

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 868**

51 Int. Cl.:

**A61H 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2011 E 16188991 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 3199135**

54 Título: **Aparato de fisioterapia**

30 Prioridad:

**30.03.2010 WO PCT/EP2010/054160**

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

**05.12.2018**

73 Titular/es:

**ENRAF NONIUS B.V. (100.0%)**

**Vareseweg 127**

**3047 AT Rotterdam, NL**

72 Inventor/es:

**HARTMAN, JOHANNES BASTIAAN y**

**VAN BAREN, ARIE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 692 868 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 fisioterapia

### Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere al campo de los aparatos fisioterapéuticos, en particular a aparatos para fisioterapia dinámica, más en particular a aparatos para fisioterapia dinámica de la cabeza, el cuello y/o los hombros. En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a la determinación de la posición y/o desplazamiento de una parte corporal.

### Antecedentes

10 En fisioterapia, en particular en fisioterapia ortopédica, se puede distinguir entre terapias activas y pasivas. En las terapias activas el/la paciente lleva a cabo movimientos predeterminados, en sesiones de ejercicio y entrenamiento. En las terapias pasivas o administradas, se trata al/la paciente mediante la manipulación de una o más partes de su cuerpo. Se distinguen dos tipos diferentes de tratamiento administrado: terapias estáticas y terapias dinámicas.

15 En una terapia estática, se pone una parte corporal del/la paciente en una posición predeterminada y se aplica una fuerza predeterminada sobre la misma durante un tiempo predeterminado, para mantener la parte corporal en esa posición. Tal tratamiento estático facilita el uso de un aparato para proporcionar una fuerza (fuerza y dirección) predeterminada controlable, durante una duración deseada. Por ejemplo, hay disponibles diversos dispositivos de tracción que pueden comprender una polea simple. En el documento DE 20 2008 015 138 se desvela un dispositivo de tracción robótica más complejo.

20 En una terapia dinámica se maniobra la parte corporal tratada a lo largo de una trayectoria predeterminada, habitualmente con una velocidad y/o fuerza predeterminadas. Esto requiere un control delicado del movimiento para no infligir dolor o daño al/la paciente. Por maniobrar una parte corporal se entiende mover la parte corporal de manera continua o intermitente, mediante fuerzas externas, p. ej. puede hacerlo otra persona, tal como el/la terapeuta.

25 Para administrar una terapia dinámica en la cabeza y el cuello de un/una paciente de acuerdo con diferentes procedimientos, el documento WO 2008/059497 desvela un aparato para tratar el cuerpo de un/una paciente o un órgano del mismo, en especialmente la cabeza y el cuello, maniobrando de forma controlada dicho órgano a tratar, que comprende; un bastidor adaptado para sujetar dicho órgano a tratar, de forma estable y cómoda; y una plataforma maniobrible sobre la que descansa dicho bastidor, que comprende medios de maniobra adaptados para hacer girar la plataforma en los planos sagital, coronal, horizontal de la misma, o en cualquier combinación de dichos  
30 planos, durante una duración predeterminada; en el que dicha maniobra de dicho órgano se caracteriza por unos parámetros que se seleccionan de un conjunto de movimientos permitidos, tal como se definen en el documento, siendo en todos los casos la duración de los movimientos de hasta aproximadamente 90 segundos.

35 Debido a la estructura de la articulación a tratar y/o debido a las limitaciones del/la paciente (flexibilidad, aflicciones, dolor, etc.), una trayectoria de maniobra terapéutica puede ser compleja. Este resulta particularmente cierto en el caso del movimiento de la cabeza, el cuello y los hombros, que incluye centros de rotación variables y móviles y/o traslaciones relativas. Para permitir el tratamiento del cuello, el aparato desvelado en el documento WO 2008/059497 depende del acoplamiento en serie de motores, así como de la biorretroalimentación (tensión muscular, etc.). El aparato presenta por lo tanto un gran tamaño y complejidad, así como una acumulación de errores de posicionamiento y orientación entre sucesivos motores, lo que reduce la precisión de la posición y  
40 orientación del bastidor. Adicionalmente, tal aparato tiende ser costoso y puede intimidar a los/las pacientes, evitando que se relajen durante el tratamiento y reduciendo la eficacia del mismo.

El documento WO 00/71026 desvela un sistema de rehabilitación de tobillo.

45 Un objeto de la presente divulgación es proporcionar un aparato mejorado para proporcionar un tratamiento fisioterapéutico administrado dinámico. Un objeto adicional es proporcionar un aparato para mejorar la determinación de una posición espacial y una orientación de una parte corporal, y para mejorar la determinación de un desplazamiento.

### Sumario

50 En un primer aspecto se proporciona un aparato según lo reivindicado, que está configurado para tratar una parte corporal de un/una paciente. El aparato comprende un soporte para soportar y sujetar al menos parcialmente la parte corporal, y un manipulador conectado al soporte, para soportar y maniobrar el soporte.

El manipulador comprende un dispositivo de articulación en paralelo, tal como un trípode doble o un dispositivo pentápodo, o una plataforma Stewart o hexápodo, que proporciona una mejor precisión y una rigidez mucho mayor para una masa estructural dada, en comparación con un dispositivo de articulación en serie, y que, al contrario que éste, puede presentar una masa reducida para una determinada rigidez deseada. La reducción de la masa da como

resultado un consumo de energía reducido, y una mayor precisión de la manipulación y las maniobras. Un manipulador que proporcione un posicionamiento controlado del soporte con seis grados de libertad (tres direcciones de traslación mutuamente perpendiculares (X, Y, Z) y tres grados de rotación sobre las direcciones de traslación (balanceo, cabeceo, guiñada)), permite llevar a cabo movimientos y trayectorias complejos con el soporte. Un ángulo sólido abarcado por ángulos planos ( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) en direcciones mutuamente perpendiculares, de aproximadamente ( $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ), permite el acceso al intervalo de movimiento de la cabeza de un humano normal, sano y sin dolor, de aproximadamente 90 años, y permite prevenir el tratamiento asimétrico. Los grados de libertad de traslación permiten tener en cuenta los centros de rotación variables y móviles y/o las traslaciones relativas en un movimiento del cuello.

En un aparato preferido, (el dispositivo de articulación en paralelo de) el manipulador comprende una plataforma Stewart que tiene seis accionadores lineales, conectados a dos miembros de soporte mediante articulaciones. Una plataforma Stewart puede ocupar un pequeño volumen en relación con el intervalo de movimiento que puede lograr. Adicionalmente, las plataformas Stewart son generalmente fiables y presentan un riesgo bajo de singularidades, es decir puntos en los que la posición, el movimiento y/o la dirección de los dos miembros de soporte, entre sí, no están definidos de forma exclusiva o cuando un grado de movimiento ha pasado a ser inaccesible o se ha "congelado", por ejemplo en el estado conocido como bloqueo cardánico. Una plataforma Stewart puede diseñarse incluso para que esté sustancialmente libre de singularidades. Así, se aumenta la seguridad del aparato.

Una o más articulaciones, ventajosamente todas las articulaciones de un dispositivo de articulación en paralelo, pueden comprender juntas esféricas magnéticas. Esto reduce la cantidad de piezas, así como la fricción y el mantenimiento, en comparación con las juntas universales biaxiales (juntas cardánicas). Una junta esférica magnética también elimina la necesidad de una carcasa para retener la bola de una junta esférica no magnética, reduciendo de nuevo la fricción y el número de piezas. Adicionalmente, aumenta el intervalo de movimiento de la junta, y, por lo tanto, del manipulador, facilitando la consecución del ángulo sólido abarcado por ángulos planos ( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) en direcciones mutuamente perpendiculares, de aproximadamente ( $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ), anteriormente descrito. Una junta esférica magnética puede estar envuelta por un tubo flexible, al menos parcialmente, para ayudar a prevenir la dislocación de la junta.

Una o más articulaciones, ventajosamente todas las articulaciones de un dispositivo de articulación en paralelo, pueden comprender una junta de tipo tendón. Dentro del presente texto, una junta de tipo tendón es cualquier tipo de junta en la que dos objetos estén interconectados de forma móvil mediante un tercer miembro, el tendón, que es flexible al menos en dos direcciones perpendiculares, tal como una varilla o tubo de plástico, caucho natural y/o sintético, un resorte helicoidal o de otro tipo, un cable, p. ej. un cable de acero, etc. Generalmente, la flexibilidad de una junta de tipo tendón es tal que, en estado relajado y sin carga, el tendón se extiende sustancialmente recto en posición horizontal como si fuera una vara, barra o varilla, sin caer por su propio peso. Las juntas de tipo tendón pueden permitir un intervalo de movimiento con un ángulo sólido amplio, lo que facilita la consecución del ángulo sólido anteriormente descrito. El intervalo de movimiento de una junta de tipo tendón puede determinarse seleccionando el material, el diámetro, la longitud y/o la forma de la junta, p. ej. una varilla sustancialmente cilíndrica a una forma sustancialmente de reloj de arena. Una junta de tipo tendón proporciona un acoplamiento directo entre las partes articuladas conectadas por la junta, evitando la dislocación de la junta. Se comercializan juntas universales de caucho y resortes helicoidales con diversas especificaciones, generalmente a un costo significativamente menor que una junta cardánica o una junta esférica (magnética).

