

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 630**

51 Int. Cl.:

A61G 7/10 (2006.01)

B62K 11/00 (2006.01)

A61H 3/04 (2006.01)

A61H 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2021** **E 21211278 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 4186484**

54 Título: **Dispositivo de ayuda a la movilidad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.12.2024

73 Titular/es:
ROOWALK MOBILITY GMBH (100.0%)
Schwarze-Pumpe-Weg 16
12681 Berlin, DE

72 Inventor/es:
PARDOWITZ, BENJAMIN

74 Agente/Representante:
FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 991 630 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

Dispositivo de ayuda a la movilidad

5 La invención se refiere a un dispositivo de ayuda a la movilidad que comprende ruedas autoequilibrantes conectadas a través de un marco a un conjunto de balancín. El conjunto de balancín está configurado para recibir a un usuario en un extremo y comprende un contrapeso en el otro extremo, en donde el contrapeso está configurado para compensar al menos parcialmente el peso del usuario. Las ruedas autoequilibrantes se controlan independientemente unas de otras a través de una unidad de control según un principio de péndulo
10 inverso. El dispositivo puede soportar ventajosamente una amplia gama de posturas y movimientos del usuario, incluidos caminar, saltar y gatear. Además, la unidad de control estabiliza el dispositivo y al usuario para permitir una movilidad segura.

Antecedentes y técnica anterior

15 Los dispositivos de ayuda a la movilidad se utilizan comúnmente para ayudar a personas que debido a una discapacidad, lesión, edad o enfermedad no pueden mantener una postura, una marcha o una velocidad de marcha normales. Ejemplos de dispositivos tradicionales de ayuda a la movilidad incluyen bastones, muletas, sillas de ruedas, andadores o estructuras para caminar como las estructuras Zimmer y similares. Estos típicamente dependen en gran medida de las funciones motoras existentes del usuario, por ejemplo en la parte superior del cuerpo y específicamente en los brazos y las manos, para manejarlos. En general, su uso está restringido a adultos o niños mayores que ya tienen suficiente fuerza y control motor para manejar el dispositivo. Además, no fomentan patrones normales para caminar a velocidades normales. Estos dispositivos son particularmente inadecuados para usuarios cuyas enfermedades neuromusculares congénitas o adquiridas afectan la fuerza muscular, el control motor, el equilibrio o la postura de tal manera que no pueden permanecer de pie ni caminar de forma independiente, que tienen funciones motoras generalmente debilitadas y para niños más pequeños, como aquellos con parálisis cerebral, que no pueden depender de sus brazos para manejar un dispositivo de ayuda a la movilidad.

30 Entre los usuarios que requieren ayuda con la movilidad, una gran proporción son niños con enfermedades crónicas o hereditarias. Otros usuarios incluyen los que son ancianos, frágiles o que han padecido una lesión o un derrame cerebral. Existe un gran desequilibrio en el mercado que se dirige principalmente a tales usuarios adultos o que tienen experiencia en movilidad antes de sufrir una lesión. En el caso de los niños, a las necesidades especiales de entrenarles para mejorar su resistencia y equilibrio se añaden a las necesidades generales de todos los niños de aprender, explorar y socializar a medida que crecen. Los movimientos regulares e independientes deberían tener lugar idealmente desde la primera infancia para garantizar oportunidades de desarrollo físico y cognitivo a largo plazo. Además, las necesidades y el tamaño de los niños tienden a cambiar rápidamente al mismo tiempo que tienen generalmente resistencia reducida en comparación con los usuarios de mayor edad. En particular en el caso de parálisis cerebral, dependiendo de la gravedad de la afección, los niños pueden tener habilidades motoras y fuerza reducidas, pero aún lo suficientes para que sus intenciones de movimiento puedan ser leídas e interpretadas por una persona externa. Entre 1 y 4 de cada 1000 niños nacen con parálisis cerebral.

45 Para ayudar a tales personas con movilidad reducida a desarrollar su fuerza muscular, control motor, equilibrio y postura con una amplia gama de posibilidades de movimiento, un padre, terapeuta o asistente puede levantarlas parcialmente y mantenerlas rectas sujetándolas por la cintura o las caderas para evitar que se caigan. Al mismo tiempo, los brazos y las piernas pueden mantenerse generalmente libres de forma que las personas afectadas puedan desarrollar un mejor control y fuerza en sus extremidades. El asistente puede observar e interpretar el movimiento de la persona para apoyar movimientos intencionales, como ponerse en cuclillas deliberadamente en el suelo, y al mismo tiempo suprimir movimientos no deseados, como caídas o movimientos espásticos. Esto requiere un alto grado de dependencia del asistente y no permite que estas personas se vuelvan independientes e interactúen con sus compañeros a nivel visual.

55 Especialmente en el caso de niños y adolescentes, esto puede afectar significativamente al desarrollo del usuario en otras áreas como las habilidades sociales. La necesidad de ayuda constante de otra persona no sólo reduce la sensación de confianza del usuario, sino que también limita su acceso a una variedad de lugares y actividades como áreas al aire libre, escuelas, instalaciones de ocio y similares. A menudo, el cuidador debe llevar al niño y/o el dispositivo de ayuda para superar un escalón o un obstáculo. La dependencia en un cuidador, que a menudo es un miembro de la familia, puede conducir a una sobrecarga del entorno familiar del usuario. Así, al depender excesivamente de los demás, el usuario no sólo no se desarrolla físicamente sino que también se ve impedido para desarrollar su propia personalidad, intereses y relaciones sociales.

60 Por lo tanto, se han desarrollado dispositivos para realizar el papel del asistente y permitir una mejor movilidad para usuarios con fuerza muscular reducida en general, funciones motoras reducidas y una tendencia a agotarse rápidamente.

Como ejemplo, el documento WO 2010/139936 A1 divulga un dispositivo con ruedas que comprende una carga, en donde la carga puede ser propiamente una batería que acciona las ruedas. El dispositivo puede estabilizar la velocidad de marcha de un usuario debido a la inercia adicional causada por la carga. En uso, si el usuario está empujando el dispositivo de modo que está en frente del usuario, el dispositivo puede producir una fuerza de tracción cuando el usuario disminuye la velocidad y una fuerza de empuje cuando el usuario comienza a acelerar. Dependiendo de la posición de la carga, el peso efectivo del usuario puede alterarse. Es importante destacar aquí que el dispositivo todavía es manejado y controlado principalmente por el usuario, que se describe como, por ejemplo, una persona anciana frágil.

