



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 304 386**

(51) Int. Cl.:
A63B 26/00 (2006.01)
A61B 5/103 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **01940237 .9**
(86) Fecha de presentación : **12.06.2001**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1305087**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **02.05.2003**

(54) Título: **Dispositivo de reaprendizaje del equilibrio.**

(30) Prioridad: **14.06.2000 DK 2000 00913**
22.09.2000 DK 2000 01404
14.12.2000 DK 2000 01876
14.03.2001 DK 2001 00431

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2008

(73) Titular/es: **medica Medizintechnik GmbH**
Blumenweg 8
88454 Hochdorf, DE

(72) Inventor/es: **Matjacic, Zlatko y**
Sinkjaer, Thomas

(74) Agente: **Tomás Gil, Tesifonte Enrique**

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

Dispositivo de reaprendizaje del equilibrio.

5 La presente invención se refiere a un aparato de aprendizaje del equilibrio que es adecuado para soportar individuos con una capacidad reducida de mantenimiento del equilibrio mientras que se mantiene de pie para fines de reaprendizaje, comprendiendo medios para la incitación de un usuario hacia una posición vertical cuando se desvía desde esa posición en un plano frontal así como en un plano sagital del individuo. El aparato comprende un sistema de resorte variable que combina una articulación de 2 grados de libertad con dichos medios de incitación en un único elemento
10 en una construcción simple y ventajosa.

La presente invención se refiere también a un aparato de aprendizaje del equilibrio comprendiendo medios regulables de soporte de las rodillas dispuestos para soportar el lado frontal del extremo superior de las espinillas y siguiendo los movimientos del individuo en dichos dos planos, para ayudar a los músculos extensores de la rodilla para fines de reaprendizaje.
15

Introducción

20 El aprendizaje del equilibrio sobre los pies es un procedimiento terapéutico crucial en la rehabilitación de individuos con daños neurológicos. Conceptos modernos de rehabilitación neurológica favorecen la terapia orientada a esta tarea, en la cual se necesita practicar el equilibrio para volver a aprender a tenerse en equilibrio.

Varios trastornos neuromusculares reducen la capacidad de un individuo discapacitado para mantener eficazmente el equilibrio mientras que se tiene de pie. Los individuos discapacitados pueden ser clasificados en dos grupos según sus capacidades de equilibrio residual. El primer grupo está compuesto de sujetos con capacidad reducida (p. ej. hemiparesis, paraparesis y tetraparesis), mientras que el segundo grupo se caracteriza por una degradación severa (hemiplejía) o pérdida completa de la capacidad de equilibrio (paraplejía y tetraplejía).
25

El objetivo de la rehabilitación neurológica para el grupo de individuos con capacidad de equilibrio reducida es reenseñar al sistema nervioso periférico y central residual para que desarrolle estrategias de movimiento alternativas necesarias para coordinar el comportamiento motor tan eficazmente como sea posible dentro de las limitaciones planteadas por la lesión. Se han desarrollado distintos métodos que facilitan el proceso de reaprendizaje del equilibrio. Las técnicas comunes incluyen el uso de movimientos de plataforma oscilatoria mientras que el individuo discapacitado se tiene de pie en la plataforma, o proporcionar biorretroinformación (biofeedback) sobre la distribución del peso. Ambos
30 métodos pretenden mejorar la capacidad de equilibrio en los individuos discapacitados. No obstante, estos métodos deberían ser aplicados con precaución puesto que los sujetos se exponen a situaciones de desestabilización. Hay un problema inherente para proteger al sujeto de caídas, que debe ser resuelto para garantizar la seguridad. Desafortunadamente, las implementaciones de seguridad a su vez plantean una limitación significativa en los resultados de un proceso de aprendizaje.
35

Tales métodos no pueden ser aplicados al grupo de individuos seriamente discapacitados puesto que ellos son incapaces de mantenerse de pie sin asistencia. Consecuentemente, ellos están frecuentemente limitados a una posición sentada, que puede suponer varias complicaciones médicas que requieren un tratamiento médico profesional prolongado y caro. Un método de terapia común para el segundo grupo es el mantenimiento de pie pasivo en estructuras de mantenimiento de pie rígidas o tablas basculantes. Estas terapias son más bien estáticas y por lo tanto una tienen una actividad poco atractiva puesto que éstas no requieren un grado suficiente de implicación cognitiva.
40

Un dispositivo conocido, descrito en MatjaČić y Sinkjær: A Mechanical Apparatus for Arm-Free Therapeutical Paraplegic Standing, Proc. of the International Biomechanics Workshop, Abril 1999, Enchede, Holanda y en MatjaČić Sinkjær y Johannesen: Unsupported Standing after Spinal Cord Injury, Proc. of the 4th Annual Conference of the International Functional Electrical Stimulation Society, Agosto 1999, Sendai, Japón, proporciona un individuo discapacitado con un entorno de equilibrio anticaídas, donde los esfuerzos de equilibrio de un individuo que se mantiene de pie son aumentados para estabilizar las fuerzas que actúan a nivel de la pelvis en los planos de movimiento sagitales y frontales, ayudando a la actividad de equilibrio de los músculos del tobillo (plano sagital) y de los músculos del tobillo y de la cadera (plano frontal). Los medios de incitación descritos comprenden dos motores hidráulicos que pueden ser usados para incitar activamente un usuario en una dirección o pueden ser usados para suministrar un efecto elástico, descrito como siendo equivalente a un efecto de resorte pasivo. No obstante, un sistema de motores hidráulicos es caro de producir, complejo de poner en funcionamiento y requiere un mantenimiento frecuente para funcionar de forma adecuada. Además, este sistema es más bien consumidor de espacio y es al fin y al cabo adecuado sólo para fines experimentales en un contexto científico y no es adecuado para el uso en el aprendizaje para rehabilitación en clínicas y en particular no es adecuado para el uso en casa de los individuos que necesiten aprendizaje.
45
50
55
60

Otro dispositivo, más distante de la presente invención, se describe en Godall *et al.*: Enhancing postural stability in hemiplegic using externally applied forces, Int. Journal of Rehabilitation, 1985 y en Wing, Allison y Jenner: Retraining and retaining balance after stroke, Baillière's Clinical Neurology, Vol. 2, No. 1, abril 1993, donde el individuo es soportado por una correa a nivel de la cadera sobre la cual dos accionadores actúan en un plano horizontal en direcciones perpendiculares de modo que el individuo puede ser soportado y al mismo tiempo puede ser empujado o alterado
65

a propósito para fines de aprendizaje y de evaluación. Este dispositivo tiene los mismos inconvenientes que los arriba discutidos y están destinados principalmente a fines científicos.