Las juntas esféricas magnéticas, y en particular las juntas de tipo tendón, requieren un tamaño pequeño de carcasa o no requieren carcasa en absoluto, para su fijación, y, por lo tanto, pueden ocupar poco volumen. Así, las articulaciones de un manipulador pueden disponerse muy juntas. Esto aumenta la libertad de movimiento del manipulador.

Se ha observado que un dispositivo de articulación en paralelo, en particular una plataforma Stewart, que comprenda una pluralidad de accionadores lineales interconectados de forma articulada con juntas cardánicas universales o juntas esféricas no magnéticas, generalmente tendrá un intervalo de movimiento en un ángulo sólido que está limitado a aproximadamente 30 grados, por dirección de rotación (balanceo, cabeceo, guiñada), y que puede restringir el intervalo de movimiento de traslación. Con el fin de reducir las posibilidades de singularidades en dicho dispositivo, en particular en el caso de las plataformas Stewart, pueden fijarse una o más juntas cardánicas universales a una base o plataforma. Sin embargo, esto reduce el intervalo de movimiento del dispositivo y puede afectar a la simetría del intervalo de movimiento restante. Hacer uso de juntas esféricas magnéticas y/o de juntas de tipo tendón puede aumentar significativamente el intervalo de rotación del movimiento (balanceo, cabeceo, guiñada) del dispositivo, en particular una plataforma Stewart, así como el intervalo de movimiento de traslación, para accionadores iguales. El aparato terapéutico mejorado desvelado en el presente texto ejemplifica esto.

Para obtener uno o más de los beneficios anteriormente descritos en una plataforma Stewart existente, o en cualquier dispositivo de articulación en paralelo, puede mejorarse el mismo mediante su modificación, reemplazando una o más de sus articulaciones existentes por juntas de tipo tendón.

Una articulación elástica, en particular una junta de tendón elástica, proporciona una fuerza de restauración al manipulador que ayuda a restablecer una posición predeterminada. Adicionalmente, puede funcionar como un

- amortiguador y que puede reducir las sacudidas del manipulador (siendo sacudida  $j$  la derivada con respecto al tiempo de aceleración  $\underline{a}$  o, de manera equivalente, la segunda derivada de la velocidad  $\underline{v}$  y la tercera derivada de la posición  $\underline{s}$ :  $j = \underline{da}/dt = d^2\underline{v}/dt^2 = d^3\underline{s}/dt^3$ ) Así, se proporciona un movimiento más suave del objeto soportado por el manipulador, en este caso el soporte, y por lo tanto un movimiento más suave de la parte corporal. Tal beneficio es independiente de la libertad de traslación o rotación y/o el intervalo de movimiento del manipulador, y por lo tanto de un aparato que comprenda el manipulador.
- 5
- Las ventajas de una junta de tipo tendón, en particular una junta de tipo tendón elástica, para un dispositivo de articulación en paralelo con accionadores lineales pueden beneficiar a otros dispositivos de articulación en paralelo, y a los usos de los mismos.
- 10
- Se comercializan juntas de tendón de caucho con diversas especificaciones, generalmente a un costo significativamente más bajo que una junta cardánica o una junta esférica (magnética).
- En el caso del presente aparato, que comprende juntas de tipo tendón elásticas, puede haber cierta adaptación a los movimientos de (la parte corporal del/la) paciente, debido a la elasticidad de las juntas. Así, un/una paciente puede resistir hasta cierto punto la amplitud deseada de un movimiento del soporte. Se incrementan significativamente la comodidad y el sentido de seguridad de los/as pacientes.
- 15
- Al menos uno de dichos accionadores lineales puede comprender al menos un accionador de husillo. Un accionador de husillo puede ser ligero y proporcionar una carrera de accionador grande, en comparación con un cilindro hidráulico o neumático de igual resistencia y longitud, con una extensión mínima. Adicionalmente, un husillo frena automáticamente, lo que aumenta la seguridad del aparato. Adicionalmente, un accionador de husillo puede tener poco diámetro con respecto a su resistencia, en comparación con otros tipos de accionadores, permitiendo una disposición cercana de los accionadores que beneficia a la libertad de movimiento del manipulador.
- 20
- El aparato puede comprender un servomotor y/o un motor paso a paso para hacer funcionar con precisión y fiabilidad uno o más de dichos accionadores lineales. Los servomotores y los motores paso a paso generalmente son fiables para determinar ajustes tanto absolutos como relativos.
- 25
- Un motor paso a paso o servo motor en combinación con un accionador de husillo permite proporcionar una precisión constante a lo largo de toda la carrera del accionador, así como un funcionamiento a alta velocidad. Esto permite ejecutar movimientos para trayectorias complejas. Al seleccionar el paso de la rosca del husillo y el tamaño del paso del motor, puede ajustarse la precisión posicional del accionador, y en este caso la precisión de la posición y orientación del aparato.
- 30
- Para mejorar la definición fiable de movimientos de la parte corporal con respecto a una segunda parte corporal, el aparato puede comprender adicionalmente un segundo soporte para soportar un segundo soporte, tal como un apoyo, silla, sillón o camilla, para soportar de manera estacionaria la parte corporal adicional. El aparato de fisioterapia comprende una primera porción y una segunda porción, comprendiendo la primera porción una pluralidad de fuentes para emitir una señal, y comprendiendo la segunda porción una pluralidad de detectores para detectar al menos una parte de la señal. Cada señal emitida desde una fuente y detectada por un detector presenta un tiempo de desplazamiento de señal, entre los respectivos fuente y detector. El aparato comprende un controlador configurado para determinar ventajosamente una pluralidad de tiempos de desplazamiento de señal, entre al menos algunas de las fuentes y al menos algunos de los detectores, para determinar en función de los tiempos de desplazamiento de señal la posición y orientación espaciales de la primera y segunda porciones, la una con respecto a la otra.
- 35
- 40
- La primera porción puede comprender el soporte, y la segunda porción del aparato puede ser el segundo soporte u otro objeto. Ventajosamente, la primera porción del aparato comprende un objeto que puede conectarse fácilmente a la parte corporal, p. ej. poniéndose la misma, tal como un casco, una montura de gafas, un equipo para la cabeza, una correa para la muñeca, etc. Esto permite determinar la posición y movimiento de la parte corporal independientemente de la posición del soporte y/o del manipulador con respecto a la misma, por ejemplo mientras un/una terapeuta maniobra la parte corporal.
- 45
- Ventajosamente, la señal comprende una señal de ultrasonido, esto reduce el ruido electromagnético y no es perceptible por los humanos.
- 50
- Adicionalmente, la fuente puede configurarse para que emita al mismo tiempo una primera señal y una segunda señal, siendo la primera señal una señal relativamente lenta, ventajosamente una señal de ultrasonido, y siendo la segunda señal una señal relativamente rápida, p. ej. una señal eléctrica, radiográfica y/o óptica. Si el tiempo de desplazamiento para la segunda señal es insignificante en comparación con la primera señal, puede utilizarse la segunda señal de manera eficiente para activar una medición del tiempo de desplazamiento de la primera señal. Esto facilita la medición y la recopilación de datos.
- 55
- Para grabar al menos parte de una secuencia o una trayectoria de maniobra, el aparato está configurado para almacenar en una memoria una pluralidad de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas de la primera y segunda porciones, la una con respecto a la otra. Adicionalmente, pueden almacenarse marcas temporales

correspondientes a al menos algunas de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas, para proporcionar información de velocidad y aceleración.

La memoria puede estar integrada en el aparato, ser extraíble y/o remota, p. ej. un disco, un dispositivo de grabación de datos sólido y/o un ordenador remoto.

- 5 El aparato comprende adicionalmente un controlador, configurado para leer al menos parte de la información almacenada en la memoria; para definir al menos una primera secuencia de maniobras de la parte corporal, como una función de la información almacenada en la memoria; y para controlar el aparato para operar al menos parte del manipulador, p. ej. uno o más accionadores, para maniobrar el soporte de tal manera que, cuando la parte corporal esté situada apropiadamente sobre el soporte, y posiblemente sostenida por el mismo, pueda maniobrarse de acuerdo con al menos la primera secuencia de maniobras.

Esto permite recrear una trayectoria registrada, en particular una trayectoria de la parte corporal en sí.

- 15 En un aspecto adicional se proporciona un procedimiento, según lo reivindicado, que es un procedimiento para determinar una posición y orientación espaciales de un primer objeto con relación a un segundo objeto, comprendiendo el primer objeto una pluralidad de fuentes de señal de ultrasonido y comprendiendo el segundo objeto una pluralidad de detectores de señal de ultrasonido, para detectar una señal de las fuentes de señal. El procedimiento comprende las etapas de emitir una señal desde al menos una fuente de señal de la pluralidad de fuentes de señal, y de detectar la señal con al menos un detector de la pluralidad de detectores de señal, de modo que cada señal emitida desde una de las fuentes y detectada por uno de los detectores tenga un tiempo de desplazamiento de la señal, entre los respectivos fuente y detector; determinar la pluralidad de tiempos de desplazamiento de una señal predeterminada desde una fuente a varios detectores y/o una señal predeterminada desde varias fuentes a un detector; determinar, basándose en los múltiples tiempos de desplazamiento de señal determinados, al menos una de la posición de una fuente con respecto a las múltiples detectores, y, respectivamente, la posición de un detector con respecto a las diversas fuentes; y repetir las etapas del procedimiento de emitir y detectar una señal, determinar los tiempos de desplazamiento de señal y determinar las posiciones relativas, con diferentes combinaciones de fuentes y detectores, y determinar a partir de las posiciones relativas determinadas la posición y orientación espaciales del primer y segundo objeto en relación mutua.