En una realización particular del documento WO 2010/139936 mostrada en la FIG. 10, el dispositivo comprende una bisagra que se extiende desde un extremo distal del dispositivo, cerca de las ruedas. La bisagra comprende una carga que funciona como contrapeso para reducir el peso efectivo del usuario. Aunque el usuario puede sujetar el extremo proximal del dispositivo con sus manos, una alternativa es el uso de un cinturón o similar para sujetar el dispositivo al usuario, dejando las manos libres. De esta forma, el dispositivo puede proporcionar cierto alivio y ayuda a un usuario frágil. En una realización adicional ilustrada en la FIG. 4, el documento WO 2010/139936 A1 divulga un controlador de velocidad para que el usuario establezca una velocidad de marcha deseada. El usuario debe prestar atención mientras camina para controlar con seguridad él mismo la velocidad. Además de la necesidad de la intervención del usuario en la unidad de control, el dispositivo aún depende en gran medida del equilibrio y de las funciones motoras del propio usuario. El dispositivo no puede, por ejemplo, ayudar al usuario a girar: esto debe hacerse superando la inercia causada por la carga. Si el usuario decide agacharse, por ejemplo para recoger un objeto del suelo, el ángulo al que se eleva la carga haría que el dispositivo dejara de sostener al usuario. El dispositivo tampoco dispone de un sistema de control capaz de distinguir entre agacharse y caer, por lo que sólo es adecuado para usuarios con un grado razonable de equilibrio y buenas funciones motoras.

También se han desarrollado dispositivos para reducir el peso efectivo del usuario y evitar caídas en aquellos con habilidades motoras reducidas. A modo de ejemplo, el dispositivo de ayuda para caminar «Hibbot» de Made for Movement es un dispositivo pasivo (no motorizado) equipado con un conjunto de varillas dispuestas en una estructura en forma de A entre las que se encuentra un cinturón de sujeción de cadera a una altura correspondiente a una posición de pie. La correa está conectada a la estructura mediante brazos neumáticos o cargados por resorte. El cinturón sostiene las caderas del usuario y reemplaza las manos del asistente en el caso de entrenar a un niño a caminar. Las varillas evitan que todo el dispositivo se incline hacia delante y proporcionan una base estable, además de evitar caídas, ya que el cinturón se puede enganchar directamente a las varillas. El dispositivo también está equipado con un par de ruedas paralelas dispuestas para seguir al usuario desde atrás y un contrapeso dispuesto detrás de las ruedas en un brazo que se extiende desde el eje de la rueda y gira alrededor del mismo. El contrapeso reduce el peso efectivo del usuario, permitiendo que aquellos con un tono muscular más débil puedan permanecer de pie y caminar. Gracias a la disposición de la estructura, este dispositivo proporciona un mayor grado de seguridad a aquellos con equilibrio y movilidad reducidos. El dispositivo también permite a los usuarios, generalmente niños con parálisis cerebral, interactuar con sus compañeros a nivel visual y participar en actividades como comer y jugar debido a que las manos y los pies se mantienen libres.

De manera similar al documento WO 2010/139936 A1 sin embargo, el ángulo del brazo que lleva el contrapeso y su baja altura desde el suelo también limitan el soporte proporcionado por este dispositivo. Si el usuario se pusiera en cuclillas, el contrapeso no proporcionaría suficiente apoyo para levantarlo nuevamente. Sería necesaria la ayuda de un adulto en caso de que esto ocurriera. Cuando el cinturón está sujeto a las varillas, el usuario ya no puede agacharse ni caminar de puntillas, ya que la altura de sus caderas está efectivamente fijada dentro de un rango estrecho. El dispositivo no proporciona ninguna ayuda activa al usuario para moverse hacia adelante, hacia atrás o girar a la izquierda o la derecha y, por lo tanto, a pesar de su mayor seguridad, está limitado en el rango de movimientos que puede soportar.

Además, debido a la falta de apoyo motorizado en el dispositivo de ayuda para caminar "Hibbot", el usuario debe soportar al menos parcialmente su propio peso además del aquel del dispositivo. Al ser parcialmente soportado por el dispositivo su propio peso, se reduce la reacción del suelo al peso corporal efectivo del usuario. Esto disminuye la fuerza horizontal del pie contra el suelo. Al tener que tirar de un mayor peso y tener un agarre menor en el suelo, existe el riesgo de resbalones. La necesidad de arrastrar el peso del dispositivo también puede convertirse en un obstáculo particular cuando se mueve sobre terreno irregular o al intentar superar obstáculos menores. Cuando se camina cuesta arriba, el usuario necesita la ayuda de otro adulto para mantener su velocidad de marcha y evitar el agotamiento. Al caminar cuesta abajo, el usuario necesita la ayuda de un adulto para detenerse de forma segura.

Cuando los niños utilizan tal dispositivo, además deben estar bajo una estricta supervisión y contar con frecuente intervención activa de un adulto. El rango limitado de movimientos que un niño puede realizar sin la ayuda de un adulto le impide explorar su entorno de manera efectiva, tal como levantar objetos del suelo o alcanzar cosas más arriba. Por lo tanto, sigue habiendo una gran presión sobre los demás.

Para proporcionar un mayor grado de ayuda a los usuarios, también se han desarrollado dispositivos motorizados. Un ejemplo es el documento JP 2011115323 A que divulga un robot de ayuda para caminar para entrenar a un usuario, en donde el robot comprende un cuerpo principal soportado por un conjunto de cuatro ruedas que siguen al usuario desde atrás. Un brazo se extiende desde el cuerpo principal del robot con un cinturón de sujeción para las caderas de un usuario. El cinturón y el robot están equipados con una gran cantidad de sensores configurados para apoyar o ayudar al movimiento de un usuario para promover una marcha normal. Para ello, se monitorizan e interpretan las posiciones y movimientos de virtualmente todas las extremidades del usuario. Las ruedas del robot también están motorizadas y controladas mediante la retroalimentación de los sensores. El robot está configurado para mover el brazo y al usuario hacia arriba cuando los sensores detectan movimientos consistentes con una caída.