Es por lo tanto un objeto de la presente invención el hecho de proporcionar un aparato de aprendizaje del equilibrio que sea adecuado para soportar individuos con una capacidad reducida para mantener el equilibrio mientras que se mantienen de pie para fines de reaprendizaje, comprendiendo medios para incitar a un usuario hacia una posición vertical desviándolo desde esta posición hasta un plano frontal así como en un plano sagital del individuo donde los medios de incitación son de construcción simple y poco costosa.

Durante el uso del dispositivo, puede ser necesario mantener las rodillas del usuario extendidas, el individuo estando de pie, si el individuo no es capaz de hacerlo por sí mismo. Esto sucede con la técnica anterior discutida arriba obtenida mediante refuerzos rígidos de plástico. Una pieza alternativa del equipamiento es una barra transversal rígida que conecta las dos barras verticales de un dispositivo similar y que soporta los individuos en la parte frontal debajo de las rodillas para mantener las rodillas en una extensión completa como se describe en Matjačić y Bajd: Arm-Free Paraplegic Standing - Part II: Experimental Results, IEEE Trans. on Rehabilitation Eng., Vol. 6, No.2, junio 1998. El aprendizaje de la función de los músculos que controlan las rodillas tiene que ser realizado, con los dispositivos conocidos, con otros medios. Se ha descubierto que una mejora sorprendente del aprendizaje del equilibrio puede ser obtenida soportando las rodillas de los individuos en una posición extendida de una manera compatible mediante unos medios de soporte dispuestos para soportar el lado frontal de ambas piernas del individuo cerca de un extremo superior de las espinillas, cuando los medios de soporte de las rodillas están dispuestos para seguir los movimientos del usuario en el plano frontal así como en el plano sagital. De ese modo, el individuo puede durante el aprendizaje del equilibrio aumentar el aprendizaje del equilibrio sobre el eje vertical postural que es controlado principalmente por las articulaciones de la rodilla.

Sistemas de retroacción para proporcionar al individuo información sobre su inclinación desde la vertical son conocidos, p. ej. a partir de la arriba mencionada Matjačić y Bajd: Arm-Free Paraplegic Standing - Part II: Experimental Results, IEEE Trans. on Rehabilitation Eng., Vol. 6, No. 2, junio 1998, donde se prevé una señal de audio que indica la inclinación en el plano sagital y un sistema de retroacción visual que indica la inclinación en ambos planos para los fines de aprendizaje está descrito en Nichols: Balance Retraining After Stroke Using Force Platform Biofeedback, Physical Therapy, Vol. 77, No. 5, mayo 1997. El programa de aprendizaje descrito en este artículo está destinado para el uso con una plataforma de fuerza sobre la cual el individuo que debe ser enseñado está erguido pero tales programas informáticos pueden también ser usados con el aparato de la presente invención. Un sistema de aprendizaje por ordenador preferido está descrito a continuación donde se incluyen varias mejoras, en particular la introducción de una "zona muerta", una gama de inclinación alrededor de la posición vertical donde el cursor en la pantalla de salida visual presentada al individuo no se mueve, de manera que el individuo es forzado a moverse a inclinaciones más altas que la zona muerta para activar el ordenador y para usar el aparato de aprendizaje p. ej. como un dispositivo de puntero de ordenador.

Breve descripción de la invención

El objetivo anterior de la invención es alcanzado integrando la conexión entre la base y la barra vertical y los medios de incitación para evitar que el usuario se caiga. Así la presente invención se refiere a un aparato de aprendizaje del equilibrio comprendiendo

dos barras verticales de soporte, cada una conectada por un extremo inferior a una base mediante una articulación que tiene dos grados de libertad,

unos medios de refuerzo adecuados para soportar la pelvis de un usuario erguido entre las dos barras verticales de soporte, los medios de refuerzo estando conectados a un extremo superior de cada una de las barras verticales de soporte por una conexión con un grado de libertad que permite el movimiento mutuo entre los medios de refuerzo y las barras verticales en el plano de las dos barras verticales,

unos medios de incitación para incitar al usuario hacia una posición vertical desviándolo desde allí en un plano frontal al igual que en un plano sagital del usuario, donde al menos una de las barras verticales tiene una parte inferior elástica que conecta una parte superior rígida de la barra a la base y que constituye la conexión entre ambas al igual que constituye los medios de incitación, y el aparato además comprende

unos medios de ajuste para ajustar la rigidez de la parte inferior elástica.

Integrando la articulación y los medios de incitación que utilizan una parte elástica de al menos una de las barras verticales resulta que la construcción es simplificada y puede hacerse fácilmente de forma poco costosa y con requisitos de bajo mantenimiento. Es suficiente que una de las barras tenga la parte elástica, pero se prefiere por cuestiones de simetría de fuerzas que cada una de las dos barras verticales tenga una parte inferior elástica que conecta una parte superior rígida de la barra a la base y que constituye la conexión entre ambas al igual que constituye los medios de incitación.

ES 2 304 386 T3

La parte elástica puede estar hecha de p. ej. caucho natural o sintético, de resortes planos etc., pero se ha descubierto que es más adecuado que la parte elástica esté constituida por un resorte helicoidal vertical sin mantenimiento alguno, poco costoso y que pueda encontrarse listo para el uso con las propiedades elásticas adecuadas.

5 Es también preferido que el aparato además comprenda limitadores para limitar el ángulo de inclinación vertical para cada una de las barras verticales de modo que los usuarios no se arriesguen a alcanzar posiciones demasiado extremas y que el aparato entero no se vuelque como resultado de ello.

10 Una manera preferida de ajustar la rigidez de la parte inferior elástica es emplear medios de ajuste que pueden ajustar la longitud eficaz de las partes inferiores elásticas. Esto puede ser conseguido p. ej. desplazando una barra verticalmente dentro de un resorte helicoidal que constituye la parte elástica, pero se prefiere que los medios de ajuste para cada barra vertical comprendan un forro externo dispuesto alrededor de la parte elástica con una superficie interna vertical del forro ajustándose alrededor del lado externo de la parte elástica, el forro siendo desplazable verticalmente de manera que la longitud eficaz de la parte elástica sea ajustada de ese modo. Para este tipo de disposición, los 15 limitadores pueden preferiblemente ser conectados a los forros de modo que éstos sean desplazados juntos con ellos y que definan las aberturas circulares a través de las cuales pasan las barras verticales.

20 Es también ventajoso que el aparato comprenda medios de bloqueo para bloquear temporalmente cada una de las barras verticales en una posición vertical para el uso cuando los usuarios estén entrando o abandonando el aparato y para bloquear las barras cuando la rigidez de la parte elástica es ajustada. Los medios de bloqueo pueden ser conectados al forro descrito anteriormente y ser desplazados junto con el mismo.

25 Es una ventaja, para el soporte de usuarios que no tienen la capacidad de mantener las rodillas extendidas, el hecho de que el aparato además comprende unos medios de soporte de las rodillas dispuestos para sostener el lado frontal de ambas piernas del usuario cerca de un extremo superior de las espinillas, los medios de soporte de las rodillas estando dispuestos para seguir los movimientos del usuario en el plano frontal así como en el plano sagital. Es además para los fines del aprendizaje de las rodillas como se ha mencionado anteriormente una ventaja el hecho de que los medios de soporte de las rodillas sean compatibles. Es también otra ventaja que la regulación de los medios de soporte de las rodillas es ajustable.