- 25 Con el procedimiento se determinan fácil y fiablemente la posición y orientación del primer y segundo objetos, en relación mutua, usando triangulación con posiciones plurales. Para determinar las posiciones relativas de dos objetos sirven una sola fuente y tres detectores, o tres fuentes y un solo detector. Usando tres fuentes y tres detectores, pueden definirse de manera única la posición y orientación relativas de los objetos tridimensionales con un número mínimo de fuentes y detectores.

- 30 Repitiendo las etapas del procedimiento y almacenando en una memoria las posiciones y orientaciones espaciales determinadas del primer y segundo objetos, en relación mutua, puede registrarse una trayectoria del primer y segundo objetos en relación mutua. Adicionalmente, pueden almacenarse marcas temporales correspondientes a al menos algunas de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas, para proporcionar información de velocidad y aceleración a la trayectoria.

En caso de que el primer o segundo objeto sea un objeto rígido en reposo, p. ej. una estructura de un edificio tal como una pared, ese objeto puede servir adecuadamente como referencia.

- 40 Se explicarán a continuación los aspectos anteriormente descritos con detalles y ventajas adicionales, con referencia a los dibujos, que muestran realizaciones de la invención a modo de ejemplo.

#### **Breve descripción de los dibujos**

- 45 La Fig. 1 ilustra un aparato para tratar la cabeza de un/a paciente;  
 Las Figs. 2A-4C ilustran movimientos básicos de una cabeza humana;  
 La Fig. 5 muestra una realización alternativa de un aparato para tratar la cabeza de un/a paciente;  
 Las Figs. 6 y 7 ilustran el uso del aparato de la Fig. 5;  
 La Fig. 8 ilustra una realización alternativa de un aparato para tratar la cabeza de un/a paciente;  
 Las Figs. 9-10B muestran diferentes juntas;  
 Las Figs. 11A-14 muestran diferentes juntas de tipo tendón

#### **Descripción detallada de las realizaciones**

- 50 Se hace notar que los dibujos son esquemáticos, no necesariamente a escala, y que pueden haberse omitido los detalles que no sean necesarios para comprender la presente invención. Los términos "hacia arriba", "hacia abajo", "debajo de", "encima de", y similares, se refieren a las realizaciones según la orientación en los dibujos, a menos que se especifique lo contrario. Adicionalmente, los elementos que son al menos sustancialmente idénticos, o que llevan a cabo una función al menos sustancialmente idéntica, se denotan con el mismo número, habiéndose enumerado individualmente mediante un sufijo alfabético cuando sea de utilidad.

La Fig. 1 muestra un aparato 1, que está configurado para tratar a un/una paciente 3 mediante la maniobra controlada de al menos una parte de su cuerpo, en este caso la cabeza 5 con respecto al torso 6 del/la paciente 3. El aparato 1 comprende un soporte 7 para soportar la cabeza 5 y un segundo soporte 9, en forma de banco, para soportar el torso y las extremidades del/la paciente 3. El segundo soporte 9 puede comprender múltiples porciones que pueden moverse unas con respecto a otras, p. ej. para la comodidad del/la paciente (no se muestra). Un manipulador 11 está conectado al soporte 7, para soportar y maniobrar el soporte 7. El soporte 7 puede comprender un cojín, un bastidor y/o medios para proporcionar y mantener una posición particular de la cabeza con respecto al soporte 7.

El manipulador 11 mostrado comprende un dispositivo 13 de articulación en paralelo, en este caso en forma de una plataforma Stewart o hexápodo 13 que tiene una base 15, una plataforma 17 y seis accionadores lineales 19, conectados a la base 15 y la plataforma 17 con unas articulaciones 21. Cada accionador lineal 19 comprende un husillo roscado 23 que se recibe de forma giratoria en una porción roscada, dentro de un tubo 25. Son concebibles otros tipos de accionadores, p. ej. accionadores hidráulicos o neumáticos, accionadores de poleas, cremalleras o accionadores de husillo sin tubo, etc. Sin embargo, generalmente resulta preferible un accionador de husillo porque, en comparación con otros tipos de accionadores, es menos costoso, requiere un menor mantenimiento y es más ligero. Cada accionador 19 es accionado por un servomotor o un motor paso a paso (no mostrado), para variar la longitud del respectivo accionador 19. La combinación de longitudes de cada accionador 19 determina la posición y orientación relativas de la base 15 y la plataforma 17 de la plataforma Stewart 13. Dado que el soporte 7 está conectado a (la plataforma 17 de) el manipulador 11, la posición y orientación relativas del soporte 7 se determinan ajustando los accionadores 19. Un controlador 27 está conectado con el manipulador 11 para controlar los accionadores 19 del aparato, para maniobrar el soporte 7. Así, cuando la cabeza 5 está posicionada de manera apropiada sobre el soporte 7, puede maniobrarse la misma.

Adicionalmente, se proporciona un cojinete 28 opcional para permitir el movimiento del soporte 7 con respecto a la plataforma 17, para aumentar la libertad de movimiento del cuello en una o más direcciones con respecto a la misma. El movimiento en una dirección particular puede determinarse con cojinetes de aguja y/o una guía, pudiendo utilizarse cojinetes de bolas para el movimiento en direcciones múltiples. Un beneficio de esto es una mayor flexibilidad y comodidad para el/la paciente 3, pero a costa de una reducción en la capacidad de control de la posición y/o trayectoria de la cabeza 5 con respecto a la plataforma 17.

Las Figs. 2A-2C, 3 y 4A-4C ilustran los movimientos básicos de la cabeza 5 del/la paciente 3, los tres movimientos sustancialmente perpendiculares de flexión sagital alrededor de un ángulo  $\theta$  determinado en un plano sagital (Figs. 2A-2C), inclinación coronal alrededor de un ángulo  $\rho$  determinado en un plano coronal (Fig. 3), y rotación horizontal alrededor de un ángulo  $\phi$  determinado en un plano transversal (Figs. 4A-4C). La orientación ( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) de la cabeza se define con respecto al eje anatómico longitudinal A. Dado que el cuello humano comprende siete vértebras, solo la rotación horizontal teóricamente perfecta da como resultado la rotación alrededor de un eje de rotación fijo, implicando la flexión sagital y la inclinación coronal tanto la rotación como la traslación del centro de rotación. También son posibles movimientos combinados en direcciones plurales fuera de los planos, de modo que la cabeza 5 pueda moverse en un ángulo sólido  $\Omega$  generalmente abarcado por el intervalo de ángulos ( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) alcanzables (no mostrados).

Para otras juntas que pueden alcanzar ángulos sólidos más grandes (p. ej. el hombro) o más pequeños (p. ej., rodilla), se aplican consideraciones similares.

Un objetivo principal de la fisioterapia es lograr una movilidad normal (velocidad e intervalo de movimiento) para el/la paciente, o al menos lo más cercana posible a una movilidad normal y lo más cómoda posible para el/la paciente en particular.

En la siguiente Tabla 1 se indica el intervalo de movimiento observado en personas sanas normales entre 10 y 90 años, indicándose el movimiento (véanse las Figs. 2A-4C; la extensión sagital (no mostrada) está empujando la cara hacia delante con la cabeza paralela al torso, midiéndose el ángulo del cuello con respecto al torso), el ángulo máximo alcanzado por ese movimiento, y el intervalo total de movimiento en dicho movimiento.

Tabla 1: Intervalo de movimiento

Movimiento	[°] Máx.	[°] Total
Ángulo de flexión sagital $\theta$	45-60	90-130
Extensión sagital	55-70	
Ángulo de inclinación coronal $\rho$	45	90
Ángulo de rotación horizontal $\phi$	60-80	120-160

En humanos, el intervalo de movimiento tiende a disminuir con la edad. Las personas flexibles y las personas más jóvenes pueden alcanzar los valores más altos enumerados, p. ej. los adolescentes pueden lograr un intervalo de flexión de aproximadamente 130-135 grados, con  $\theta$  entre aproximadamente  $-70^\circ$  y  $70^\circ$ , un intervalo de inclinación de

aproximadamente 90, con  $\rho$  entre  $-45^\circ$  y  $45^\circ$ , y una rotación horizontal en un intervalo de aproximadamente 160 grados, con  $\phi$  entre  $-80^\circ$  y  $80^\circ$ . Para tratar a un/una paciente anciano/a, preferentemente debería estar disponible el menor intervalo de movimiento. Para permitir tratar la mayor diversidad posible de pacientes, incluyendo las diferencias de estatura y las afecciones, puede permitirse la manipulación de la cabeza hasta un ángulo de flexión sagital  $\theta$  de aproximadamente  $-70^\circ$  (hacia atrás) y  $70^\circ$  (hacia delante), hasta un ángulo de inclinación coronal  $\rho$  de aproximadamente  $-50^\circ$  (izquierda) y  $50^\circ$  (derecha), y hasta un ángulo de rotación horizontal  $\phi$  de aproximadamente  $-45^\circ$  (izquierda) y  $45^\circ$  (derecha), ya que un/una paciente puede compensar fácilmente una limitación en la rotación horizontal girando los hombros o parte del torso. Para tratar el cuello en sí sin la necesidad de girar el hombro o el torso, puede ser necesario un ángulo de rotación horizontal  $\phi$  de hasta aproximadamente  $-90^\circ$  (izquierda) y  $90^\circ$  (derecha).