Sin embargo, el tamaño del robot es grande, lo que da como resultado un gran círculo de giro que no es compatible con el uso en entornos cotidianos. Además, el robot está configurado para ayudar a un usuario durante el entrenamiento para caminar únicamente. No se prevén otros tipos de movimientos. Debido al tamaño del robot y la disposición de las cuatro ruedas, sería imposible para el usuario superar pequeños obstáculos en el suelo, un umbral o un tramo de escaleras con el robot. Por lo tanto, sólo es adecuado para su uso en entornos controlados, como hospitales o centros de rehabilitación. Si bien puede aliviar parte de la carga del asistente, todavía se requiere una supervisión significativa.

A la luz de las enseñanzas anteriores, hay espacio para mejoras para proporcionar un dispositivo de ayuda de movilidad que pueda soportar adecuadamente una variedad de movimientos hacia arriba y hacia abajo, como estar de pie, saltar y ponerse en cuclillas, así como soportar movimientos de giro. Los movimientos regulares e independientes idealmente deberían tener lugar desde la primera infancia para garantizar oportunidades de desarrollo físico y cognitivo a largo plazo. En particular, los dispositivos de la técnica anterior típicamente todavía requieren un asistente para levantar al usuario en caso de ponerse en cuclillas hasta el suelo, para ayudarlo a cambiar de dirección y/o superar un obstáculo. Esto significa que si a un edificio como un museo, un cine, un centro deportivo o similar se debe acceder superando incluso uno o dos escalones, el usuario del dispositivo queda efectivamente excluido debido a la carga que supone superar los escalones con un dispositivo pesado. Por lo tanto no se puede garantizar un alto grado de independencia.

En vista de estas dificultades, existe una necesidad apremiante de dispositivos de ayuda a la movilidad mejorados que puedan ayudar a los usuarios, especialmente a los niños con enfermedades crónicas, en una amplia gama de actividades sin necesidad de una supervisión o ayuda cercana.

Compendio de la invención

Un objetivo de la presente solicitud fue superar las desventajas de la técnica anterior y proporcionar un dispositivo de ayuda de movilidad mejorado que soporta una amplia gama de posturas y movimientos y esté preferiblemente adaptado para su uso con niños.

El problema se resuelve mediante las características de las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la presente invención se proporcionan por las reivindicaciones dependientes.

La invención se refiere a un dispositivo de ayuda a la movilidad, que comprende:

un conjunto de ruedas conectadas entre sí por una estructura,

un brazo distal,

un brazo proximal y

un primer eje entre el brazo distal y el brazo proximal

en donde los brazos distal y proximal están dispuestos de forma pivotante alrededor del primer eje y están conectados operativamente a la estructura,

en donde se dispone un arnés para recibir a un usuario en el brazo proximal a una longitud L_2 respecto al primer eje,

en donde se proporciona un contrapeso en un brazo distal a una longitud L_1 con respecto al primer eje y en donde el contrapeso y ambas longitudes L_1 y L_2 están configuradas para compensar al menos parcialmente el peso del usuario,

en donde el dispositivo de ayuda a la movilidad comprende además una unidad de control y el conjunto de ruedas comprende al menos dos ruedas autoequilibrantes,

en donde la unidad de control está configurada para controlar las ruedas autoequilibrantes de acuerdo con un principio de péndulo inverso.

5 Para los fines de esta solicitud, un "balancín" es preferiblemente una palanca de primera clase apoyada en un único fulcro provisto entre dos porciones de viga que pueden o no estar alineadas entre sí. Las porciones de viga están configuradas para soportar una carga. En este caso, el primer eje es el fulcro y los brazos proximal y distal son las porciones de viga. Las cargas comprenden el contrapeso y el arnés que transporta al usuario.

10 Para los fines de esta solicitud, un "arnés" es preferiblemente cualquier medio para asegurar y/o soportar a un usuario a un dispositivo. Esto puede incluir un asiento, un cinturón, un conjunto de correas, un dispositivo tipo mochila, una prenda de vestir portátil, un exoesqueleto o similar.

15 Para los fines de la solicitud, una "compensación del peso del usuario" significa preferiblemente proporcionar una fuerza hacia arriba que actúa sobre el centro de gravedad del usuario en una dirección opuesta a su fuerza de peso. Esta fuerza ascendente a menudo se denomina fuerza de elevación. El término "compensación del peso del usuario" también se utiliza indistintamente en esta solicitud con el término "soporte parcial del peso corporal",

20 Para los fines de la solicitud, un "conjunto de ruedas" comprende cualquier número de ruedas que incluyen al menos dos ruedas autoequilibrantes, pero puede incluir además otras ruedas tales como ruedas de apoyo, ruedas de suspensión y similares que pueden o no girar alrededor del segundo eje.

25 El eje vertical z puede definirse como que está en la dirección de la gravedad. Esto también se denomina en esta solicitud una dirección arriba-abajo o una dirección vertical. El eje x puede definirse como que está en la dirección en la que un usuario camina. Esto también se denomina en esta solicitud dirección adelante-atrás. El eje y puede definirse como la dirección longitudinal del segundo eje alrededor del cual giran las dos ruedas autoequilibrantes. Esto también se denomina en esta solicitud dirección izquierda-derecha o dirección lateral.

30 Para los fines de esta solicitud, una "rueda autoequilibrante" funciona preferiblemente como un sistema de péndulo invertido con ruedas. Un ejemplo de tal sistema se conoce a partir de la patente de Segway US6302230B1.

35 En la presente invención, cada rueda autoequilibrante está equipada preferiblemente con su propio motor y su propio conjunto de sensores. Preferiblemente, cada rueda autoequilibrante comprende su propio controlador que acciona el motor basándose en datos detectados por el conjunto de sensores. El centro de gravedad de un peso soportado por cada rueda autoequilibrante se puede modelar teóricamente como un péndulo invertido. En un sistema de péndulo invertido con ruedas, la velocidad, la aceleración y la dirección de rotación de una rueda motorizada se controlan preferiblemente de modo que se evite que un péndulo que se extiende verticalmente hacia arriba desde el eje de la rueda se incline, oscile hacia abajo y caiga. Cuando el péndulo está en una posición vertical sobre el eje de la rueda, el sistema de péndulo invertido con ruedas está equilibrado. Esta posición vertical se denomina posición de equilibrio inestable. Esta se convierte en una posición objetivo a la que el sistema intenta volver en caso de cualquier desviación de la orientación del péndulo.

45 Un péndulo puede comenzar a inclinarse y caer por delante o por detrás de la rueda en un plano x. El plano x se define preferiblemente como el que abarca los ejes x y z. El ángulo entre el péndulo, el centro de la rueda y la posición vertical en el plano x se detecta preferiblemente mediante el conjunto de sensores. La rueda se acciona en la dirección en la que se el péndulo se inclina y cae, para evitar la caída y devolver la orientación del péndulo a la posición vertical.