30 Es además ventajoso que los medios de soporte de las rodillas estén conectados al menos a una de las barras verticales.

35 Es también preferido que el aparato comprenda medios sensores para medir la inclinación del plano frontal así como en el plano sagital de las barras verticales y para producir una salida en consecuencia de modo que un sistema de evaluación y/o de retroalimentación puede ser establecido.

Breve descripción de las figuras

40 Una forma de realización preferida de la presente invención está ilustrada con las figuras anexas de las cuales

Fig. 1 es una vista en perspectiva del aparato completo con el soporte de base y un individuo situado en el aparato,

45 Fig. 2 muestra el aparato de la Fig. 1 como se ha visto lateralmente, donde el individuo se está inclinando hacia adelante en el plano sagital,

Fig. 3 muestra el aparato de Fig. 1 como se ha visto frontalmente, donde el individuo se está inclinando en el plano frontal,

50 Fig. 4 muestra el aparato de la Fig. 1 como se ha visto lateralmente, donde el individuo se está inclinando hacia adelante en el plano sagital y al mismo tiempo está flexionando las rodillas, con el cual el soporte de la rodilla entra en acción,

55 Fig. 5 muestra la parte inferior de una barra vertical como se ha visto lateralmente con los medios de bloqueo en una posición bloqueada,

Fig. 6 muestra los medios de bloqueo de Fig. 5 como se ha visto arriba,

60 Fig. 7 muestra la parte inferior de una barra vertical como se ha visto lateralmente con los medios de bloqueo en una posición desbloqueada y la parte superior de la barra en una posición inclinada,

Fig. 8 muestra los medios de bloqueo de Fig. 7 como se ha visto arriba,

65 Fig. 9 muestra una sección vertical de la parte inferior de una barra vertical como se ha visto lateralmente con los medios de bloqueo en una posición bloqueada,

Fig. 10 muestra una sección vertical de la parte inferior de una barra vertical como se ha visto lateralmente con los medios de bloqueo en una posición desbloqueada y la parte superior de la barra en una posición inclinada,

Fig. 11 muestra una sección vertical como en la Fig. 10 donde el cilindro de ajuste es ajustado hacia arriba para proporcionar mayor rigidez,

Fig. 12 muestra una sección vertical en el plano sagital de la parte inferior de una barra vertical que revela el sensor de inclinación para el plano frontal,

Fig. 13 muestra la sección de la Fig. 12 donde la parte superior de la barra es inclinada en el plano sagital,

Fig. 14 muestra una sección vertical en el plano frontal de la parte inferior de una barra vertical que revela el sensor de inclinación para el plano frontal, donde la parte superior de la barra está inclinada en el plano frontal,

Fig. 15 es una representación esquemática de la conexión de los sensores y del ordenador personal,

Fig. 16 son diagramas de la zona de insensibilidad y de las velocidades del ratón como función de la inclinación en los planos frontal y sagital para el uso con el aprendizaje por ordenador, y

Fig. 17 A-D muestra cuatro dibujos de la pantalla del programa de aprendizaje por ordenador.

Descripción detallada de la forma de realización

La presente invención aquí descrita proporciona un individuo discapacitado con un entorno de equilibrio anticáidas, donde los esfuerzos de equilibrio de un individuo que se mantiene de pie son aumentados estabilizando las fuerzas que actúan a nivel de la pelvis en los planos sagitales y frontales del movimiento, ayudando a la actividad de equilibrio de los músculos del tobillo (plano sagital) y de los músculos del tobillo y de la cadera (plano frontal) y a nivel de las espinillas, ayudando a los músculos extensores de las rodillas. El nivel de las fuerzas de soporte puede ser variado hasta el nivel en el que el sujeto que se mantiene de pie no necesita ninguna actividad de equilibrio. Además, el movimiento en los planos sagitales y frontales, adquiridos por transductores, es alimentado a una interfaz electrónica que transforma las inclinaciones corrientes en señales del ratón de ordenador, de la palanca de mando o de un dispositivo de puntero similares que están interconectadas con un ordenador personal (PC). De esta manera, un sujeto que se mantiene de pie, cambiando voluntariamente la postura en los planos sagitales y frontales, puede controlar varias aplicaciones del software que se está ejecutando en el PC. Además, un programa de aprendizaje del equilibrio avanzado y de evaluación está descrito, el cual está diseñado para facilitar y evaluar el equilibrio en toda la gama del espacio postural antero-posterior y medio-lateral de una forma gradual y sistemática, permitiendo así un programa uniforme de neuro-rehabilitación y una evaluación objetiva de las capacidades de equilibrio de un sujeto que se mantiene de pie.

La Fig. 1 muestra un dibujo esquemático del aparato 1 y un individuo 2 que se mantiene de pie en el mismo. El aparato consiste en el soporte de base 3, dos sistemas de resorte variables de dos grados de libertad 4 con una rigidez ajustable de hasta p. ej. 15 Nm/grados, dos articulaciones de un grado de libertad 5, dos barras verticales de soporte 6 de altura ajustable, un sistema de refuerzo de tamaño ajustable 7, una banda regulable de rigidez ajustable 8, un tope del talón 9 y dos limitadores del movimiento 10. Ambos sistemas de resorte variables de 2 grados de libertad 4, con rigidez ajustable, están montados en el soporte de base 3 y están unidos a las articulaciones 5 de un grado de libertad por las barras verticales de soporte 6. Una persona 2 se mantiene de pie en la placa 3 con los talones colocados delante del tope del talón 9, con la pelvis soportada por el sistema de refuerzo 7 y las espinillas soportadas por la banda regulable ajustable 8. El aparato 1 tiene los siguientes tres grados de libertad como se muestra en las Figs. 2-4:

1. La inclinación en el plano sagital como está ilustrado en la Fig. 2, donde la inclinación está limitada mecánicamente a, p. ej., ± 15 grados mediante limitadores del movimiento.

2. La inclinación en el plano frontal como está ilustrado en la Fig. 3, donde la inclinación está limitada mecánicamente a p. ej., ± 15 grados mediante limitadores de movimiento.

3. La flexión de la rodilla como está ilustrado en la Fig. 4, donde la inclinación está limitada mecánicamente a p. ej., 15 grados mediante unos cables rígidos aflojados incorporados en la banda ajustable regulable.