Al tratar la inclinación coronal puede resultar deseable un movimiento de traslación en la dirección coronal de aproximadamente 15-20 cm, para tener en cuenta la curvatura de las vértebras del cuello y/o el desplazamiento del cráneo en adulto promedio. Al tratar la flexión resulta deseable un movimiento de traslación similar en la dirección sagital. Para facilitar el tratamiento de pacientes más altos resultan preferibles intervalos más grandes de movimiento de traslación, p. ej. de 30 cm o hasta 40 cm al menos en la dirección coronal. Ventajosamente, el intervalo de movimiento de traslación es sustancialmente igual en dos dimensiones paralelas al plano coronal (p. ej., horizontal), y puede ser sustancialmente igual en una tercera dimensión, en un plano sagital.

Así, el manipulador 11 puede maniobrar la parte corporal 5 en un volumen abarcado por la combinación del intervalo de movimiento de traslación y rotación. Mientras que la fisioterapia estática generalmente solo hace hincapié en mantener posiciones y orientaciones relativas de la parte corporal tratada, en la fisioterapia dinámica son conocidas las maniobras terapéuticas para diferentes afecciones. Puede llevarse a cabo una maniobra durante un tiempo deseado, correspondiente a una velocidad de movimiento particular. En la Tabla 2 se define una secuencia habitual de etapas de maniobra para el tratamiento fisioterapéutico de la cabeza y el cuello, pudiendo llevar cada etapa entre aproximadamente 30 y aproximadamente 90 segundos:

Tabla 2: secuencia de maniobra terapéutica

Etapas	Movimiento	Ángulo de inicio	Ángulo final
1	Flexión sagital frontal	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$	$(70^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$
2	Retorno sagital	$(70^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$
3	Inclinación coronal derecha	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 45^\circ, 0^\circ)$
4	Retorno sagital derecha	$(0^\circ, 45^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$
5	Inclinación coronal izquierda	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, -45^\circ, 0^\circ)$
6	Retorno sagital izquierda	$(0^\circ, -45^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$
7	Rotación horizontal derecha	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, 45^\circ)$
8	Retorno horizontal derecha	$(0^\circ, 0^\circ, 45^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$
9	Rotación horizontal izquierda	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, -45^\circ)$
10	Retorno horizontal izquierda	$(0^\circ, 0^\circ, -45^\circ)$	$(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$

Los puntos finales de cada movimiento pueden variar de un/una paciente a otro/a y/o de una sesión terapéutica a la siguiente. También son posibles secuencias alternativas de etapas de maniobra.

Ventajosamente, el aparato está dispuesto de manera que los ángulos ( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) del/la paciente correspondan a los ángulos sustancialmente puros de balanceo, cabeceo y guiñada del manipulador 11. Esto facilita el control y/o la programación del aparato, y puede optimizar el uso del intervalo de movimiento disponible para el manipulador. También pueden definirse para movimientos complejos las posiciones de inicio y las posiciones finales de la cabeza, y por lo tanto del soporte, de acuerdo con el tamaño del/la paciente 3.

La Fig. 5 muestra una segunda realización de un aparato 1. El aparato 1 comprende un objeto que el/la paciente puede ponerse, en este caso un casco 29 en forma de montura 29 de gafas, que el/la paciente 3 se pone en la cara, y provista de tres fuentes de señal en forma de transmisores 31A-31C para emitir pulsos de ultrasonidos y pulsos de radio. El aparato 1 comprende adicionalmente tres detectores de señal, en forma de detectores 33A-33C de ultrasonidos, y al menos un detector de radio (no mostrado) para detectar los pulsos de ultrasonidos y los pulsos de radio, respectivamente, de los transmisores 31A-31C. Todos los detectores 33A-33C están conectados al controlador. Puede incluirse un detector de radio en un detector de ultrasonidos. Cada detector 33A-33C está fijado

a un marco 35, u opcionalmente a otro objeto tal como una pared, el segundo soporte 9, etc., siempre que pueda detectar las señales emitidas por los transmisores 31A-31C. En el caso particular de señales de ultrasonidos o señales ópticas, debe existir una "línea de visión" sustancialmente clara y libre de obstáculos entre las fuentes 31A-31C y los detectores 33A-33C, para evitar el posible deterioro o pérdida de la señal. El aparato 1  
5 comprende adicionalmente un reloj (no mostrado) y una memoria 37 para almacenar datos.

Los transmisores 31A-31C están dispuestos para definir un primer plano a través de los transmisores 31A-31C. Los detectores 33A-33C están dispuestos para definir un segundo plano a través de los detectores 33A-33C.

En uso, un primer transmisor 31A genera una señal de radio y una señal de ultrasonidos. Las señales pueden comprender uno o más pulsos o trenes de pulsos, y posiblemente comprenden información para identificar el transmisor 31A-31C. El detector de radio detecta la señal de radio. Cada uno de los detectores 33A-33C detecta las señales de ultrasonidos, y (el momento de) la detección se señaliza al controlador 27. A partir del momento de detección de la señal de radio por parte del detector de radio, los detectores 33A-33C y el controlador 27 miden el tiempo de llegada de la señal de ultrasonidos en cada detector 33A-33C, para determinar los respectivos tiempos T(31A, 33A), T(31A, 33B) y T(31A, 33C) de recorrido de señal. Las diferencias entre los tiempos T(31A, 33A), T(31A, 33B) y T(31A, 33C) de recorrido de señal, como consecuencia de diferentes distancias recorridas, permiten determinar la posición de la fuente de señal con respecto a los detectores. Determinar todas las combinaciones de tiempos T(31A, 33A), T(31A, 33B) y T(31A, 33C); T(31B, 33A), T(31B, 33B) y T(31B, 33C); T(31C, 33A), T(31C, 33B) y T(31C, 33C) de recorrido de señal permite determinar las orientaciones relativas del primer y segundo planos, abarcados por los transmisores 31A-31C y los detectores 33A-33C. Esto da como resultado una determinación completa a partir de las posiciones relativas determinadas de la posición y orientación espaciales del casco 29, y por lo tanto de la cabeza 5 del/la paciente, y del marco 35, uno con respecto al otro.

Adicional o alternativamente, el soporte 7 puede estar provisto de transmisores. Proporcionar transmisores 31 en el lado de paciente (casco 29 y/o soporte 7, etc.) y detectores 33 en el lado de controlador, o lado remoto (marco 35, etc.), facilita el procesamiento de las señales: el casco 29 puede comprender fuentes 31 de señal alimentadas con una batería de baja potencia, para emitir señales transferibles inalámbricas, mientras que los detectores 33 pueden conectarse por cable con el controlador 27 y/o estar integrados en el mismo.

Para aumentar la fiabilidad de las mediciones, resulta preferible que las fuentes de ultrasonidos estén dispuestas en separaciones mutuas de aproximadamente 15 cm o más. Una separación más grande aumenta la fiabilidad de la triangulación, ya que una inexactitud absoluta constante conducirá a un error relativo más pequeño al aumentar la separación. Esto también es aplicable a los detectores de ultrasonidos.

Otra forma de determinar (variaciones en) la orientación de la parte corporal comprende el uso de uno o más giroscopios y/o de uno o más inclinómetros, fijados a la parte corporal y/o al soporte. Un inclinómetro puede detectar (una variación en) una orientación con respecto a la gravedad y/o a otro sistema de referencia, p. ej. un campo magnético, ventajosamente el campo magnético de la tierra. Puede usarse un inclinómetro para detectar (variaciones en) la orientación en un plano y, por lo tanto, puede proporcionarse sustancialmente la misma información que dos fuentes (o detectores) de señales y tres detectores (o fuentes, respectivamente).

Preferiblemente, se usan al menos dos inclinómetros para detectar (una variación en) una orientación en dos direcciones espaciales con un ángulo entre sí, preferiblemente perpendiculares entre sí, lo que permite determinar una inclinación tridimensional del objeto supervisado (parte corporal) y/o soporte). Un giroscopio facilita la monitorización de una velocidad y/o una aceleración, y en particular de una velocidad y/o aceleración angulares, y permite determinar un ángulo de rotación mediante la integración de la velocidad angular medida a lo largo del tiempo.

En una realización ventajosa, dos inclinómetros están dispuestos sustancialmente perpendiculares entre sí, y están configurados para medir ángulos de inclinación con respecto al horizonte local (plano de tierra local), p. ej. ángulos de cabeceo y balanceo, que pueden corresponder al ángulo de flexión sagital  $\theta$  (cabeceo), al ángulo de rotación horizontal  $\phi$  (balanceo). Además, un giroscopio está dispuesto para medir de manera sustancialmente perpendicular a los planos de medición de los inclinómetros, para medir un ángulo de rotación de guiñada ( $\rho$ ), que puede corresponder al ángulo de inclinación coronal. Los inclinómetros y giroscopios magnéticos pueden estar integrados en un circuito integrado.