50 En este caso, el peso del péndulo puede comprender al menos parcialmente el peso de la propia rueda autoequilibrante, el peso de la estructura y del balancín y el peso del usuario. El usuario normalmente mantiene el contacto con el suelo por separado de las ruedas, de modo que normalmente al menos la mitad del pie de un usuario está en el suelo de modo que el usuario puede influir intencionadamente en la orientación del péndulo. Además, debido al contacto con el suelo, normalmente sólo una parte del peso del usuario contribuye al peso del péndulo invertido hipotético.

60 Preferiblemente, las ruedas autoequilibrantes se pueden controlar independientemente entre sí de acuerdo con un principio de péndulo inverso. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "regulación independiente de cada una de las ruedas autoequilibrantes según un principio de péndulo inverso" significa preferiblemente que cada rueda autoequilibrante funciona preferiblemente como un sistema de péndulo invertido con ruedas independiente. Por lo tanto no se excluyen otros métodos de control general ni la coordinación entre las ruedas. Por lo tanto, la posición angular de un péndulo que cae en el plano x se detecta preferiblemente mediante un conjunto de sensores para cada rueda y cada rueda se acciona en la dirección necesaria y a la velocidad necesaria para devolver el péndulo a la posición vertical como se ha descrito anteriormente.

Preferiblemente, la estructura del dispositivo está configurada de tal manera que la posición angular del péndulo en el plano x por encima de cada rueda autoequilibrante varía cuando el usuario desplaza su centro de gravedad lateralmente, es decir, en el plano y. Para lograr esto, una estructura que sostiene el balancín puede extenderse sustancialmente hacia arriba desde un centro de rotación de cada rueda autoequilibrante. Un ángulo θ del miembro que se extiende hacia arriba de la estructura desde la posición vertical se puede variar preferiblemente en el plano x. Preferiblemente, la estructura está configurada de tal manera que el ángulo θ de un miembro que se extiende hacia arriba de la estructura puede variar independientemente entre un lado lateral del dispositivo y el otro, de modo que la orientación del péndulo en el plano x puede ser diferente con respecto a cada rueda autoequilibrante. A continuación cada rueda autoequilibrante puede accionarse independientemente de la otra para devolver el péndulo a su posición vertical. Preferiblemente, la dirección en la que el usuario gira lateralmente produce una desviación menor en el ángulo θ del elemento de la estructura conectado a la rueda posicionada en la dirección del giro. Una rueda en el otro lado del usuario preferiblemente tiene un ángulo θ mayor para equilibrarse. La rueda autoequilibrante que tiene el ángulo θ más bajo gira preferiblemente más lentamente en una dirección hacia adelante o se mueve en una dirección hacia atrás en comparación con la rueda autoequilibrante con el ángulo θ más grande.

Cuando se utilizan dos tales ruedas autoequilibrantes de este tipo conjuntamente entre sí, una acción de giro se efectúa preferiblemente mediante una diferencia de velocidad o dirección entre las dos ruedas. Los centros de los ejes de rotación de las dos ruedas autoequilibrantes se mantienen preferiblemente equidistantes mediante una estructura que los une entre sí. El radio de giro es por tanto preferiblemente aproximadamente cero.

Ventajosamente para el dispositivo de movilidad según la invención, cada rueda autoequilibrante puede proporcionarse como un artículo listo para usar. Puede ser preferible, como suele ser el caso con las ruedas autoequilibrantes listas para usar, que cada rueda autoequilibrante comprenda su propio conjunto de sensores y su propio procesador alojado dentro de la rueda o dentro de una carcasa de rueda. Cada rueda también puede incluir un motor. Cada procesador puede controlar el motor de la rueda respectiva según el principio del péndulo inverso, independientemente de la otra rueda. Las ruedas autoequilibrantes pueden proporcionarse alternativamente con un diseño personalizado, en donde se proporcionan procesadores separados para cada rueda o un procesador común permite una regulación independiente de cada una de las ruedas autoequilibrantes de acuerdo con un principio de péndulo inverso. Se pueden utilizar procesadores adicionales o alternativos para proporcionar a las ruedas autoequilibrantes cierto grado de dependencia y/o para coordinar el movimiento entre ellas.

Para los fines de esta solicitud, una "unidad de control" comprende preferiblemente uno o más procesadores para regular cada una de las ruedas autoequilibrantes basándose en los datos de sensores provistos en dichas ruedas de acuerdo con un principio de péndulo inverso. Preferiblemente, la unidad de control puede comprender un primer procesador para una primera rueda autoequilibrante y un segundo procesador para una segunda rueda autoequilibrante, en donde cada uno del primer y segundo procesadores recibe preferiblemente datos del conjunto de sensores pertenecientes a la rueda respectiva, utiliza los datos detectados para determinar una acción correctiva requerida para mantener la estabilidad del dispositivo y ordena a uno o más motores de rueda que realicen la acción correctiva.

Preferiblemente, la unidad de control puede comprender un tercer procesador configurado para monitorizar los procesadores de cada rueda autoequilibrante y coordinar una acción correctiva entre ellos. El tercer procesador puede configurarse preferiblemente para recibir datos de otros sensores fuera de las ruedas y/o para ordenar a otros accionadores además de los motores de las ruedas que ejecuten un comando seleccionado en función de los datos detectados. Preferiblemente, el tercer procesador puede estar configurado para detectar un fallo de uno o ambos primer y segundo procesadores y para detener el dispositivo de manera segura si se detecta un fallo. El tercer procesador puede configurarse adicional o alternativamente para detectar la velocidad de cada rueda autoequilibrante, para comparar las velocidades de las ruedas autoequilibrantes y para limitar una diferencia de velocidad entre ellas. Esto es especialmente útil para evitar accidentes en superficies resbaladizas donde una rueda no logra adquirir suficiente tracción, o para evitar accidentes donde una rueda se atasca. Alternativamente, la unidad de control puede comprender únicamente un único procesador que puede controlar ambas ruedas autoequilibrantes independientemente de acuerdo con un principio de péndulo inverso y coordinar una acción correctiva entre ellas, si es necesario.

