulgar bloqueados y para operar simultáneamente los medios (30) de flexión del dedo índice para abrirse/cerrarse, en correspondencia con al menos un movimiento proporcionado por el motor (24) eléctrico desde una primera posición a una segunda posición.
- 30 3. La prótesis articulada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dichos medios (50) de transmisión de movimiento están configurados para transformar un movimiento rotativo continuo del elemento (12) de rotación principal accionado por el motor (24), en un movimiento intermitente de los medios (40) de aducción.
4. La prótesis articulada de acuerdo con la reivindicación 3, en la que dichos medios (50) de transmisión de movimiento están configurados para que:
- dicho primer movimiento (60) angular del elemento (12) de rotación principal entre la primera posición (61) angular y la segunda posición (62) angular se corresponda con una rotación (66) de flexión evidente de la falange (23) proximal del dedo (3) índice y una posición de bloqueo de la rotación de los medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar;
  - un segundo movimiento (63) angular del elemento (12) de rotación principal entre la segunda posición (62) angular y una tercera posición (64) angular se corresponda con una posición de ausencia sustancial de rotación de la falange (23) proximal del dedo (3) índice y una rotación (87) evidente de los medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar;
  - un tercer movimiento (65) angular del elemento (12) de rotación principal entre la tercera posición (64) angular y una cuarta posición (66) angular se corresponda con una rotación (82) de flexión evidente de la falange (23) proximal del dedo (3) índice y una posición de bloqueo de la rotación de los medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar.
- 45 5. La prótesis articulada de acuerdo con la reivindicación 4, en la que los medios (50) de transmisión de movimiento comprenden un mecanismo (70) trasversal de cruz de Malta o de Ginebra, en el que la rueda (71) motriz del mecanismo está conectada cinemáticamente con dicho elemento (12) de rotación principal y la rueda (72) accionada del mecanismo forma parte integral de los medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar.
- 50 6. La prótesis articulada de acuerdo con la reivindicación 5, en la que los medios (40) de aducción del dedo (2) pulgar comprenden un armazón (41) rígido sustancialmente en forma de U y conectado a la falange (22) proximal del dedo (2) pulgar, conectándose de manera rotativa dicho soporte (41) con el metacarpo (21) alrededor del eje (73) de aducción, conectándose de manera rotativa dicho eje (73) de aducción con dicha rueda (72) accionada del elemento (70) trasversal de cruz de Malta o de Ginebra, conectándose de manera rotativa dicha rueda (71) motriz del mecanismo (70) a un eje (5) motor sustancialmente paralelo al eje (73) de aducción.
- 55 7. La prótesis de mano articulada, de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dichos medios (30) de flexión comprenden el elemento (12) principal que rota alrededor de un eje (69) motor, sustancialmente paralelo al eje (4) de flexión y un elemento (11) de varilla de conexión que tiene un primer extremo articulado a dicho elemento (12) de

rotación principal en un punto (68) externo al eje (69) motor y un segundo extremo articulado a la falange (23) proximal del dedo índice en un punto (27) externo al eje (4) de flexión.

8. La prótesis articulada, de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 7, en la que dicho elemento (11) de varilla de conexión está comprendido por materiales elásticos, resortes o cables o una combinación de los mismos.

5 9. La prótesis articulada, de acuerdo con la reivindicaciones 3 y 7, en la que los medios (50) de transmisión de movimiento comprenden una línea de transmisión del movimiento (55) entre el elemento (12) de rotación principal y la rueda (71) motriz del mecanismo (70).

10 10. La prótesis articulada, de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 7, en la que el elemento (12) de rotación principal y la rueda (71) motriz son sectores de una rueda dentada que engranan entre sí o ruedas dentadas que engranan entre sí.

11. La prótesis articulada, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el motor (24) eléctrico es del tipo rotativo que tiene un tornillo (7) sin fin encajado en su árbol, engranando dicho tornillo (7) sin fin con una rueda dentada de entrada del movimiento (6), siendo dicha rueda (6) dentada de entrada coaxial e integral con dicho elemento (12) de rotación principal.

15 12. La prótesis (4) articulada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, así como el dedo (2) pulgar y el dedo (3) índice, los restantes tres dedos (33) de la mano articulados a los ejes (34, 35) de flexión respectivos, operados mediante el segundo motor (25) rotativo eléctrico integrado en la prótesis (20), comprendiendo dicho segundo motor (25) un tornillo (28) sin fin encajado en su árbol, acoplado a una rueda (29) dentada adicional conectada a una segunda línea (27) de transmisión que opera el movimiento de flexión de los tres  
20 dedos (33) adicionales alrededor de dichos ejes (34, 35) de flexión.