En una realización particularmente ventajosa de un aparato terapéutico, el soporte está provisto de dos o tres fuentes y/o detectores de señales, respectivamente, y el casco comprende al menos una fuente o detector de señales, respectivamente, y uno o dos inclinómetros y uno o más giroscopios. Las fuentes y/o detectores de señales preferiblemente comprenden fuentes de ultrasonidos y/o detectores, como antes. Así, pueden determinarse de manera fiable la posición y la orientación del soporte, siendo el tamaño del soporte relativamente poco importante y, por lo tanto, siendo posible separar las fuentes y/o detectores de señales más de 15 cm. Adicionalmente, la posición y/o desplazamiento del casco puede determinarse a partir de la fuente y/o el detector y (los cambios en) su orientación con respecto al uno o más inclinómetros y giroscopios, que pueden estar integrados en un dispositivo de pequeño volumen, p. ej. un circuito integrado individual.

Los terapeutas generalmente usan la maniobra de una parte corporal a tratar con fines diagnósticos y terapéuticos, posiblemente en combinación dentro de una trayectoria.

5 Refiriéndose ahora a las Figs. 6 y 7, en una sesión de tratamiento terapéutico habitual, el/la paciente 3 se coloca sobre el primer y/o segundo soportes 7, 9 y el/la terapeuta maniobra la parte corporal a tratar, en este caso la cabeza 5. Durante este proceso el/la terapeuta puede sujetar la propia parte corporal 5 y/o el soporte 7, con la parte corporal 5 fijada al mismo. Al sujetar directamente la parte corporal 5, el/la terapeuta maniobra y trata al/la paciente 3 de manera regular y, al mismo tiempo, recibe retroalimentación directa del cuerpo del/la paciente, facilitando el diagnóstico y monitoreando la progresión del tratamiento.

10 Durante el tratamiento y/o diagnóstico se determinan repetidamente la posición y orientación de la parte corporal 5, con los transmisores 31A-31C, los detectores 33A-33C y el controlador 27, y se almacenan estos datos en la memoria 37 con unas marcas temporales apropiadas. Así, se registran los movimientos y la trayectoria reales de la parte corporal 5 (y/o, en el caso apropiado, los movimientos y la trayectoria del soporte 7).

15 Al maniobrar una parte corporal 5 provista de transmisores 31A-31C, pueden descenderse o separarse el soporte 7 y/o el manipulador 11, al menos parcialmente, y/o retirarse completamente los mismos, para proporcionar al/la terapeuta 39 libertad de postura y/o de movimiento.

20 Para el tratamiento automatizado mediante el aparato 1, se coloca el manipulador 11 en una posición deseada, posiblemente conectado a un acoplamiento en el suelo del espacio de tratamiento y/o fijado al segundo soporte 9. A continuación, se colocan la parte corporal 5 y el soporte 7 en una posición deseada, p. ej. puede hacerlo el/la terapeuta 39. Se determinan la disposición (de los accionadores 19) del manipulador 11 y la posición del soporte 7 mediante el controlador, y se determinan la posición y orientación de la parte corporal 5 con respecto a (el marco 35 de) el aparato, p. ej. usando señales procedentes de las fuentes 31 y los detectores 33 de señales. A continuación, se administra el tratamiento mediante el aparato 1 operando uno o más accionadores 19 controlados por el controlador 27, para maniobrar el soporte 7 de tal manera que se movilice la parte corporal 5 de acuerdo con la trayectoria definida por la secuencia de maniobra del/la terapeuta.

25 La trayectoria puede almacenarse en, o leerse desde, la memoria 37 u otro medio de almacenamiento, tal como porciones de código de software, de modo que, tras su ejecución por parte del controlador 27, se opere al menos parte del manipulador 11, p. ej. al menos uno de los accionadores 19, en una secuencia predeterminada de etapas para maniobrar el soporte 7 de acuerdo con la secuencia de maniobra deseada para tratar una parte corporal 5 de un/una paciente 3; esto permite almacenar y transferir el tratamiento a otro aparato 1 de tratamiento, a un archivo de paciente para referencia adicional, etc.

30 En el aparato 1 de las Figs. 1 y 5-7 una plataforma Stewart 13 está dispuesta en posición vertical, con la plataforma 17 soportada por los accionadores 19 por encima de la base 15. En una realización alternativa, véase la Fig. 8, el manipulador 11 comprende una plataforma Stewart 13 que está dispuesta sustancialmente horizontal, y el soporte 7 está suspendido de la plataforma 17. Esto permite que un/una terapeuta que esté sentado/a movilice la cabeza 5. Sin embargo, la carga sobre la plataforma Stewart 13 es menos favorable que en el caso vertical, y el manipulador 11 requiere una plataforma Stewart 13 más fuerte, que tiende a ser más pesada, más cara y posiblemente menos precisa. Esto también puede impedir el uso de juntas esféricas (que pueden presentar una fuerza de atracción muy baja dentro de las limitaciones financieras y/o espaciales aceptables), pero pueden proporcionarse y usarse fácilmente juntas de tipo tendón adecuadas.

40 En la realización de la Fig. 8 también se muestra un diseño diferente de un marco 35 plano, con detectores 33. Adicionalmente, puede observarse una disposición plana de los transmisores 31 sobre el casco 29.

La Fig. 9 muestra una vista en sección transversal de una junta esférica 41 regular, que comprende una bola 43 que se recibe en un receptáculo 45 coincidente. La bola 43 está conectada o puede conectarse con un objeto adicional, con un vástago roscado 47. Un anillo 49 mantiene la bola 43 en posición en el receptáculo 45.

45 Las Figs. 10A y 10B indican juntas esféricas 51 ejemplares para su uso a modo de articulación mejorada 21, en una vista en perspectiva (Fig. 10A) y en una vista en sección transversal (Fig. 10B), que comprende una bola 53 recibida en un receptáculo 55 coincidente. La bola 53 está conectada o puede conectarse con un objeto adicional, p. ej. con un vástago roscado 57. Una porción magnética 59, que atrae la bola 53, mantiene la misma en posición en el receptáculo 55.

50 De la comparación de las Figs. 9 y 10B será evidente que la junta esférica magnética 51 tiene una libertad de movimiento significativamente mayor, entre el receptáculo 55 y el vástago roscado 57, que la junta esférica 41 estándar entre el receptáculo 45 y el vástago roscado 47.

55 Las Figs. 11A-14 indican diferentes juntas 61 de tipo tendón para su uso a modo de articulación mejorada 21, que comprende un tendón flexible 63 fijado e interconectado a un primer objeto 65, p. ej. la base 15, y un segundo objeto 67, p. ej. un accionador 19. El tendón 63 puede fijarse de cualquier forma adecuada, p. ej. con una montura 69 de anillo de sujeción. Los tendones 63 de junta de tipo tendón de caucho industrial pueden comprender una tuerca roscada, para enroscar el tendón a un objeto adicional. La Fig. 11B ilustra cómo, si también lo permite la

forma del primer y segundo objetos 65, 67, un tendón suficientemente largo y flexible puede doblarse fácilmente a aproximadamente  $90^\circ$  en cualquier dirección, desde una posición recta, lo que permite una libertad de movimiento sobre un ángulo sólido de sustancialmente  $2\pi$  estereorradianes.

5 La Fig. 12 ilustra esquemáticamente una junta 61 de tendón elástica con un tendón 63 entre dos objetos 65, 67, en forma de un resorte enrollado helicoidalmente. La Fig. 13 ilustra esquemáticamente una junta 61 de tipo tendón elástica con un tendón 63 formado por una barra 71, que tiene unos cortes 73 periódicos tangenciales o radiales en diferentes direcciones a lo largo de la dirección de extensión de la barra 71. En este caso, los cortes 73 se alternan en direcciones que son perpendiculares entre sí. La Fig. 14 ilustra una junta de tipo tendón similar a la de Fig. 13, pero con un tendón tubular 63 que tiene cortes 73 a través de la pared del mismo. Otra realización más (no mostrada) comprende un tendón tubular que tiene una pared de tendón en forma de armónica, con un diámetro oscilante a lo largo de la dirección de extensión del tendón, para impartir flexibilidad y elasticidad al tubo.

10 Una junta 21 de tendón fijada por un extremo a una base 15 o plataforma 17 y por otro extremo a un accionador 19 de husillo puede presentar cierta torsión, dependiendo de la construcción y/o el material del tendón, pero evitará suficientemente la rotación del accionador 19 de husillo con respecto a la base 15 o plataforma 17, para eliminar así la necesidad de medidas adicionales para evitar la rotación no deseada del accionador 19 de husillo con respecto a la base 15 o plataforma 17, y/o del husillo 23 y el tubo 25 entre sí.

15 La invención no está limitada a las realizaciones anteriormente descritas, que pueden variarse de diversas maneras dentro del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, el aparato puede comprender uno o más conectores, lectores, escritores y/o receptores para (conectar con) uno o más medios de almacenamiento (no mostrados), y una memoria para proporcionar y/o almacenar datos, y/o un programa para su uso por parte del controlador y/o la programación del mismo.

20 El aparato puede comprender una interfaz de usuario con la que un/a usuario/a, p. ej. un/una terapeuta, puede adaptar y/o programar una secuencia de maniobra y almacenarla en la memoria. Por ejemplo, juntando secuencias de maniobras almacenadas en una trayectoria deseada, o programando una trayectoria repetitiva con una mayor amplitud de movimiento (por ejemplo, ángulo de flexión, traslación coronal, etc.) y/o velocidad por repetición. Los datos de las maniobras y trayectorias de tratamiento registradas y/o porciones de código de software, para su ejecución por un aparato 1, pueden proporcionarse y/o venderse en medios de almacenamiento adecuados.