La invención soporta los movimientos ascendentes y descendentes del usuario mediante el contrapeso. El primer eje permite que el brazo distal que lleva el contrapeso y el brazo proximal que lleva al usuario funcionen como un balancín, elevando al usuario o permitiéndole bajar por sí mismo intuitivamente. El arnés parcialmente levantado por el contrapeso permite notablemente que las manos del usuario permanezcan libres y no requiere una parte superior del cuerpo fuerte con brazos y manos hábiles. En particular, el usuario no necesita utilizar sus manos para controlar el dispositivo a diferencia de los dispositivos conocidos. Al liberar las manos del usuario, el usuario es libre de participar en sus actividades diarias. Esto es especialmente importante para niños que necesitan aprender y socializar jugando.

El arnés está configurado preferiblemente para estar orientado hacia adelante. Es decir, el usuario puede estar asegurado al arnés con el resto del dispositivo sustancialmente detrás de él. Una ventaja de usar un arnés es que puede asegurar al usuario a la máquina de una manera que ahorra espacio y es compacta, de modo que puede enfrentarse a sus compañeros sin una "barrera" física percibida. Esto contrasta con los dispositivos conocidos, en los que la gran cantidad de sensores están dispuestos dentro y alrededor de un gran brazo portador inflexible para recibir al usuario. Además, el uso de un arnés permite que el dispositivo se adapte fácilmente al crecimiento de un niño, ya que las correas del arnés se pueden aflojar o apretar según sea necesario. Los arneses se pueden reemplazar o adaptar fácilmente a los requisitos cambiantes y, debido a su flexibilidad y variedad, pueden permitir una amplia gama de movimientos sin restricciones. Esto es especialmente importante para los niños que a menudo juegan con objetos en el suelo o se agachan y/o gatean.

Debido a la fuerza reducida, el control motor, el equilibrio y el control de la postura de los niños y de aquellos con músculos debilitados, la reducción del peso efectivo del usuario reduce significativamente la carga sobre sus músculos. Esto permite que el usuario permanezca en posición vertical durante mucho más tiempo antes de que se produzca el agotamiento. El usuario puede así participar en actividades durante más tiempo, desarrollando su experiencia del mundo y mejorando su calidad de vida. El contrapeso funciona de forma pasiva, es decir, no requiere una elevación robótica activa del usuario. Esto también reduce la carga sobre los componentes eléctricos del dispositivo, de modo que éste puede utilizarse de forma inalámbrica durante más tiempo, por ejemplo en exteriores, antes de cargarse. Esto abre aún más oportunidades para que los usuarios viajen y compartan experiencias con otros.

La separación de las funciones de equilibrio entre el contrapeso y las ruedas también permite una mayor modularidad con lo que se pueden sustituir diferentes partes del dispositivo a medida que evolucionan las necesidades del usuario. Preferiblemente, uno o más del arnés, el contrapeso, las ruedas autoequilibrantes y las ruedas de apoyo están configurados para ser desmontables y reemplazables por un adulto sin la necesidad de herramientas especializadas. Las piezas reemplazables se pueden fijar preferiblemente a la estructura o al balancín mediante llaves Allen, por ejemplo. Esto mejora aún más la modularidad y la longevidad del dispositivo. Preferiblemente, las posiciones del contrapeso y/o de las ruedas de apoyo con respecto al balancín o a la estructura también son ajustables manualmente por un adulto sin necesidad de herramientas especiales.

Las ruedas autoequilibrantes proporcionan una forma compacta adicional de transportar la estructura, incluido el arnés, en dirección hacia adelante-atrás y de izquierda-derecha. Como tal, el dispositivo puede ayudar al usuario no sólo a reducir su peso efectivo sino también a mantener su equilibrio independientemente de la dirección en la que camine. La fuerza necesaria para mover el dispositivo, que incluye el peso de las ruedas, la estructura, los brazos y el contrapeso, se mantiene mínima ya que el usuario solo necesita mover el péndulo desde una posición de equilibrio inestable para que el dispositivo se mueva. La sensibilidad del dispositivo se puede ajustar de forma que este movimiento sea mínimo. La fuerza requerida para moverse hacia delante, hacia atrás y para girar por tanto se reduce y el dispositivo la mantiene segura. Por lo tanto, ya no es necesaria la ayuda activa de otra persona, especialmente para girar.

El principio del péndulo inverso utilizado para controlar las ruedas autoequilibrantes proporciona una alternativa sencilla a las soluciones motorizadas más complejas de la técnica anterior. De este modo, se puede conseguir el equilibrio sin requerir un gran número de sensores para las distintas extremidades. Mediante el uso de dos ruedas autoequilibrantes, se puede reducir el tamaño del dispositivo manteniendo un alto grado de estabilidad y superando al mismo tiempo la maniobrabilidad. Por tanto, no es necesario aumentar el tamaño del dispositivo de cuatro ruedas, lo que conduciría a aumentar el radio de giro.

Además, en el caso de suelo irregular - como el que suele encontrarse al aire libre- el uso de dos ruedas autoequilibrantes proporciona una ventaja sobre la técnica anterior, ya que reaccionan rápida y automáticamente a los cambios repentinos en el centro de gravedad del usuario. De esta forma, el dispositivo también se adapta a terrenos más desafiantes. Como el dispositivo no requiere más de dos ruedas autoequilibrantes, también se facilita subir escaleras y superar obstáculos y umbrales o similares.

Es preferible que el arnés esté configurado para que el usuario esté de espaldas al dispositivo. De esta forma, las ruedas y el contrapeso siguen al usuario desde detrás, permitiéndole más libertad para ver hacia adelante de ellas, realizar actividades con sus manos y los pies e interactuar con otros sin barreras físicas.

En una realización preferida de la invención, el primer eje está dispuesto a una altura h_0 desde el suelo. La altura h_0 está preferiblemente comprendida entre 0,6 y 1,2 m en el caso de un adulto. La altura h_0 está preferiblemente comprendida entre 0,3 y 0,9 m en el caso de un niño. Al disponer el primer eje a una altura h_0 desde el suelo, se proporciona espacio suficiente para la rotación del brazo distal alrededor del primer eje sin conflictos con el suelo y/o partes inferiores de la estructura. La altura proporciona además espacio debajo de la disposición del brazo, lo que permite optimizar el ángulo entre los brazos proximal y distal.