El sistema de resorte variable 4 y las características y funciones están mostradas con detalle en las Figs. 5-14. La Fig. 5 muestra la parte inferior de una barra vertical con el sistema de resorte variable de 2 grados de libertad 4 como se ha visto lateralmente. Consiste en un cilindro de base 11 conectado al soporte de base 3, un resorte helicoidal 12 conectado por el extremo inferior al soporte de base 3 y por el extremo superior a una parte rígida 13 de la barra vertical 6, un cilindro de ajuste 14 que es un forro externo alrededor del resorte 12 con una superficie interna que se ajusta al lado externo del resorte 12. El cilindro de ajuste 14 está acoplado de forma enroscada con el cilindro de base 11 y puede ser desplazado verticalmente por rotación. En lo alto del cilindro de ajuste 14 hay un separador 15 para crear una distancia vertical entre el borde superior 16 del cilindro de ajuste 14, sobre dicho borde 16 el resorte 12 puede plegarse, y el limitador 10 tiene una abertura circular 17 a través de la cual pasa la parte rígida 13 de la barra vertical 6. Un par de placas de bloqueo 18 está enganchado al limitador 10 y puede ser accionado entre una posición bloqueada como se muestra en las Figs. 5 y 6 donde las dos aberturas semicirculares en las placas 18 bloquean la barra 6 en una posición sustancialmente vertical, y una posición desbloqueada como se muestra en las Figs. 7 y 8 donde las placas de bloqueo 18 son apartadas de la barra 6 y le permiten asumir una posición inclinada.

Mediante la rotación del cilindro de ajuste 14, la longitud libre eficaz del resorte 12 puede ser variada, variando así también la rigidez mecánica del sistema de resorte variable de 2 grados de libertad 4. De esta manera, el sistema de resorte variable 4 descrito aquí combina una articulación de 2 grados de libertad y unos medios de incitación para incitar a un usuario 2 hacia una posición vertical desviándolo desde allí en un plano frontal así como en un plano sagital del usuario 2 en un único elemento, que es de bajo coste, de fácil producción y prácticamente sin mantenimiento y muy compacto. Otras funciones, tales como los limitadores 10 para limitar la inclinación de las barras verticales 6 y el mecanismo de bloqueo 18, están fácilmente integradas en el sistema de resorte variable 4 descrito. El mecanismo de bloqueo que consiste en las dos placas de bloqueo 18 enganchadas se usa para estabilizar el aparato de aprendizaje 1 cuando p. ej. un individuo 2 entra o abandona el aparato 1 o cuando la rigidez del sistema de resorte 4 es ajustada girando el cilindro de ajuste 14.

Las secciones verticales del sistema de resorte variable 4 están mostradas en las Figs. 9-11, donde se muestra el doblamiento del resorte 12 y el efecto del desplazamiento vertical del cilindro de ajuste 14. Una sección vertical de la parte inferior de una barra vertical 6 como se ha visto lateralmente está mostrada en la Fig. 9 con los medios de bloqueo 18 en una posición bloqueada y en la Fig. 10 con los medios de bloqueo 18 en una posición desbloqueada y la parte superior rígida 13 de la barra 6 en una posición inclinada. La parte inferior del resorte 12 es soportada en el lado externo por el lado interno del cilindro de ajuste 14 de manera que el resorte 12 sólo se dobla desde el nivel vertical del borde superior 16 del cilindro de ajuste 14. De esta manera, la longitud eficaz del resorte 12 es reducida, de ese modo aumentando la rigidez del sistema de resorte variable 4 en la posición del cilindro de ajuste 14 mostrada en la Fig. 11 en comparación con la posición mostrada en la Fig. 10 debido a la posición vertical más alta del borde superior 16.

Los ángulos corrientes de inclinación de las barras verticales 6 son medidos con dos transductores que proporcionan una salida para el ángulo de inclinación en el plano sagital y frontal, respectivamente. Un transductor que ha sido desarrollado para el propósito y dispuesto para medir la inclinación en el plano frontal está mostrado en las Figs. 12-14 de las cuales las Figs. 12 y 13 son secciones en el plano sagital y la Fig. 14 muestra una sección en el plano frontal. El transductor comprende un dispositivo deslizante 19 que se dispone en una abertura en la parte superior rígida 13 de la barra vertical 6, el dispositivo deslizante 19 siendo deslizable en la dirección longitudinal de la parte superior 13 para compensar el cambio de distancia entre la parte superior 13 durante el cambio en el ángulo de inclinación, y un resistor variable 20, un potenciómetro de ajuste, montado sobre el cilindro de base 11 o el soporte de base 3. El dispositivo deslizante 19 y el resistor variable 20 son conectados con una barra de placa fina 21 siendo mucho más anchos en el plano frontal que en el plano sagital de modo que la barra 21 se doblará como resultado de la inclinación en el plano sagital, como se muestra en la Fig. 13, mientras que una inclinación en el plano frontal supondrá una rotación del perno del resistor variable 20 y por tanto un cambio de su resistencia que puede ser proporcionado como un resultado que es indicativo del ángulo de inclinación en el plano frontal. Un transductor similar está provisto en la otra barra vertical 6 para medir el ángulo de inclinación en el plano sagital.

Las señales de los transductores son conducidas a una interfaz electrónica que transforma ambos ángulos de inclinación del aparato en señales del ratón del ordenador y/o de la palanca de mando, conectadas al puerto del ratón y/o al puerto de juego del ordenador personal, que está esquemáticamente representado en Fig. 15.

La función de la interfaz está representada en dos gráficos en la Fig. 16. En el gráfico izquierdo, el área media cuadrada revela una zona muerta en ambos ángulos de inclinación donde ningún cambio es señalado al ordenador. Esto es equivalente a la salida del ratón del ordenador, que no cambia la posición o al estado del palanca de mando cuando se mantiene en una posición neutra. Una persona que se mantiene de pie en el aparato, se enfrenta con la pantalla de un PC como se muestra en la figura 1. Para mover el cursor en la pantalla en la dirección deseada el sujeto tiene que cambiar la postura en el plano sagital, frontal o en ambos planos simultáneamente. Si la zona muerta se fija en por ejemplo ± 5 grados en ambos planos de movimiento, el sujeto estará realizando el movimiento de tobillo y cadera en una gama de al menos ± 5 grados mientras que intenta mover el cursor en la pantalla o mientras que intenta cambiar el estado del palanca de mando. En el gráfico derecho, se muestra una relación posible entre el ángulo corriente de inclinación en cada plano y la velocidad del cursor que se mueve en la pantalla del ordenador. Puesto que la zona muerta no es sobrepasada la salida de la interfaz no cambia. La cantidad de ángulo que excede de la zona muerta se manifiesta en un aumento lineal de la velocidad del cursor, no obstante otra relación puede ser implementada. Las teclas del ratón pueden ser montadas en el sistema de refuerzo al alcance del sujeto que se mantiene de pie.