25 Pueden proporcionarse diferentes objetos para que se los ponga el/la paciente, separados o como un kit con un manipulador y/o un soporte, p. ej. cascos de diferentes tamaños, para dar cabida a diferentes tamaños de paciente, aficciones y/o preferencias del usuario, y/o como piezas de reemplazo.

30 El primer soporte y al menos parte de un segundo soporte pueden estar interconectados de forma móvil, como se indica en la Fig. 7.

35 El procedimiento puede comprender posicionar y/u orientar la parte corporal y/o una porción del aparato, p. ej. el soporte, en una o más posiciones y/u orientaciones predeterminadas, con fines de referencia, aumentando la fiabilidad de la determinación y/o la maniobra. Esto puede comprender regresar repetidamente a una posición inicial.

Los elementos y aspectos analizados para una realización particular, o en relación con la misma, pueden combinarse adecuadamente con elementos y aspectos de otras realizaciones, a menos que se indique explícitamente lo contrario.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato (1) para tratar una parte corporal (5) de un paciente (3), que comprende:

un soporte (7) para soportar y sujetar al menos parcialmente la parte corporal (5) del paciente (3), y un manipulador (11) conectado al soporte para soportar y maniobrar el soporte;  
 5 en el que el manipulador comprende un dispositivo (13) de articulación en paralelo; comprendiendo el aparato una primera porción (29) y una segunda porción (35), en el que la primera o la segunda porción comprende un objeto (29) que puede ponerse en la parte corporal, tal como un casco, una montura de gafas, un equipo para la cabeza, una correa para la muñeca, etc.;

10 en el que una de la primera y segunda porciones comprende una pluralidad (31A, 31B, 31C) de fuentes para emitir una señal, y la otra de la primera y segunda porciones comprende una pluralidad (33A, 33B, 33C) de detectores para detectar al menos una porción de la señal, y/o una de la primera y segunda porciones comprende al menos un inclinómetro y/o un giroscopio y al menos una fuente de señales o, respectivamente, un detector y la otra de la primera y segunda porciones comprende una pluralidad de detectores o, respectivamente, fuentes de señales,  
 15 en el que cada señal emitida desde una fuente y detectada por un detector presenta un tiempo de desplazamiento de la señal, entre la fuente y el detector respectivos;

**caracterizado porque** el aparato comprende un controlador (27), configurado para determinar una pluralidad de tiempos de desplazamiento de señal entre al menos algunas de las fuentes y al menos algunos de los detectores, y/o, respectivamente,  
 20 una pluralidad de tiempos de desplazamiento de señal entre la al menos una fuente o detector de señales y la pluralidad de detectores o fuentes de señales, y para determinar, basándose en la pluralidad determinada de tiempos de desplazamiento de señal y los datos de medición del inclinómetro y/o el giroscopio, cuando sea aplicable, la posición y la orientación espaciales de la primera y segunda porciones, en relación mutua,  
 25 en el que el aparato está configurado adicionalmente para almacenar en una memoria (37) información que comprenda una pluralidad de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas de la primera porción (29) y la segunda porción (35), en relación mutua, y en el que el aparato comprende un controlador (27), configurado para leer al menos parte de la información almacenada en la memoria (37),  
 30 para definir al menos una primera secuencia de maniobra de la parte corporal (5), en función de la información almacenada en la memoria, y para controlar el aparato (1) para operar el manipulador (11), para maniobrar el soporte (7) de tal manera que, cuando la parte corporal esté situada apropiadamente sobre el soporte, y posiblemente sujeta por el mismo, pueda maniobrarse de acuerdo con al menos la primera secuencia de maniobra.

35 2. El aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos uno de la pluralidad de fuentes y el transmisor de señales está configurado para emitir al mismo tiempo una primera señal y una segunda señal, siendo la primera señal una señal relativamente lenta, ventajosamente una señal de ultrasonidos, y siendo la segunda señal una señal relativamente rápida en comparación con la primera señal, p. ej. una señal eléctrica, radiográfica y/u óptica.

40 3. El aparato (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la primera o la segunda porción (29) comprende un equipo para la cabeza (29) que comprende una fuente de señales y un inclinómetro y/o un giroscopio, y/o que comprende una pluralidad de fuentes (31A, 31B, 31C) de señal de ultrasonidos.

45 4. El aparato (1) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende la memoria (37) para almacenar una pluralidad de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas de la primera porción (29) y la segunda porción (35), en relación mutua.

5. El aparato (1) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la información almacenada en la memoria comprende marcas temporales correspondientes a al menos algunas de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas.

50 6. El aparato (1) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el manipulador comprende un dispositivo (13) de articulación en paralelo, que comprende una pluralidad de accionadores lineales (19) interconectados de manera articulada; en el que el dispositivo (13) de articulación en paralelo comprende una plataforma Stewart (13), y en el que el dispositivo (11) de articulación en paralelo comprende preferiblemente al menos una articulación (21), que comprende una junta (61) de tipo tendón preferiblemente elástica o una junta esférica magnética (51).

55 7. El aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que al menos uno de dichos accionadores lineales (19) comprende al menos un accionador de husillo.

8. El aparato (1) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el aparato comprende al menos uno de un servomotor o motor paso a paso, configurado para operar al menos uno de los accionadores lineales (19).

9. El aparato (1) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el aparato está dispuesto para maniobrar de manera controlable el soporte en seis grados de libertad, y según un ángulo sólido abarcado por ángulos planos ( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\rho$ ) en direcciones mutuamente perpendiculares de aproximadamente ( $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ).

10. El aparato (1) de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente un segundo soporte (9) para soportar al menos otra parte corporal (6) de un paciente.

11. Procedimiento de operación de un aparato (1) de fisioterapia, p. ej. el aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que el aparato comprende un primer objeto (29) y un segundo objeto (35), en el que el primero o el segundo objeto (29) puede ponerse en la parte corporal, p. ej. un casco, una montura de gafas, un equipo para la cabeza, una correa de muñeca, etc., en el que el primer objeto (29) comprende una pluralidad de fuentes (31A, 31B, 31C) de señales de ultrasonidos y el segundo objeto (35) comprende una pluralidad de detectores (33A, 33B, 33C) de señales de ultrasonidos, para detectar una señal de las fuentes de señales; comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- a) emitir una señal de ultrasonidos desde al menos una fuente de señales, de la pluralidad de fuentes de señales, y
- b) detectar la señal de ultrasonidos con al menos un detector de la pluralidad de detectores de señales, de modo que se defina un tiempo de desplazamiento de señal entre la fuente y el detector respectivos, para cada señal de ultrasonidos emitida desde una de las fuentes y detectada por uno de los detectores;
- c) determinar una pluralidad de tiempos de desplazamiento de señal de al menos una de una señal de ultrasonidos predeterminada, desde una fuente a múltiples detectores y una señal de ultrasonidos predeterminada, desde varias fuentes a un detector;
- d) determinar, basándose en los múltiples tiempos de desplazamiento de señal determinados, al menos uno de la posición de la fuente con respecto a los múltiples detectores, y, respectivamente, la posición del detector con respecto a las múltiples fuentes;
- e) repetir las etapas del procedimiento de emitir y detectar una señal, determinar los tiempos de desplazamiento de señal y determinar las posiciones relativas, con diferentes combinaciones de fuentes y detectores, o determinar un ángulo de rotación y/o inclinación con el inclinómetro y/o giroscopio, cuando sea aplicable;
- f) determinar con un controlador (27), a partir de las posiciones relativas determinadas, y los ángulos de rotación y/o inclinación cuando sea aplicable, la posición y orientación espaciales del primer y segundo objetos entre sí.

12. Procedimiento de operación de un aparato (1) de fisioterapia, p. ej. el aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el aparato comprende un primer objeto (29) y un segundo objeto (35), en el que el primero o el segundo objeto (29) puede ponerse en la parte corporal, p. ej. un casco, una montura de gafas, un equipo para la cabeza, una correa de muñeca, etc., en el que el primer objeto (29) comprende al menos una fuente (31A, 31B, 31C) de señales de ultrasonidos y/o al menos un detector de señales de ultrasonidos, y el segundo objeto (35) comprende una pluralidad de fuentes (31A, 31B, 31C) de señales de ultrasonidos y una pluralidad de detectores (33A, 33B, 33C) de señales de ultrasonidos, para detectar una señal de las fuentes de señales;

y en el que el primer objeto comprende un transmisor de señales y al menos un inclinómetro y/o un giroscopio; comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- a) emitir una señal de ultrasonidos desde al menos una fuente de señales, sobre el primer objeto o el segundo objeto, y
- b) detectar la señal de ultrasonidos con al menos un detector sobre el segundo objeto y el primer objeto, respectivamente, de modo que se defina un tiempo de desplazamiento de señal entre la fuente y el detector respectivos, para cada señal de ultrasonidos emitida desde una de las fuentes y detectada por uno de los detectores;
- c) determinar una pluralidad de tiempos de desplazamiento de señal de al menos una de una señal de ultrasonidos predeterminada, desde una fuente a múltiples detectores y una señal de ultrasonidos predeterminada, desde varias fuentes a un detector;
- d) determinar, basándose en los múltiples tiempos de desplazamiento de señal determinados, al menos uno de la posición de la fuente con respecto a los múltiples detectores, y, respectivamente, la posición del detector con respecto a las múltiples fuentes;
- e1) repetir las etapas del procedimiento de emitir y detectar una señal, determinar los tiempos de desplazamiento de señal, y determinar las posiciones relativas, con diferentes combinaciones de fuentes y detectores, cuando corresponda, y/o
- e2) determinar un ángulo de rotación y/o inclinación con el inclinómetro y/o giroscopio;
- f) determinar con un controlador (27), a partir de las posiciones relativas determinadas, y los ángulos de rotación y/o inclinación cuando sea aplicable, la posición y orientación espaciales del primer y segundo objetos entre sí.