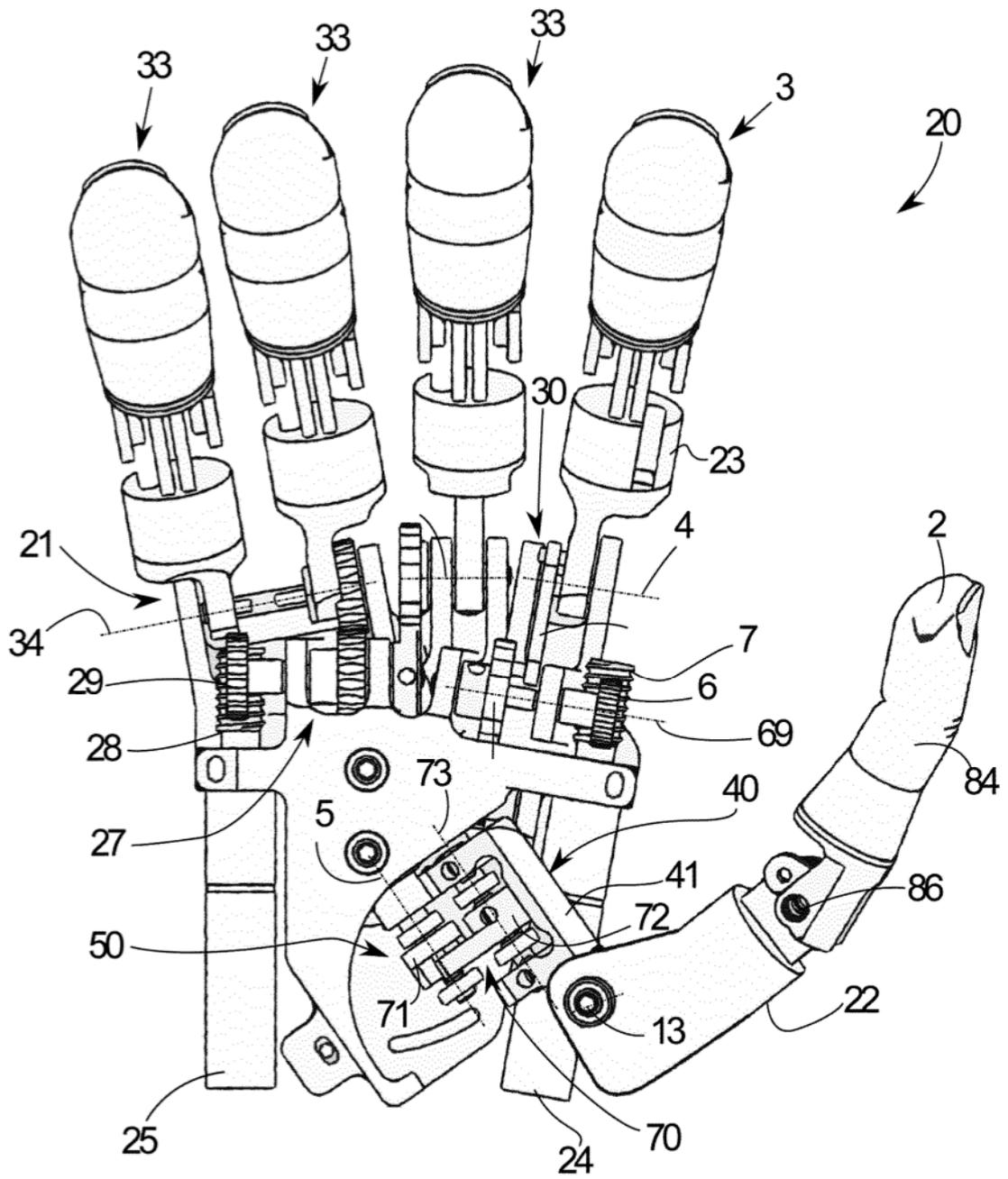


FIG. 1

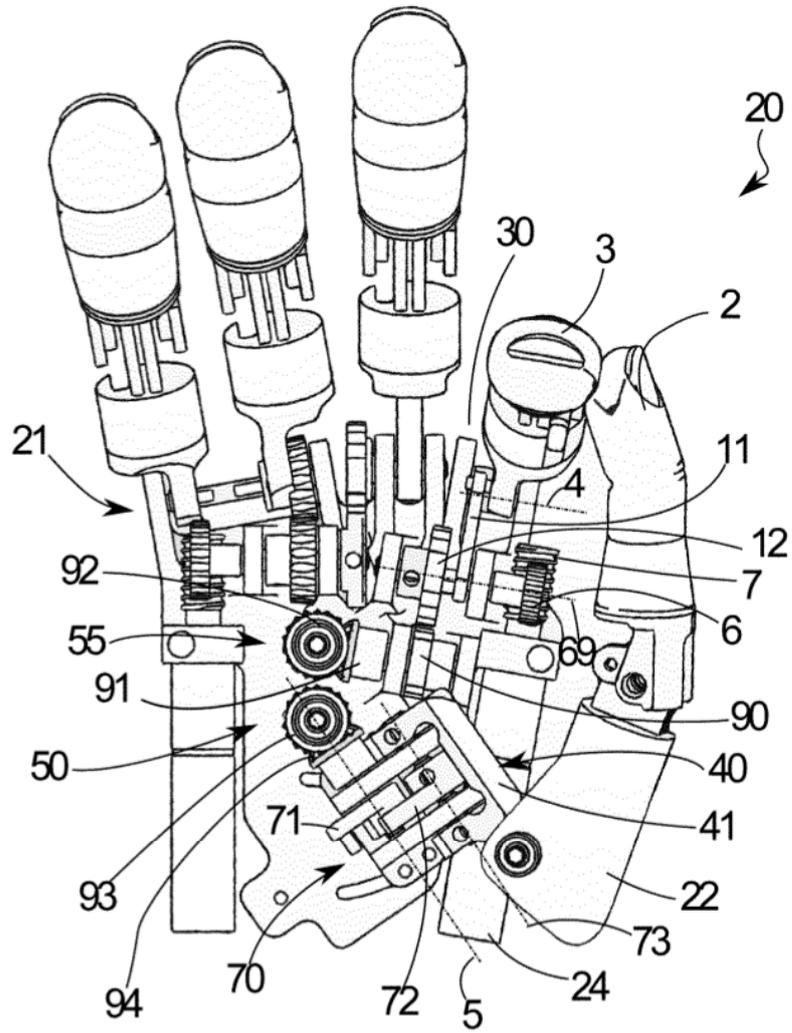


FIG. 2