Interconectando el aparato con el PC sustituimos el ratón y la palanca de mando, que son entradas predominantes en la mayoría de aplicaciones del ordenador. De esta manera un sujeto que se mantiene de pie ejerce un movimiento beneficioso y un aprendizaje del equilibrio 1) a través del uso del aprendizaje del equilibrio avanzado y software del programa de evaluación descrito abajo, 2) jugando con su juego de ordenador favorito, y/o 3) trabajando con otras aplicaciones del ordenador. Haciendo esto, un sujeto se mantiene en pie interrumpe y restaura su equilibrio con lo que intrínsecamente reenseña al sistema nervioso central y periférico residual y desarrolla estrategias de equilibrio alternativas.

Con una elección adecuada de la rigidez de soporte proporcionada por los sistemas de resorte variables una gran parte de la población que está afectada por varias incapacidades, que les impiden ponerse de pie sin ayuda, podría reaprender sus capacidades de equilibrio.

Aprendizaje del equilibrio avanzado y programa de evaluación

Otro componente ventajoso que puede ser usado con el aparato de la invención al igual que con otros dispositivos de aprendizaje similares es un aprendizaje del equilibrio avanzado y un programa de ordenador de evaluación, que proporcionan medios 1) para establecer un programa de aprendizaje del equilibrio para personas individuales y 2) para evaluar objetivamente las capacidades de equilibrio particulares del sujeto. Una evaluación objetiva es necesaria para proporcionar a los sujetos y a los terapeutas retroinformación sobre la mejora de sus capacidades de equilibrio que resultan del ejercicio diario en el aparato. Un ejemplo de algoritmo de software de ordenador para el aprendizaje y la evaluación del equilibrio de sujetos con discapacidades neurológicas mientras que se mantienen de pie en el aparato a niveles dados de soporte proporcionados por el sistema de resorte variable y las zonas muertas dadas implementado a través de la interfaz electrónica como se ha descrito anteriormente está provisto a continuación.

La Fig. 17 A-D muestra cuatro dibujos de la pantalla del programa de aprendizaje por ordenador. La primera escena que aparece en la pantalla del ordenador está mostrada en la Fig. 17 A. En medio de la pantalla del ordenador aparece un objeto, que en este caso tiene forma de círculo (pero podría ser de otra forma). Llamamos a este círculo un seguidor. Alrededor del seguidor ocho círculos adicionales están dibujados de tal modo que forman un objeto simétrico, cuyos elementos están equidistantes al seguidor. Cada círculo de este objeto simétrico se denomina objetivo. La cantidad de objetivos puede ser diferente de ocho, que son los que hemos usado como ejemplo ilustrativo. Todos los objetivos son del mismo tamaño (en el caso de círculos del mismo diámetro), mientras que el tamaño del seguidor (en el caso de un círculo, el diámetro) puede variar. Por ejemplo éste puede representar un 10%, 30%, 50%, 70% y 90% del tamaño de los objetivos, de este modo, representando cinco niveles de dificultad diferentes. El objetivo del sujeto que se mantiene de pie es llevar al seguidor en uno de los objetivos seleccionados y mantenerlo allí durante un periodo de tiempo. Esto se denomina intento de seguimiento. El algoritmo puede ser resumido en las siguientes fases sucesivas:

- fase 1 (Fig. 17B): la primera tarea para un sujeto que se mantiene de pie es mover el cursor del ratón en el área ocupada por el seguidor. El tamaño del seguidor en este punto es el mismo que aquel de los objetivos. Una vez que el cursor del ratón es llevado a éste área, se inicia un intento de trazado y el seguidor se vuelve bloqueado para el cursor del ratón, es decir, después, se mueve al mismo tiempo que lo hace el cursor del ratón.
- fase 2 (Fig. 17 C): cuando el seguidor es bloqueado para el cursor del ratón, uno de los objetivos, seleccionado de forma aleatoria, se vuelve activo y comienza a parpadear, p. ej. cambia de color entre los dos colores predeterminados, representado en negrita en la Fig. 17 C). Al mismo tiempo el tamaño del seguidor cambia al nivel de dificultad preespecífico antes de la iniciación de la sesión.
- fase 3 (Fig. 17 D): la segunda tarea es luego mover el seguidor en el objetivo activo de manera que el área entera del seguidor sea sujeta en la región ocupada por el objetivo activo durante al menos un segundo. El tiempo dado en la disposición del sujeto para completar el intento de seguimiento puede ser variado. Como un ejemplo, definimos dos intervalos de tiempo de diferente duración y los calificamos como lentos y rápidos, por ejemplo 5 y 10 segundos, respectivamente. Si la tarea de ubicación del seguidor en el objetivo y su mantenimiento allí durante un periodo dado se hace antes de que el intervalo de tiempo específico transcurra, entonces el intento de seguimiento se considera completado con éxito y se le señala al sujeto, p. ej. mediante un bip de sonido de alta frecuencia. Si en cambio, el intervalo de tiempo transcurre y el sujeto no tuvo éxito, también se le señala, p. ej. mediante un bip de sonido de baja frecuencia. La señalización descrita podría adoptar cualquier otra forma apropiada.
- fase 4 (Fig. 17 A): después cada sujeto completa la tarea con éxito o el intervalo de tiempo seleccionado transcurre o el intento de seguimiento termina y el seguidor es desbloqueado desde el cursor del ratón, se vuelve a dimensionar para que tenga el mismo diámetro que los círculos del objetivo y se vuelve a situar en el centro de la pantalla del ordenador mientras que el resultado del intento de seguimiento se almacena en la memoria del ordenador.
- fase 5: el algoritmo está activo y espera hasta que el sujeto que se mantiene de pie elige iniciar otro intento de seguimiento emprendiendo la fase 1 nuevamente.

Las cinco fases anteriores son repetidas un número dado de veces constituyendo una prueba. Por ejemplo, si cada objetivo (representando ocho direcciones de movimiento) es repetido cinco veces (en un orden aleatorio, que es desconocido por el sujeto que se mantiene de pie) entonces el total de cuarenta intentos de seguimiento son emprendidos dentro de cada prueba.

Cuando la prueba es completada, el porcentaje de puntuación es calculado para cada uno de los ocho objetivos. El porcentaje de puntuación es luego usado para calificar el rendimiento del sujeto. Por ejemplo, un valor porcentual medio de puntuación calculado a partir de los porcentajes de puntuación de todos los objetivos de los individuos podría ser presentado al sujeto. Además, una evaluación más compleja de los resultados de la prueba está presentada en la pantalla del PC en una vía adecuada. Por ejemplo en cada ubicación del objetivo podría aparecer una barra compuesta por p. ej. cinco elementos, en el caso de que se hubieran utilizado cinco repeticiones en una prueba para cada objetivo. Dependiendo del número de intentos de seguimiento completados con éxito, un número correspondiente de elementos de barra se iluminaría. Además, otra barra que muestra los resultados de la prueba más exitosa (juzgado según p. ej. la

puntuación porcentual media) en las mismas condiciones (sistema de resorte variable, zona muerta, nivel de dificultad e intervalo de tiempo) realizada por el mismo sujeto en sesiones de aprendizaje anteriores será visualizada. Esta comparación mostrará visualmente la mejora o descenso en el rendimiento del equilibrio del sujeto. Otra indicación de mejora será obvia a partir de condiciones de prueba cambiadas (sistema de resorte variable, zona muerta, nivel de dificultad e intervalo de tiempo). La mejora será demostrada por un menor soporte del sistema de resorte variable, mayor zona muerta (mayor espacio postural), mayor nivel de dificultad (mayor precisión de regulación adecuada de la postura deseada) e intervalo de tiempo disminuido (mayor velocidad de respuesta postural). La descripción anteriormente mencionada del sistema de puntuación es sólo un ejemplo. Otras puntuaciones de una prueba podrían ser utilizadas.