13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 y/o 12, que comprende las etapas adicionales de

g) repetir las etapas a-f del procedimiento de la reivindicación 12;

h) almacenar en una memoria (37) las posiciones y orientaciones espaciales determinadas del primer y segundo objetos, en relación mutua;

5 i) definir al menos una primera secuencia de maniobra de una parte corporal (5), en función de al menos parte de las posiciones y orientaciones espaciales determinadas del primer y segundo objetos, almacenadas en la memoria (37); y

10 j) operar al menos parte de un manipulador (11) para maniobrar un soporte (7) de tal manera que, cuando la parte corporal esté apropiadamente soportada y sujeta por el soporte, pueda maniobrarse de acuerdo con al menos parte de la primera secuencia de maniobra.

14. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende la etapa adicional de maniobrar una de la primera y segunda porciones, la una con respecto a la otra, durante la etapa g.

15 Un medio de almacenamiento **caracterizado porque** comprende porciones de código de software, las cuales, al ser ejecutadas por un controlador (27) configurado para controlar un aparato (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10,

llevan a cabo un procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 11-14 y/o operan al menos parte del manipulador (11) en una secuencia predeterminada de etapas, para maniobrar el soporte (7) del aparato de acuerdo con al menos una secuencia de maniobra, en particular para tratar una parte corporal (5) de un paciente (3).

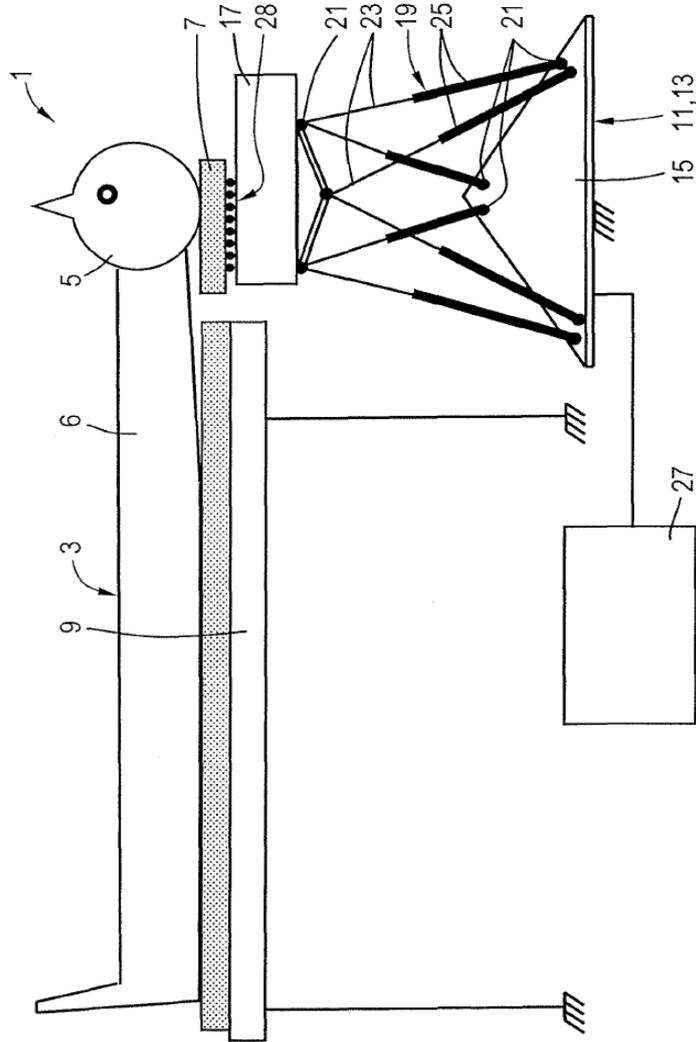
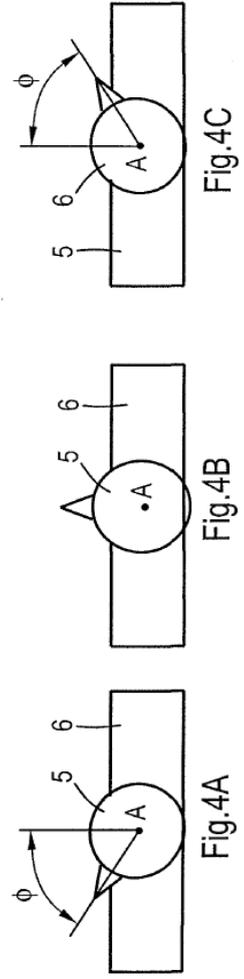
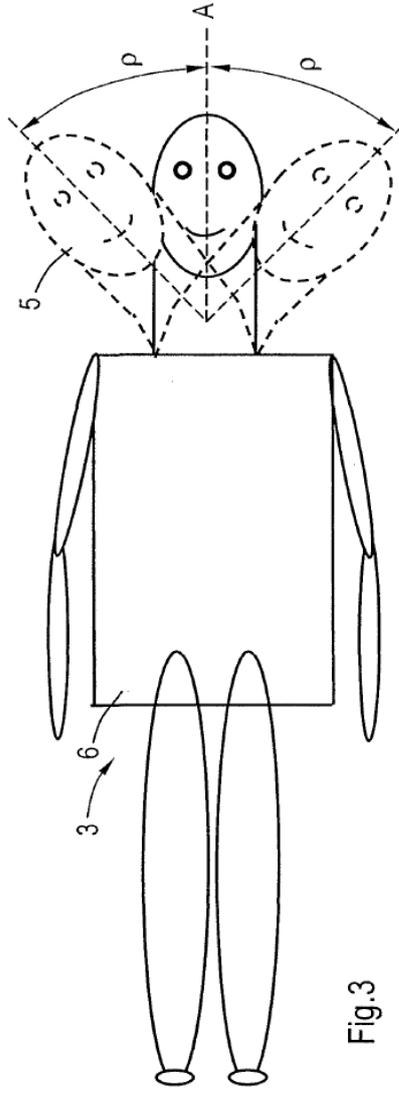
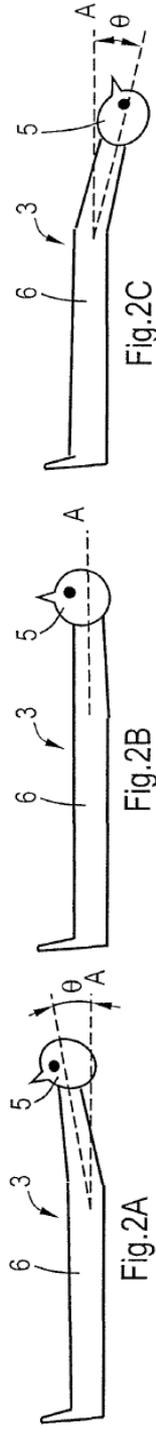