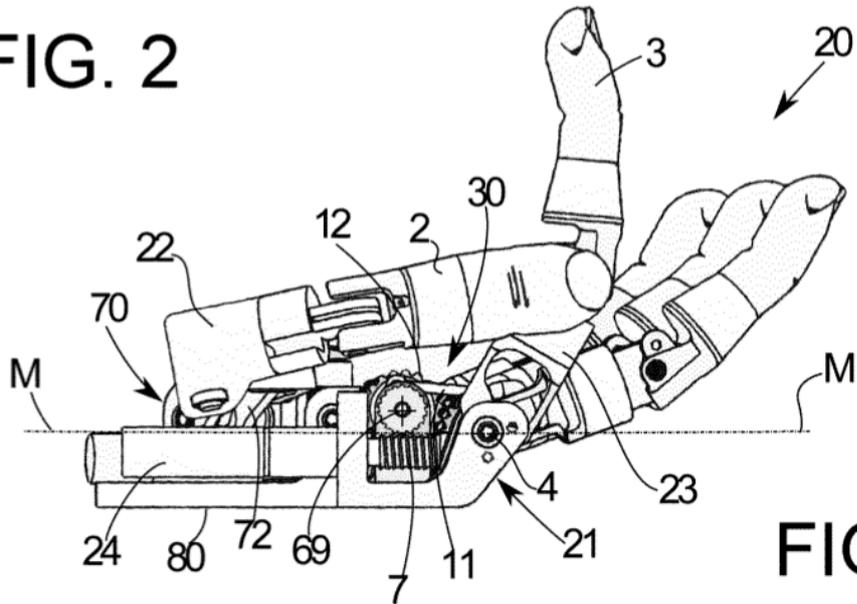


FIG. 3

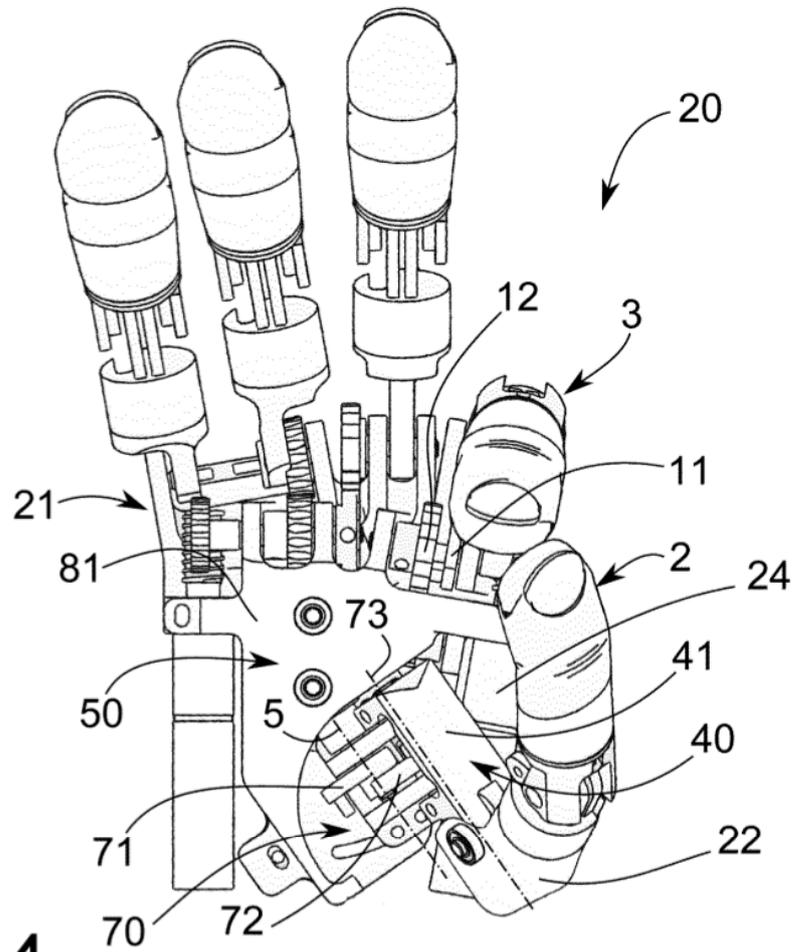


FIG. 4

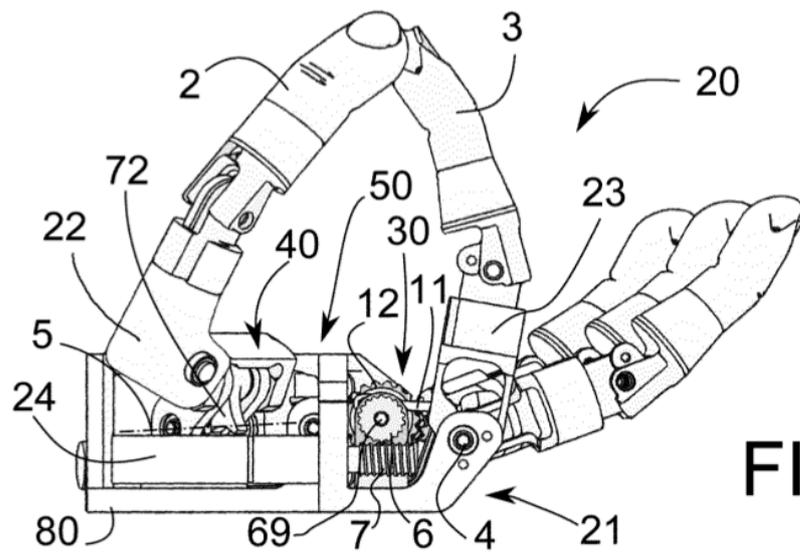