La idea clave sobre el algoritmo propuesto para el aprendizaje y evaluación de las capacidades de equilibrio es proporcionar un programa uniforme de neurorehabilitación, que permite la comparación directa de las capacidades de equilibrio de un sujeto particular entre procesos diferentes así como la comparación directa entre procesos diferentes realizada por sujetos diferentes. La mejora en las capacidades de equilibrio puede ser directamente observada a partir de parámetros reducidos/aumentados (sistema de resorte variable, zona muerta, nivel de dificultad e intervalo de tiempo).

Es evidente a partir de lo anterior que el uso del dispositivo no se limita sólo a discapacitados neurológicos sino que también es adecuado para el aprendizaje del equilibrio, etc.

Referencias citadas en la descripción

Esta lista de referencias citada por el solicitante ha sido recopilada exclusivamente para la información del lector. No forma parte del documento de patente europea. La misma ha sido confeccionada con la mayor diligencia; la OEP sin embargo no asume responsabilidad alguna por eventuales errores u omisiones.

Bibliografía distinta de patentes citada en la descripción

- **SINKJIER** A Mechanical Apparatus for Arm-Free Therapeutical Paraplegic Standing Proc. of the International Biomechanics Workshop, 1999, [0007]

- **SINKJIER JOHANNESSEN** Unsupported Standing after Spinal Cord Injury Proc. of the 4th Annual Conference of the International Functional Electrical Stimulation Society, 1999, [0007]

- **GODALL et al.** Enhancing postural stability in hemiplegic using externally applied forces Int. Journal of Rehabilitation, 1985, [0008]

- **WING ALLISON JENNER** Retraining and retaining balance after stroke Bailliére's Clinical Neurology, 1993, vol. 2, no. 1. [0008]

- **BAJD** Arm-Free Paraplegic Standing - Part II: Experimental Results IEEE Trans. on Rehabilitation Eng., 1998, vol. 6, no. 2. [0010] [0011]

- **NICHOLS** Balance Retraining After Stroke Using Force Platform Biofeedback Physical Therapy, 1997, vol. 77, no. 5. [0011].

REIVINDICACIONES

1. Aparato para el aprendizaje del equilibrio (1) que comprende

dos barras verticales de soporte (6), cada una conectada por un extremo inferior a una base (3) mediante una articulación (4) que tiene dos grados de libertad,

un medio de refuerzo (7) adecuado para soportar la pelvis de un usuario (2) que se mantiene de pie entre las dos barras verticales de soporte (6), los medios de refuerzo (7) estando conectados a un extremo superior de cada una de las barras verticales de soporte (6) por una articulación (5) que tiene un grado de libertad que permite el movimiento mutuo entre los medios de refuerzo (7) y las barras verticales (6) en el plano de las dos barras verticales (6),

unos medios de incitación (12) para la incitación del usuario (2) hacia una posición vertical desviando desde esta posición en un plano frontal al igual que en un plano sagital del usuario (2),

caracterizado por el hecho de que

al menos una de las barras verticales (6) tiene una parte inferior elástica (12) que conecta una parte superior rígida (13) de la barra (6) a la base (3) y que constituye la articulación (4) entre ambas al igual que constituye los medios de incitación (12), y de que el aparato además comprende unos medios de ajuste (14) para ajustar la rigidez de la parte inferior elástica (12).

2. Aparato según la reivindicación 1, donde cada una de las dos barras verticales (6) tiene una parte inferior elástica (12) que contacta una parte superior rígida (13) de la barra (6) a la base (3) y que constituye la conexión (4) entre ambos así como también constituye los medios de incitación (12).

3. Aparato según la reivindicación 1 o 2, donde la parte elástica está constituida por un resorte helicoidal vertical (12).

4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, comprendiendo además limitadores (10) para limitar el ángulo de inclinación desde la parte vertical hasta cada una de las barras verticales (6).

5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde los medios de ajuste (14) pueden ajustar la rigidez de la parte inferior elástica (12) ajustando la longitud eficaz de la misma.

6. Aparato según la reivindicación 5, donde los medios de ajuste (14) para cada barra vertical (6) comprenden un forro externo (14) dispuesto alrededor de la parte elástica (12) con una superficie interna vertical del forro (14) ajustándose alrededor del lado externo de la parte elástica (12), el forro (14) siendo verticalmente desplazable de manera que la longitud eficaz de la parte elástica (12) es ajustada de este modo.

7. Aparato según la reivindicación 6, donde los limitadores (10) definen aberturas circulares (17) a través de las cuales pasan las barras verticales (6), y donde los limitadores (10) están conectados a los forros (14) y se desplazan junto con ellos.

8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además unos medios de bloqueo (18) para bloquear temporalmente cada una de las barras verticales (6) en una posición vertical.

9. Aparato según la reivindicación 8, donde los medios de bloqueo (18) son conectados a los forros (14) y se desplazan junto con ellos.

10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además unos medios de soporte de las rodillas (8) dispuestos para sostener el lado anterior de ambas piernas del usuario (2) cerca de un extremo superior de las espinillas, los medios de soporte de las rodillas (8) estando dispuestos para seguir los movimientos del usuario (2) en el plano frontal así como en el plano sagital.

11. Aparato según la reivindicación 10, donde los medios de soporte de las rodilla (8) son regulables.

12. Aparato según la reivindicación 11, donde la regulación de los medios de soporte de las rodillas (8) es regulable.

13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 10 -12, donde los medios de soporte de las rodillas (8) están conectados al menos a una de las barras verticales (6).

14. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además medios sensores (19, 20, 21) para medir la inclinación en el plano frontal así como en el plano sagital de las barras verticales (6) y produciendo en consecuencia una salida.