Las al menos dos ruedas autoequilibrantes están configuradas preferiblemente para girar alrededor de un

segundo eje dispuesto a una altura menor que h_0 desde el suelo. Preferiblemente la altura del segundo eje desde el suelo está comprendida entre 0,05 y 0,4 m. La altura del segundo eje desde el suelo puede depender del tamaño de un usuario final. Preferiblemente, esta altura está entre 0,05 - 0,2 m para un bebé o un niño pequeño de entre 2 - 5 años, entre 0,1 - 0,3 m para un niño de entre 6 - 14 años y entre 0,2 - 0,4 m para un adolescente o un adulto de 15 años o más. La posición más baja del eje de la rueda proporciona una base más estable mientras que la posición más alta del primer eje permite ventajosamente alargar el brazo distal sin conflictos con el suelo u otras partes al girar. Al extender la longitud L_1 del brazo distal, el momento aplicado por el mismo peso puede hacerse mayor. De esta forma, se puede proporcionar más soporte para reducir el peso efectivo del usuario sin aumentar el peso del dispositivo en su conjunto.

Preferiblemente, las longitudes L_1 y L_2 son aproximaciones de las longitudes de la porción de viga efectiva del balancín. En teoría, la longitud de la porción distal de la viga se puede definir como la distancia entre el centro de gravedad del contrapeso y el fulcro (es decir, el primer eje). La longitud teórica de la porción de viga proximal puede definirse como la distancia entre el centro de gravedad de un usuario en el arnés y el fulcro respectivamente. Dependiendo de la configuración del arnés y la forma en que esté acoplado al brazo proximal, puede que la longitud del brazo proximal no corresponda exactamente con la longitud de la viga proximal teórica ya que el brazo puede parar y quedar del centro de gravedad del usuario. También es posible que los brazos proximales y/o distales no se extiendan en una línea recta hacia el primer eje. Pueden ser, por ejemplo, no lineales o articulados. Se prefiere que la longitud L_1 del brazo distal sea la distancia entre el primer eje y el punto en el que el brazo está acoplado al contrapeso. Se prefiere que la longitud L_2 del brazo proximal sea la distancia entre el primer eje y el punto en el que el segundo brazo está acoplado al arnés. Al ajustar las longitudes de los brazos L_1 y L_2 se debe tener en cuenta que el centro de gravedad de un usuario varía con la edad, el sexo biológico y el desarrollo. Los niños pequeños (2-5 años) tienden a tener centros de gravedad alrededor de la altura de su ombligo, mientras que los adultos tienden a tener centros de gravedad en la pelvis.

Una diferencia de altura Δh entre el primer y el segundo eje influye en la longitud teórica de la palanca y en el momento del péndulo que actúa sobre las ruedas autoequilibrantes. Al aumentar Δh aumenta el nivel de apoyo al movimiento en la dirección hacia adelante. Es decir, cuanto mayor sea la altura Δh y la distancia del desplazamiento hacia delante, mayor será la palanca teórica formada por el péndulo y mayor el momento que actúa alrededor del segundo eje. Cada rueda autoequilibrante se mueve hacia delante o hacia atrás para equilibrar respectivamente un ángulo positivo o negativo θ del péndulo con respecto a la vertical que es detectado por el conjunto de sensores. Por lo tanto, se requieren fuerzas menores para mover todo el dispositivo hacia adelante. Se prefiere que Δh esté entre 0,25-1 m, más preferiblemente entre 0,3-0,6 m.

Es particularmente preferible que h_0 esté a la altura o por encima de ella del centro de gravedad de un usuario cuando está de pie. Se ha descubierto que esto da como resultado un movimiento más intuitivo y natural del usuario. Esta disposición también da como resultado un dispositivo más compacto.

En una realización preferida adicional de la invención, h_0 es mayor que la longitud de L_1 . Esto proporciona el máximo espacio para la rotación del brazo distal alrededor del primer eje para crear los momentos requeridos. El brazo distal puede estar prácticamente vertical y el contrapeso no aplica momento alguno cuando el centro de gravedad del usuario está a una altura máxima, como cuando está de puntillas o saltando. El brazo distal también puede alcanzar una posición prácticamente horizontal cuando el centro de gravedad del usuario está lo más bajo posible, lo que hace que el contrapeso aplique el momento máximo para ayudar al usuario a levantarse nuevamente.

En una realización preferida adicional de la invención, h_0 es mayor que la longitud de L_2 . El brazo proximal puede así girar en una amplia gama de posiciones, mientras que evita las caídas y protegiendo fundamentalmente las caderas del usuario para que no caigan al suelo. En la posición más baja, un usuario puede ponerse en cuclillas o gatear mientras es soportado por el contrapeso para volver a levantarse. Además, como se explica más adelante, un elemento cargado por resorte, por ejemplo en una rueda de suspensión, puede ayudar al usuario a levantarse nuevamente desde una posición baja.

La altura h_0 es preferiblemente ajustable. Esto se puede conseguir mediante una conexión telescópica y/o neumática entre el primer eje y la estructura. Preferiblemente, la estructura está configurada para aumentar h_0 en al menos 10 cm, más preferiblemente en al menos 25 cm desde una altura mínima. La altura se puede ajustar preferiblemente dependiendo del tamaño del usuario de tal manera que el primer eje permanezca al mismo nivel o más alto que el centro de gravedad del usuario. Las longitudes L_1 y L_2 también pueden ser ajustables. Los brazos pueden comprender porciones extensibles telescópicamente y/o neumáticamente. Preferiblemente, los brazos están configurados de tal manera que L_1 y L_2 son extensibles al menos 10 cm, más preferiblemente al menos 25 cm. La posición del contrapeso a lo largo del brazo distal también se puede ajustar manual o automáticamente para reducir o aumentar el nivel de apoyo. El ajuste automático de la posición del contrapeso a lo largo del brazo distal puede efectuarse mediante un accionador y puede configurarse preferiblemente para ajustar el soporte de peso corporal proporcionado al usuario en tiempo real. Esto se puede ajustar, por ejemplo, en relación con la posición del usuario en un momento dado.

El apoyo requerido por un usuario también puede variar a lo largo del día, por ejemplo debido al agotamiento. Preferiblemente, esto se puede compensar mediante el sistema de control que hace que el accionador mueva el contrapeso más lejos del primer eje para aumentar el soporte del peso corporal.