FIG. 5

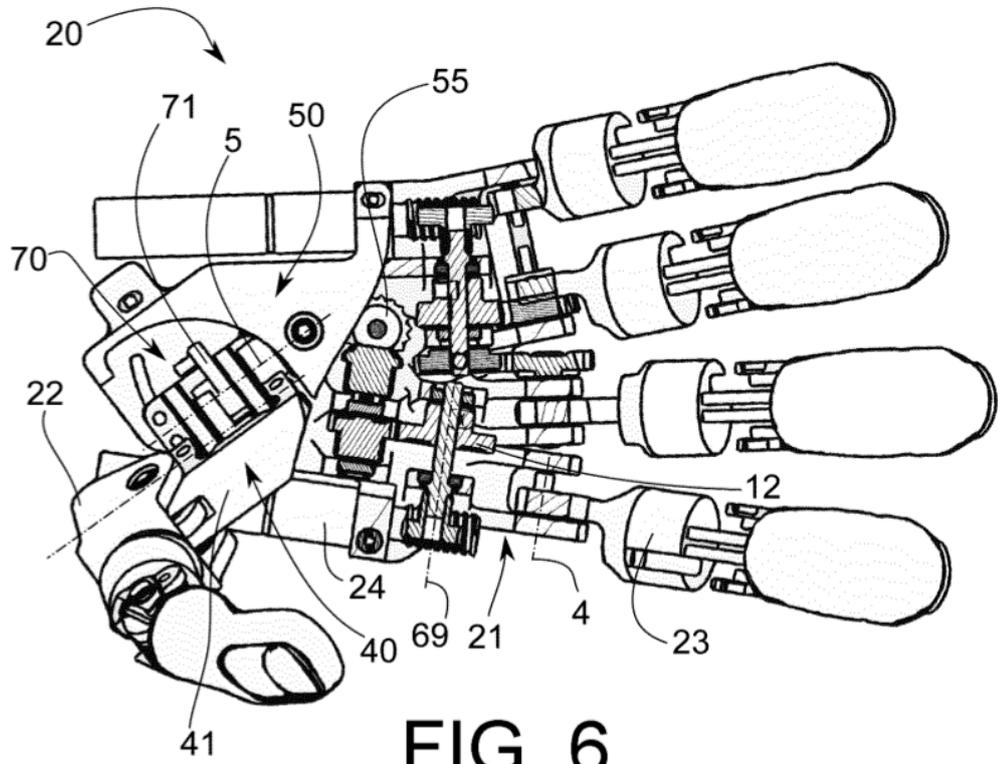


FIG. 6

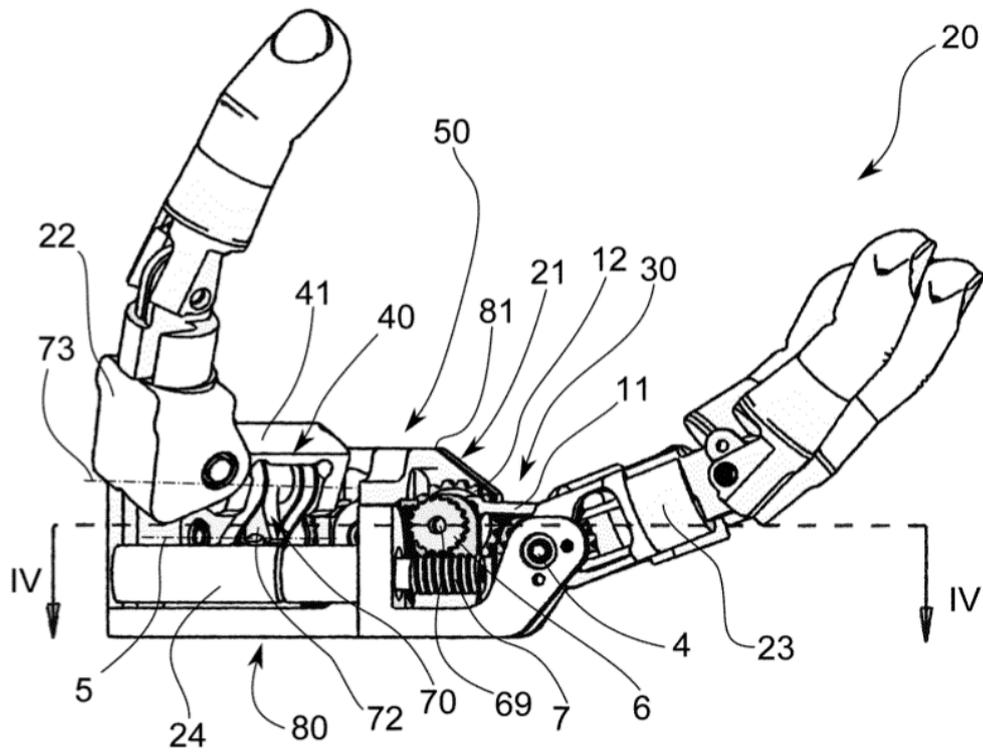