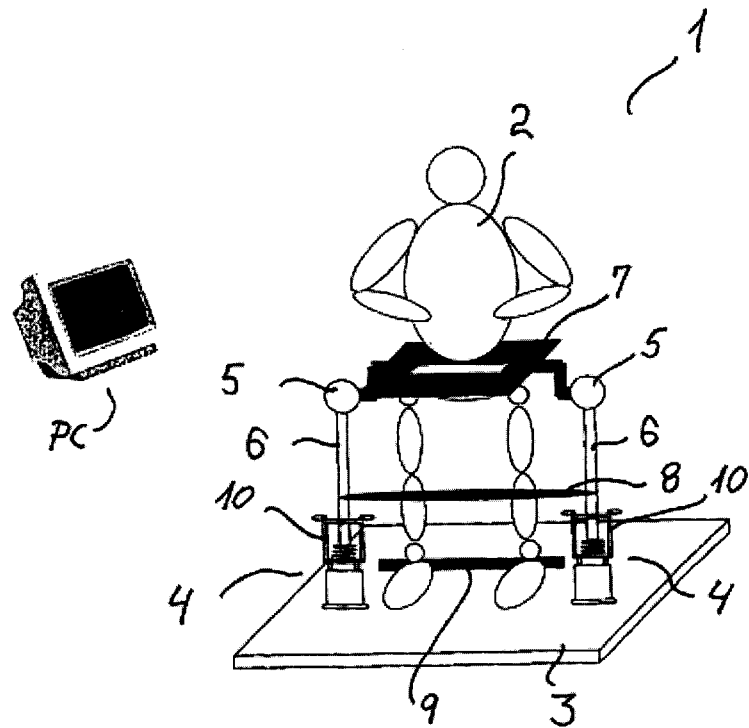


Fig. 1

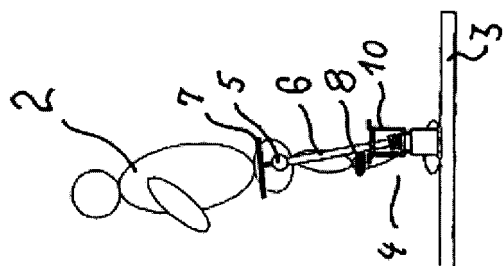


Fig. 4

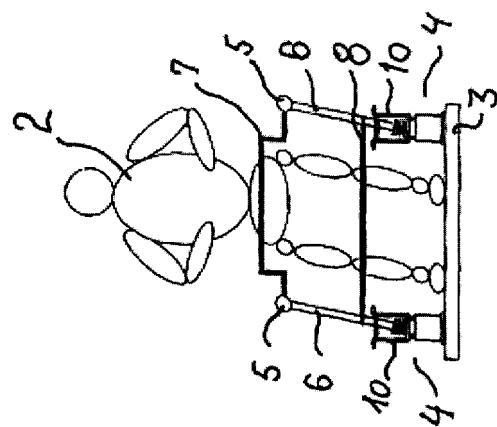


Fig. 3

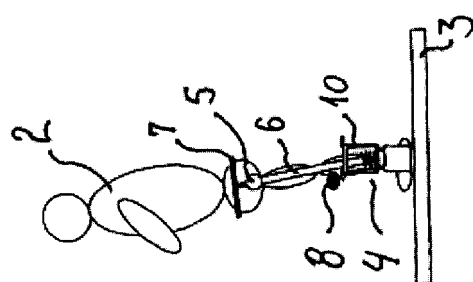


Fig. 2

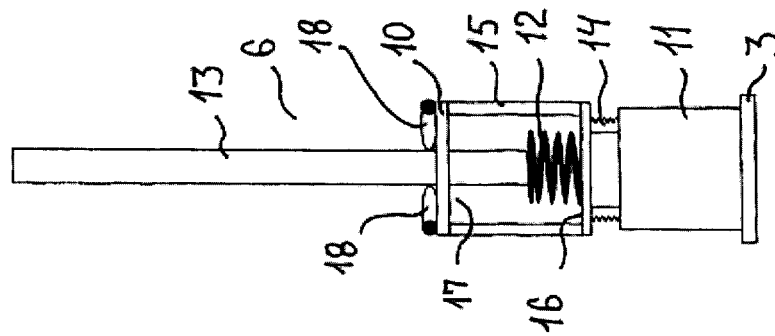


Fig. 5

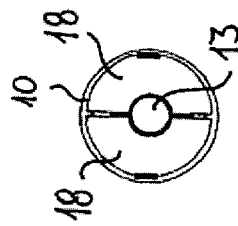


Fig. 6

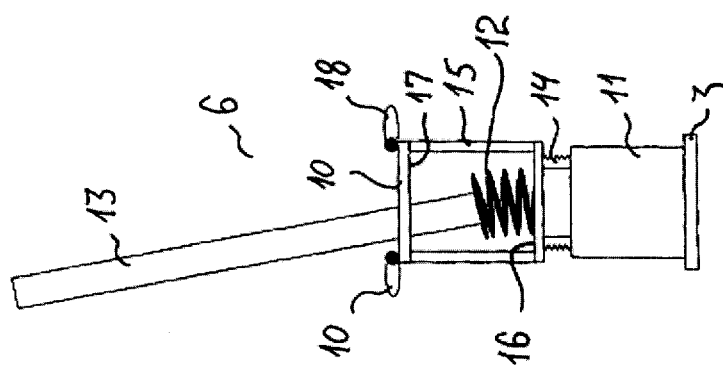


Fig. 7

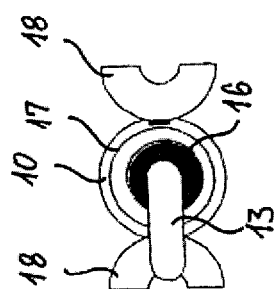