- 5 El contrapeso puede comprender preferiblemente una batería. Preferiblemente, el contrapeso está configurado para ser reemplazable y/o el brazo distal está configurado para tener contrapesos adicionales instalados en él. El mismo dispositivo es así adaptable para ser utilizado por usuarios de diferentes tamaños. Esto es especialmente ventajoso en el caso de niños, que pueden utilizar el mismo dispositivo a lo largo de varios años, durante los cuales pueden desarrollar su tamaño, fuerza y habilidades motoras. Esto también es ventajoso para los usuarios que se encuentran en rehabilitación después de un accidente o enfermedad, por ejemplo después de una amputación. A lo largo de la rehabilitación, las necesidades de apoyo del usuario pueden reducirse. Esto se puede acomodar quitando los contrapesos sobrantes del dispositivo.

- 10 En otra realización preferida de la invención, la posición del primer eje se desplaza hacia delante en la dirección de un usuario con respecto al segundo eje. Preferiblemente el desplazamiento hacia adelante está entre 0,2 - 6 cm, preferiblemente 0,5 - 3 cm. Preferiblemente, la posición del primer eje en la dirección x está configurada para ser ajustable de modo que pueda incrementarse manual o automáticamente en al menos 1 cm desde una posición predeterminada. Preferiblemente, un desplazamiento hacia adelante predeterminado es de 2 cm en la dirección x. Al colocar el primer eje no directamente encima del segundo eje sino más cerca del usuario, el centro de gravedad del dispositivo se desplaza hacia delante. Esto es detectado mediante la unidad de control de las ruedas autoequilibrantes, que intenta compensar el desplazamiento moviéndose hacia delante para colocar las ruedas directamente debajo del centro de gravedad del péndulo. Preferiblemente, la posición desplazada hacia adelante del primer eje con respecto al segundo eje da como resultado un ángulo predeterminado θ entre una posición real y una posición de equilibrio del péndulo teórico. Las ruedas autoequilibrantes intentan anular este ángulo θ moviéndose hacia adelante. Por lo tanto, el dispositivo generalmente está orientado hacia el movimiento hacia adelante, imitando la marcha natural. Esto es especialmente ventajoso en el caso de niños que tienden a realizar movimientos inconsistentes cuando su intención es moverse hacia delante. Esto puede incluir movimientos espásticos hacia atrás que, debido a la posición desplazada de los ejes, no se amplificarían. El desplazamiento entre los ejes es preferiblemente ajustable, por ejemplo mediante un excéntrico o una ranura en la que se aloja el primer eje y se fija en una posición definida.

- 15 Preferiblemente, el ángulo entre el brazo proximal y el brazo distal es fijo durante el uso. Este ángulo se puede ajustar de forma manual o automática, por ejemplo, para soportar diferentes usuarios de distintos tamaños, así como para cambiar las características de la fuerza de elevación inducida. En una realización preferida de la invención, la posición angular de uno o ambos brazos proximal y distal se detecta mediante un sensor de posición angular en el balancín o mediante otros tipos de sensores conectados directamente a uno o ambos brazos. Esto puede ser retroalimentado a la unidad de control. En otra realización preferida de la invención, el balancín puede comprender una porción de arco telescópico que conecta los brazos distal y proximal entre sí de manera que el ángulo entre ellos sea ajustable. Preferiblemente, esta porción telescópica está cargada por resorte con elementos amortiguadores para, por ejemplo, equilibrar movimientos abruptos y permitir patrones de marcha armónicos naturales.

- 20 En una realización preferida adicional de la invención, un ángulo α orientado hacia el suelo formado entre los brazos distal y proximal es igual o menor que 180° , preferiblemente entre $90^\circ - 180^\circ$, más preferiblemente entre $110^\circ - 140^\circ$. Por lo tanto, en una posición predeterminada, preferiblemente correspondiente a una posición de pie o de marcha del usuario, el brazo distal tiende a apuntar hacia abajo, hacia el suelo. Es decir, un ángulo predeterminado hacia el suelo entre el brazo distal y la vertical es agudo. Esto contrasta con los dispositivos conocidos en los que el brazo distal tiende a apuntar lejos del suelo en la posición vertical predeterminada del usuario. Ventajosamente, al fijar un ángulo α entre los brazos distal y proximal entre 90° y 180° , el soporte proporcionado por el contrapeso se puede maximizar cuando sea necesario, por ejemplo cuando el usuario se agacha hasta el suelo. Si se elige el ángulo α más pequeño de 90° , la posición más baja daría como resultado un brazo proximal aproximadamente vertical y un brazo distal aproximadamente horizontal. En la posición horizontal, todo el peso del contrapeso actúa ortogonalmente al brazo distal, lo que produce el máximo momento posible. Esto proporciona al usuario la máxima ayuda para levantarse. En la posición vertical del usuario, suponiendo que la altura del primer eje está aproximadamente al nivel de la cintura del usuario, el brazo distal está cerca de estar vertical. Solo un componente muy pequeño del peso del contrapeso actuaría entonces ortogonalmente al brazo distal, lo que daría como resultado un momento muy bajo. De este modo, la fuerza de elevación aplicada al usuario se minimiza cuando éste ya está en posición vertical. Al mismo tiempo, esta disposición permite un alto grado de ahorro de espacio, ya que el dispositivo puede mantenerse compacto.

- 25 Cuando se elige el ángulo mayor α de 180° , la longitud total del dispositivo se hace más larga, abarcando al menos la suma de L_1 y L_2 . La mayor fuerza de elevación se produciría cuando el usuario se encuentra en posición vertical y los brazos proximal y distal están aproximadamente en posición horizontal. Una pequeña variación en la altura del usuario también tendría un menor impacto en la fuerza de elevación aplicada.