FIG. 7

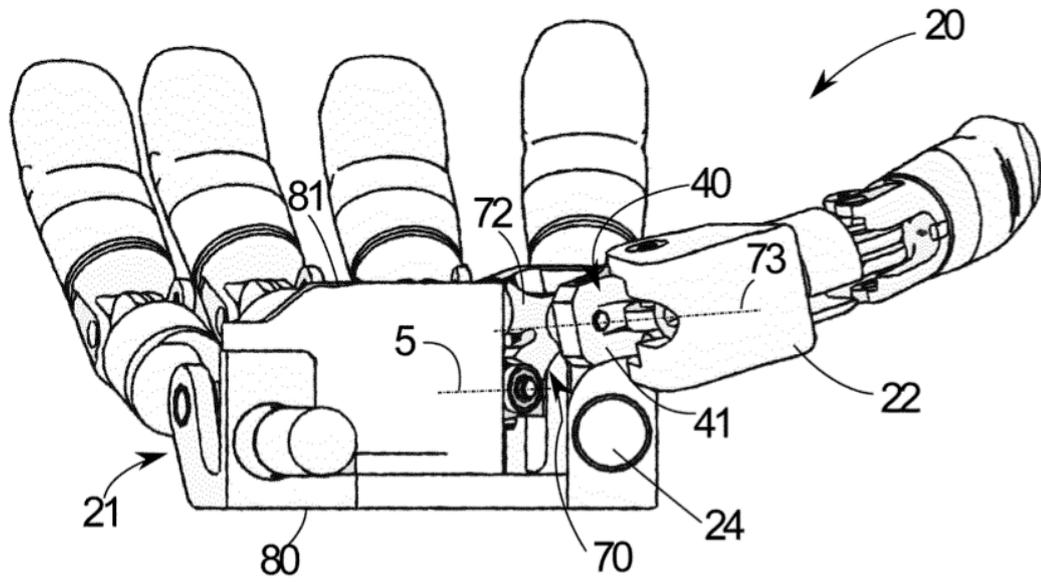


FIG. 8

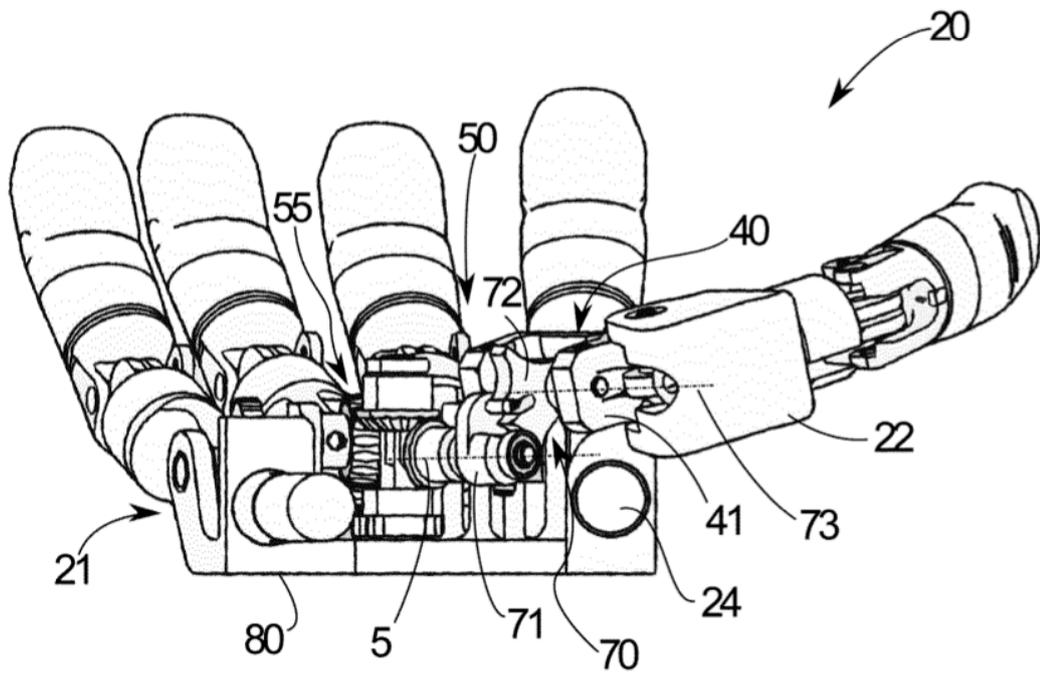


FIG. 9