Fig. 8

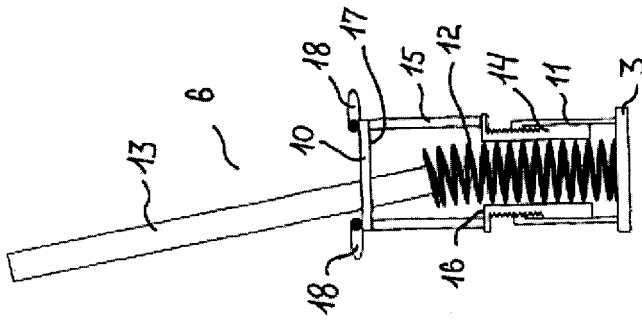


Fig. 9

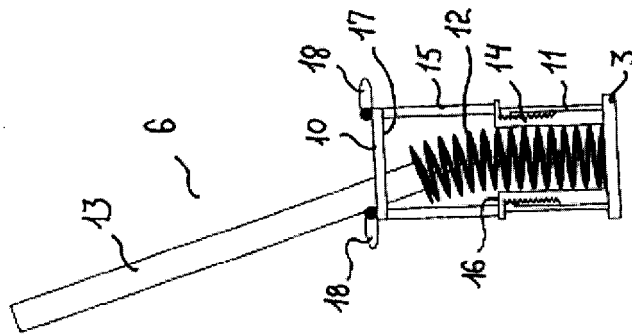


Fig. 10

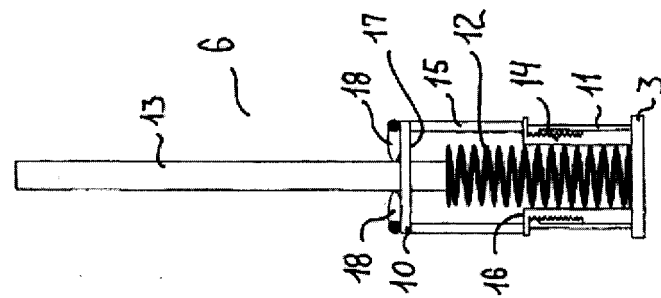


Fig. 11

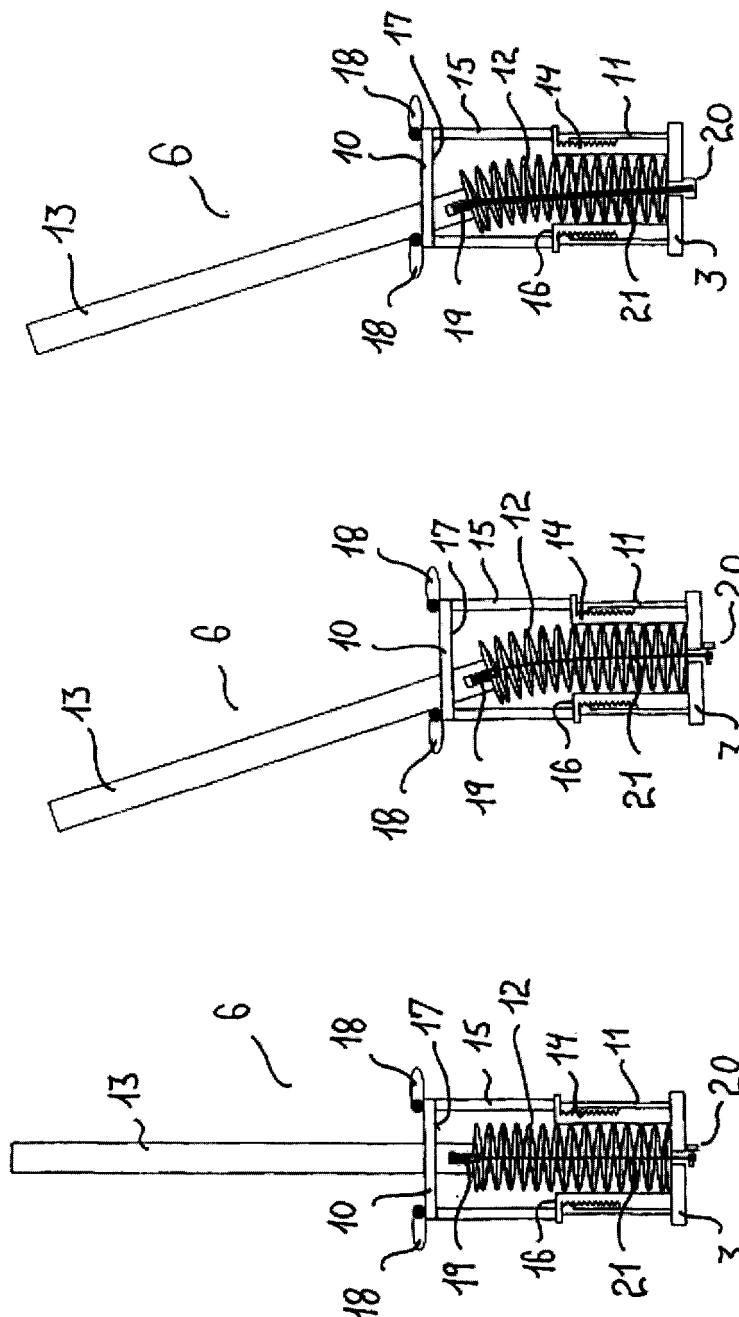


Fig. 14

Fig. 13

Fig. 12

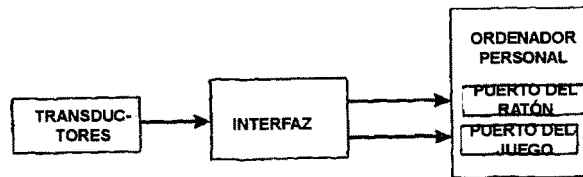


Fig. 15

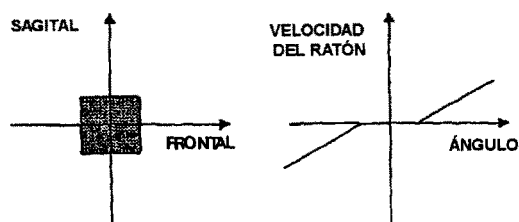


Fig. 16

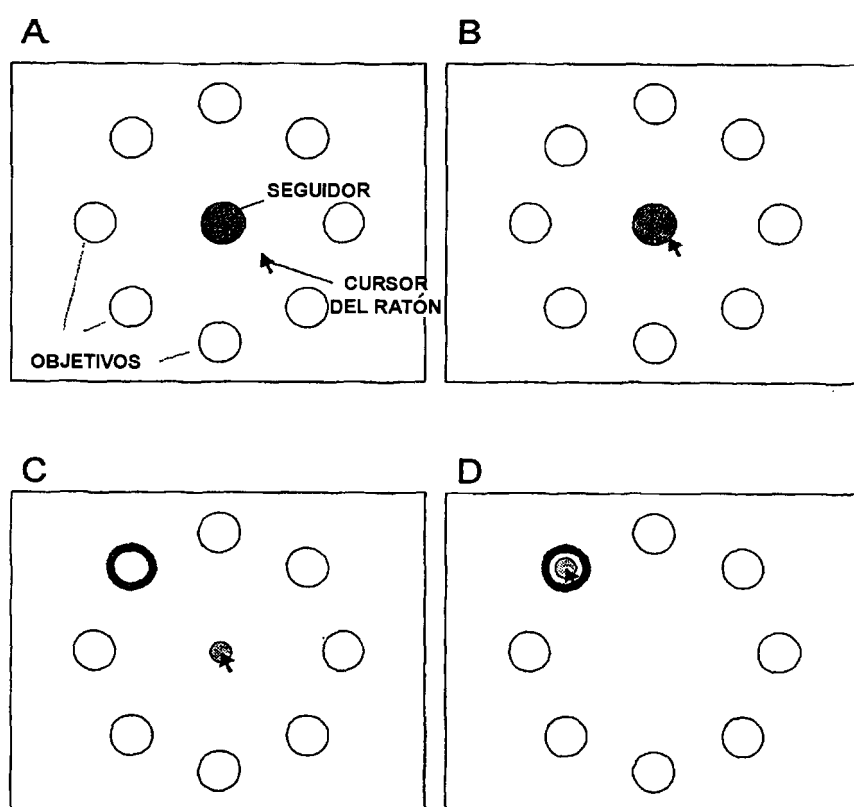


Fig. 17