Fig.1



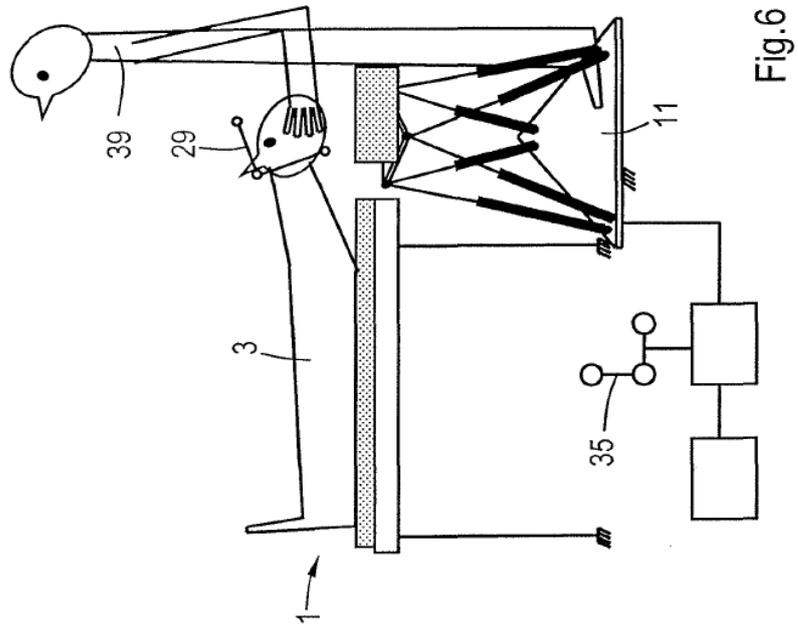


Fig. 6

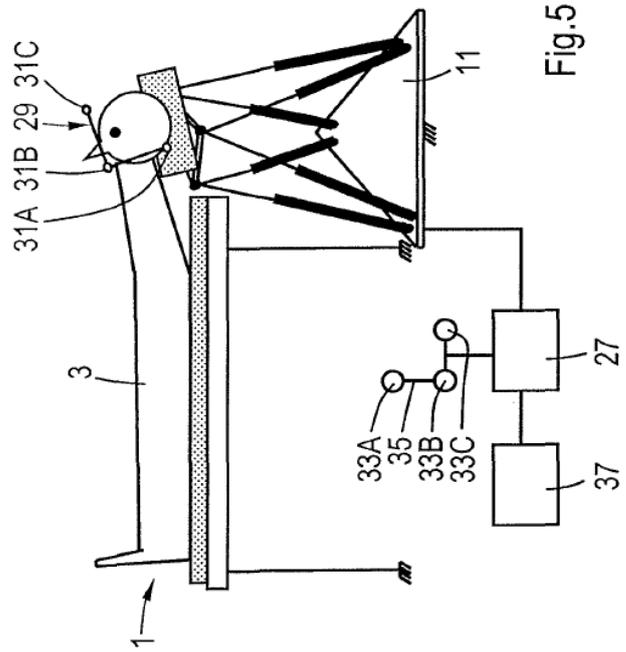
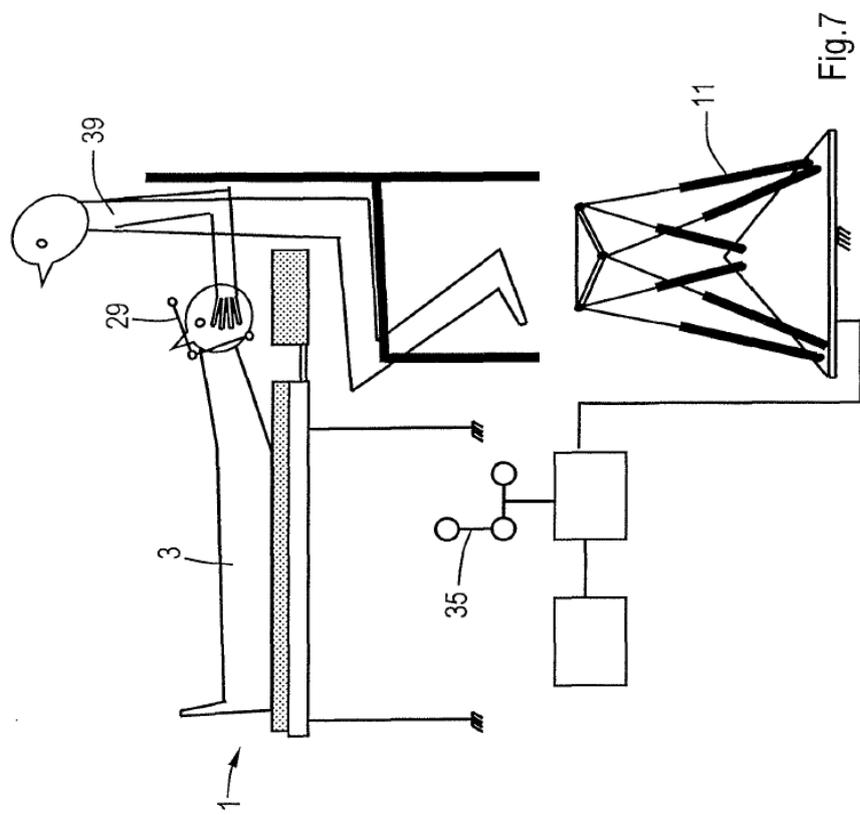


Fig. 5



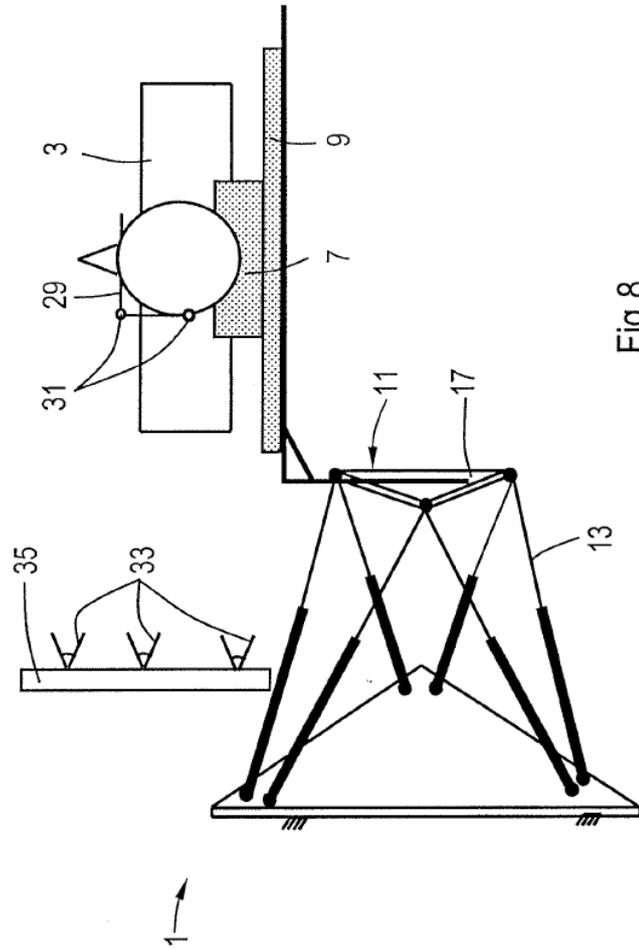


Fig.8

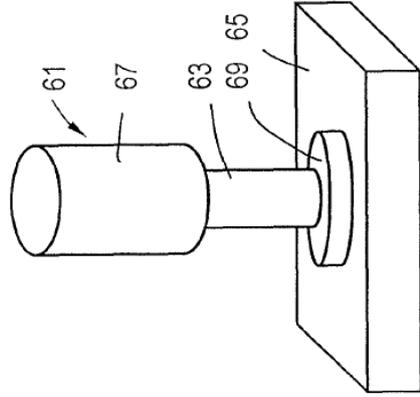


Fig. 11A

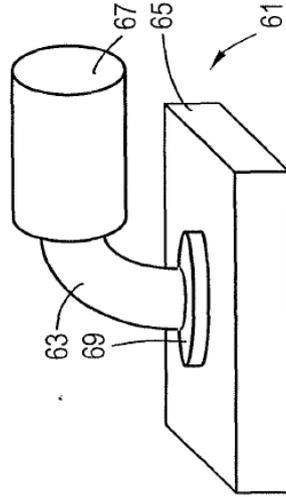


Fig. 11B

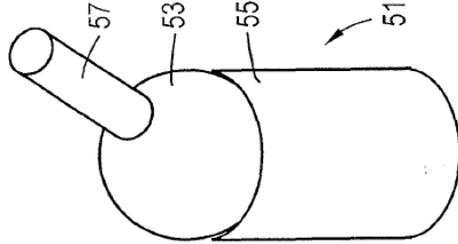


Fig. 10A

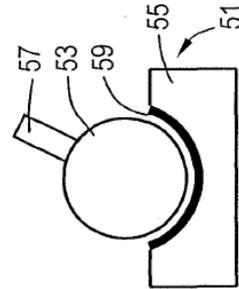


Fig. 10B

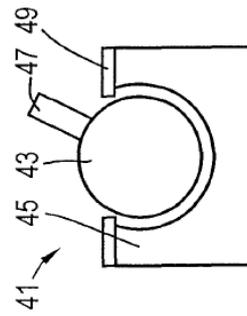


Fig. 9

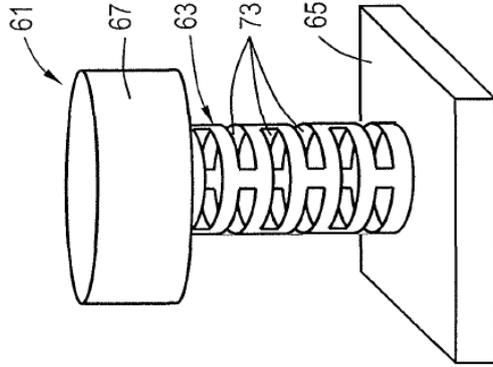


Fig. 14

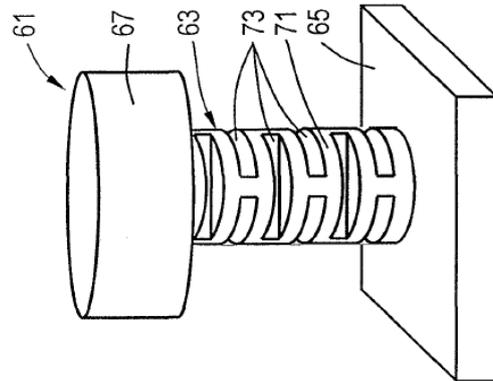


Fig. 13

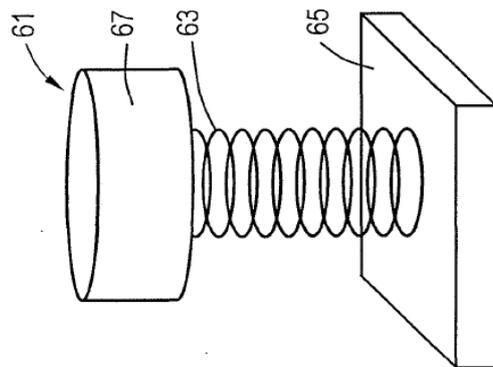


Fig. 12