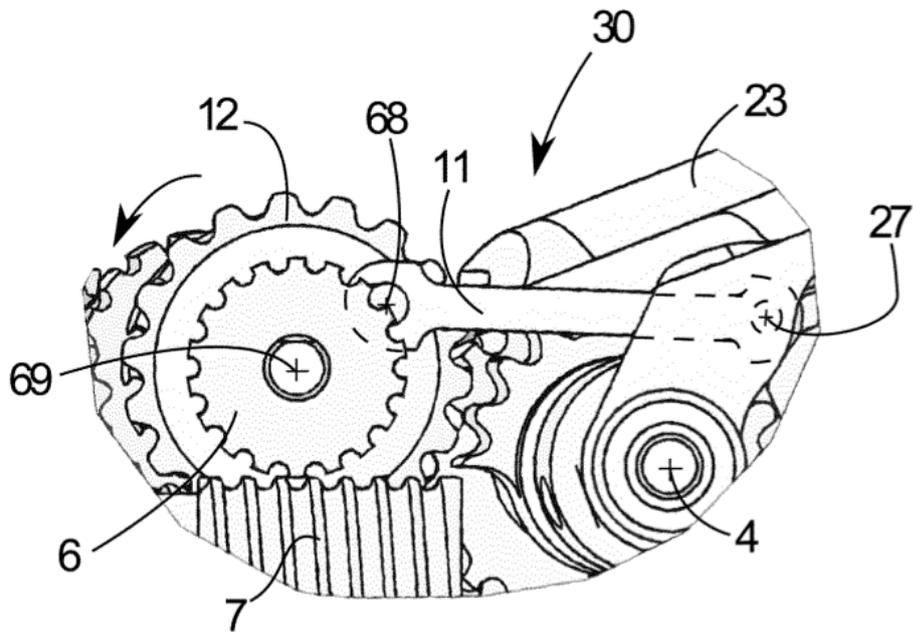


FIG. 10

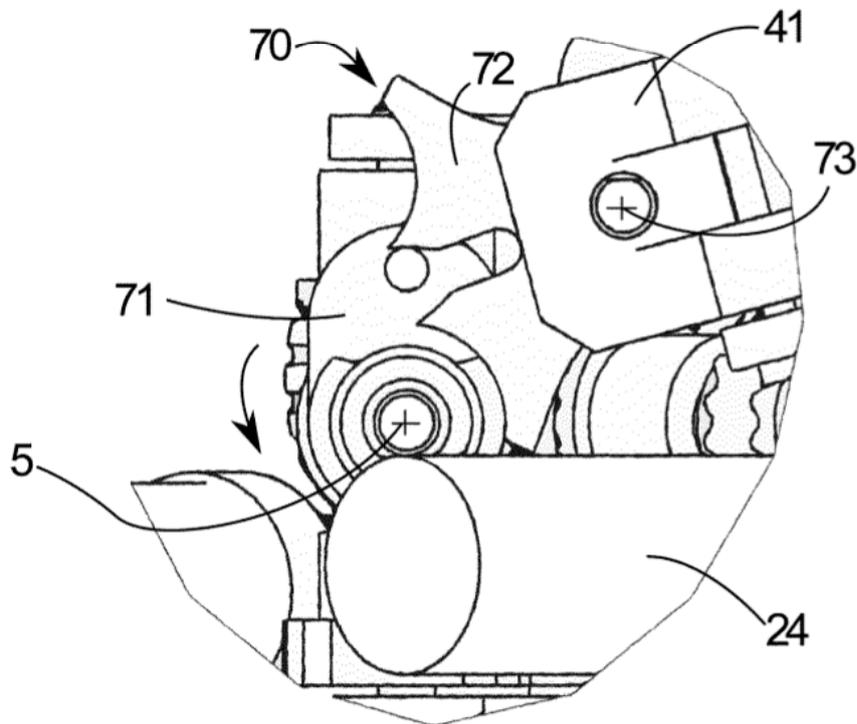


FIG. 11

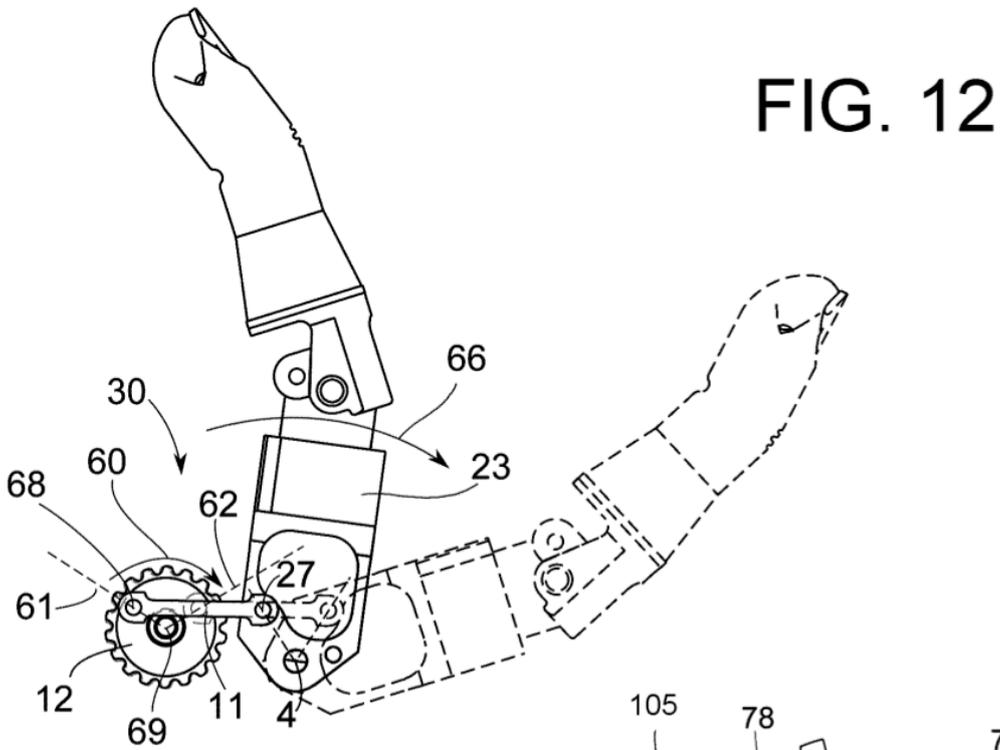
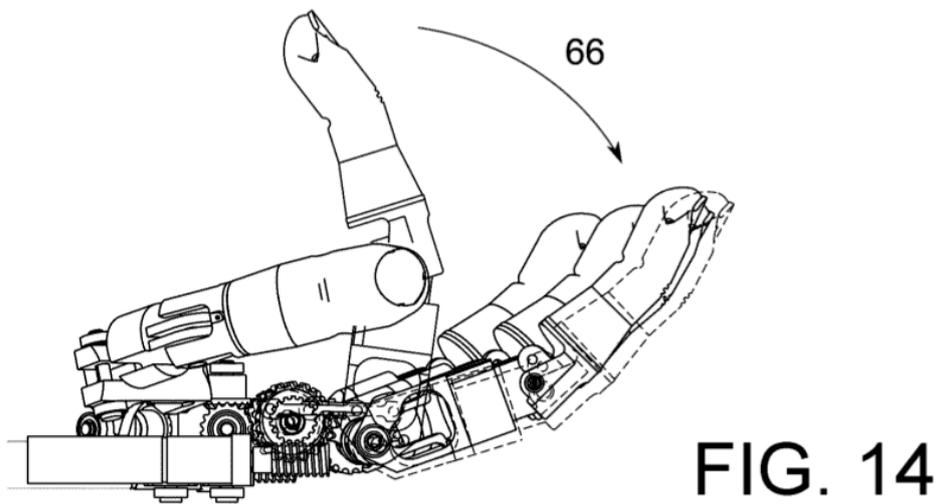
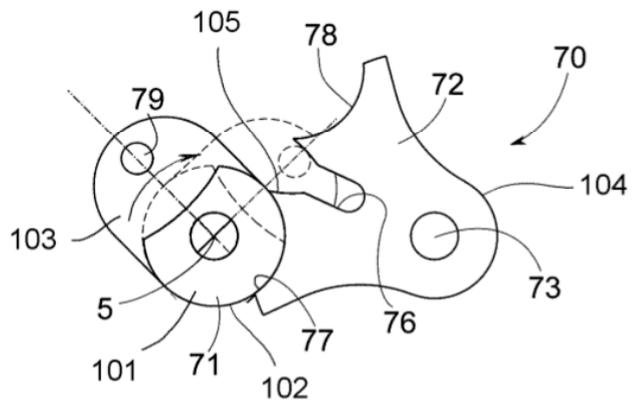


FIG. 13



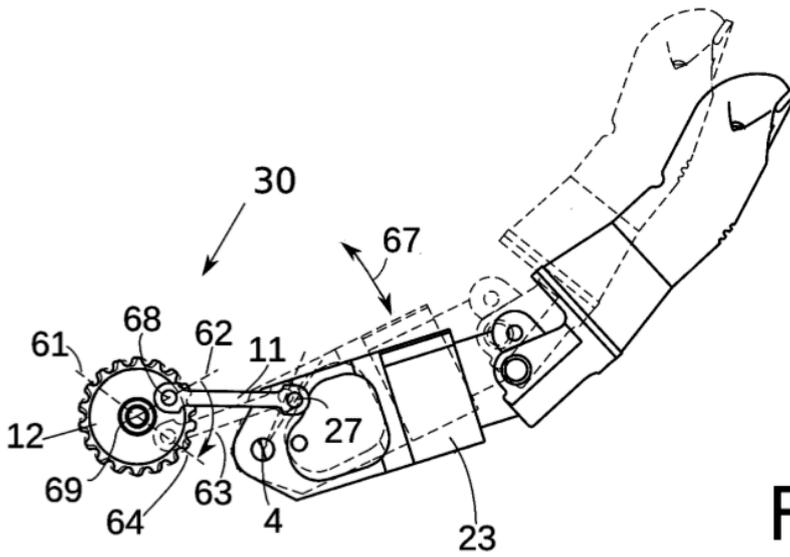


FIG. 15

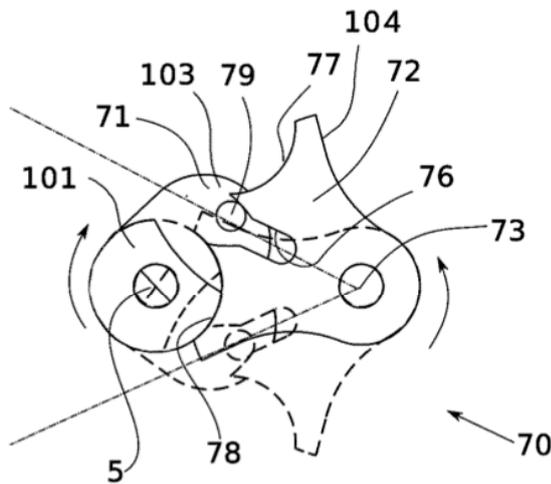


FIG. 16

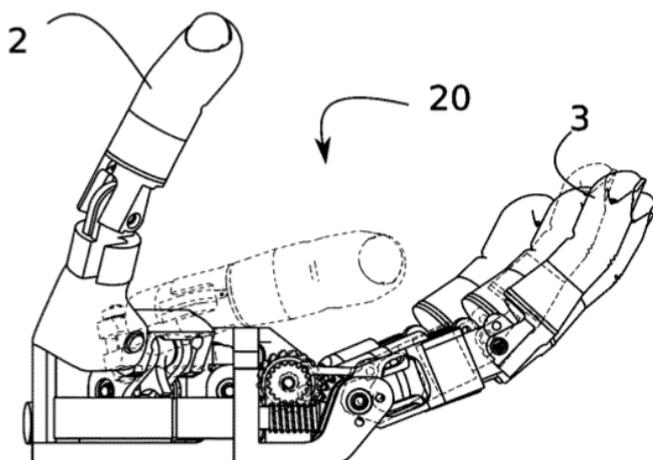


FIG. 17

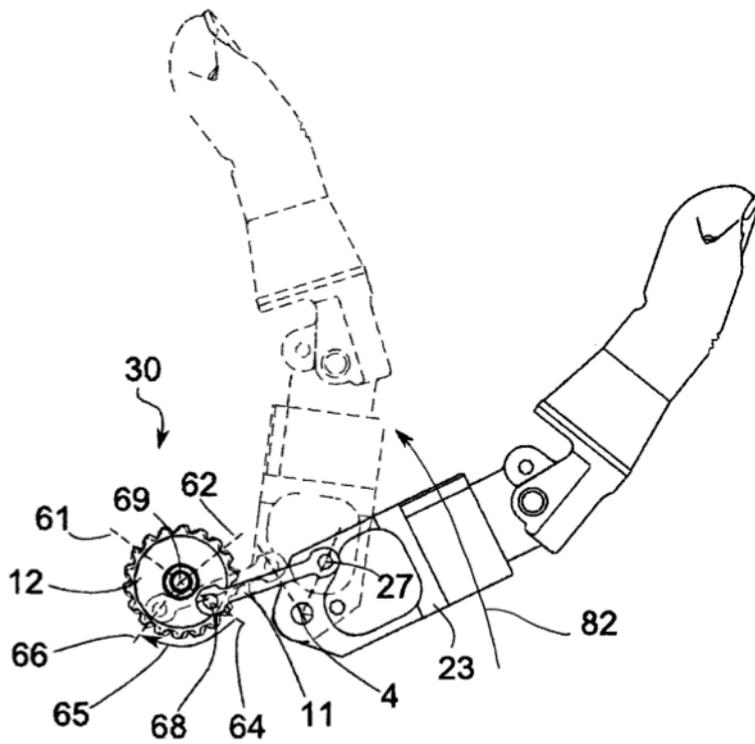


FIG. 18

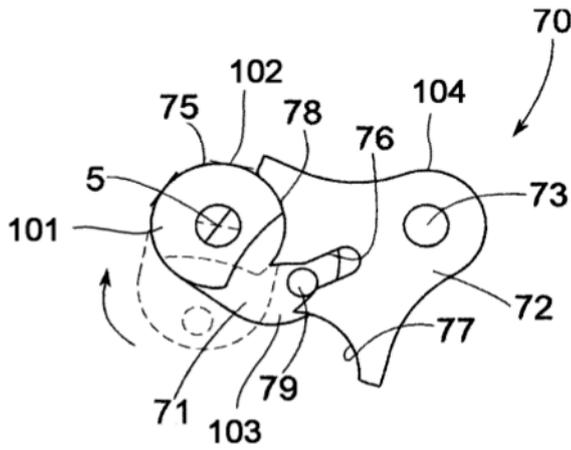


FIG. 19

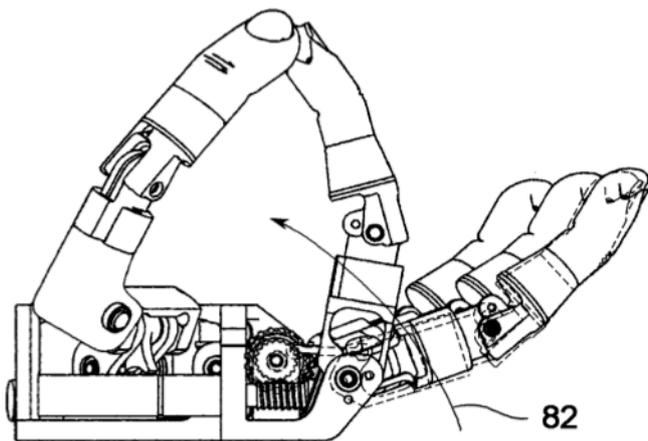


FIG. 20