- Al analizar varios estudios de casos, se encontró que el ángulo α era más efectivo cuando se establecía entre 110° y 140° , particularmente preferiblemente entre 120° y 130° . Esto se explicará más detalladamente a la luz de las figuras. Se encontró que en este rango de ángulos, el tamaño del dispositivo podría hacerse adecuadamente compacto y al mismo tiempo proporcionar una fuerza de elevación estable que reacciona con suficiente sensibilidad a pequeñas variaciones de altura del usuario. De esta forma, el usuario puede ser soportado en todas las alturas para todas las posturas y tipos de movimiento posibles, incluido el levantamiento del usuario desde el suelo. Esto elimina en una gran medida el papel del asistente necesario para levantar al usuario, como es el caso en gran parte de la técnica anterior.
- 5
- 10 En una realización preferida adicional de la invención, el dispositivo está configurado de tal manera que, cuando el usuario está en una posición de pie, un ángulo α_1 entre el brazo distal y una vertical está entre $45^\circ - 130^\circ$, un ángulo α_2 entre el brazo proximal y la vertical es $45^\circ - 130^\circ$, en donde la suma α de α_1 y α_2 no es más de 180° . La altura h_0 del primer eje se ajusta preferiblemente de modo que permita una rotación sin obstáculos de ambos brazos del balancín alrededor del primer eje. Esto proporciona un dispositivo compacto con un círculo de giro relativamente pequeño y al mismo tiempo mantiene una fuerza de elevación adecuada del balancín.
- 15 También es ventajoso que dichos ángulos permitan al usuario espacio libre detrás de la cabeza y los brazos, lo que permite un movimiento natural y sin restricciones.
- 20 En otra realización preferida de la invención, el dispositivo está configurado de tal manera que la longitud L_2 es mayor que la longitud L_1 , donde preferiblemente L_1 está entre 0,2 - 0,6 m, preferiblemente 0,3 - 0,5, más preferiblemente 0,35 - 0,45 m y L_2 está entre 0,25 y 0,75, preferiblemente 0,3 - 0,6 m, más preferiblemente entre 0,45 - 0,5 m. Se encontró que esto era particularmente eficaz para reducir el peso efectivo del usuario, ya que el momento inducido por el contrapeso aumenta en relación con un momento opuesto inducido por el peso del usuario. Con estas dimensiones también se consigue un dispositivo compacto.
- 25
- 30 En otra realización preferida de la invención, el dispositivo comprende además una rueda de apoyo conectada de manera cargada por resorte debajo del brazo proximal, el brazo distal o la estructura y configurada para evitar que el arnés se caiga sin control durante el uso. La carga por resorte puede lograrse mecánicamente a través de un elemento de un resorte de compresión, resorte de tracción, resorte de torsión o neumáticamente.
- 35 La rueda de apoyo puede ser una rueda suspendida por una varilla telescópica cargada por resorte desde el brazo proximal, también denominado en el presente documento como la suspensión, de modo que la rueda llegaría al suelo antes que el arnés si el brazo proximal alcanzara su ángulo más bajo. La rueda y la suspensión no provocarían que el usuario se detuviera bruscamente como en el caso de las varillas vistas en la técnica anterior, sino que suavizarían su aterrizaje. La longitud de la suspensión y su posición a lo largo del brazo proximal se pueden configurar para establecer una posición más baja para el usuario. La longitud de la suspensión está preferiblemente entre 5 - 40 cm, más preferiblemente entre 10 - 20 cm.
- 40 Como alternativa o adicionalmente, se puede suspender una rueda de manera similar desde el brazo distal para definir una posición máxima hacia arriba del usuario. Esta también puede estar cargada por resorte para evitar que el usuario se detenga bruscamente, por ejemplo, al saltar hacia arriba. En las figuras se muestran otras configuraciones ilustrativas de las ruedas de apoyo y se describen más adelante.
- 45 En una realización preferida adicional de la invención, la rueda de apoyo está posicionada para permitir al usuario variar su altura dentro de un rango correspondiente a estar de puntillas, caminar, agacharse y/o gatear. Ventajosamente, esto permite al usuario la máxima libertad e independencia cuando se utiliza el dispositivo que solo limita los movimientos que se consideran inseguros para el usuario en particular. Preferiblemente, la posición de la rueda de apoyo es ajustable. Esto permite que el dispositivo crezca con el usuario en lugar de ser reemplazado.
- 50 En una realización preferida adicional de la invención, el contrapeso tiene una masa entre 5 - 30 kg, preferiblemente entre 5 - 20 kg, más preferiblemente entre 8 - 12 kg, incluso más preferiblemente alrededor de 10 kg. En particular, con una longitud L_1 de entre 0,35 - 0,45 m, este peso proporcionó una reducción ventajosa del peso efectivo del usuario, especialmente en el caso de un niño.
- 55 En otra realización preferida de la invención, la posición del contrapeso en el brazo distal es variable automáticamente, de modo que se puede variar L_1 . Para este fin, el dispositivo puede comprender un accionador para variar la posición del contrapeso en el brazo distal. Por ejemplo, la unidad de control puede ajustar la posición del contrapeso, por ejemplo deslizándolo a lo largo del brazo distal por medio de un accionador (eléctrico, neumático, etc.), de acuerdo con una intención percibida del usuario. Por ejemplo, si los sensores en el dispositivo detectan que el usuario no intenta levantarse desde una posición agachada, la unidad de control puede configurarse para mover el contrapeso más cerca del primer eje para reducir la fuerza de elevación sobre el usuario, permitiéndole continuar moviéndose de acuerdo con su intención de permanecer agachado. El contrapeso se puede mover más lejos del primer eje para aumentar el momento aplicado para levantar al usuario si se detecta que está intentando alcanzar algo, por ejemplo, poniéndose de puntillas o levantando los brazos.
- 60
- 65

En otra realización preferida de la invención, las al menos dos ruedas autoequilibrantes están combadas negativamente en un ángulo de entre 5° - 20° . En el sentido de la presente solicitud, una "comba negativa" es preferiblemente una disposición de las ruedas del dispositivo para que estén más juntas en la dirección y en la parte superior que en la parte inferior. Un "ángulo de combado negativo" β es preferiblemente un ángulo entre una línea central que pasa desde la parte superior a la parte inferior de una rueda en el plano y y el suelo, donde el ángulo mira hacia el centro del dispositivo. Preferiblemente, el ángulo de inclinación β es de aproximadamente 10° . Esto proporciona al dispositivo una forma más estable con una base más amplia. El vuelco lateral del dispositivo es prácticamente imposible gracias al combado que da como resultado mayor seguridad en caso de condiciones de terreno irregulares o juegos bruscos con otros niños.

Términos tales como sustancialmente, aproximadamente, aproximadamente, etc. describen preferiblemente un rango de tolerancia de menos de $\pm 20\%$, preferiblemente menos de $\pm 10\%$, especialmente preferiblemente menos de $\pm 5\%$, y especialmente menos de $\pm 1\%$, e incluyen el valor exacto.

En otra realización preferida de la invención, la estructura está dispuesta en los lados exteriores de las ruedas, dejando libre un espacio entre las ruedas. Por ejemplo, las ruedas pueden estar conectadas entre sí mediante una estructura que se extiende hacia afuera desde el centro de cada rueda, definiendo el segundo eje. La estructura también puede extenderse hacia arriba y hacia adentro, en dirección al primer eje. Una estructura de este tipo puede utilizarse ventajosamente para transportar el dispositivo. El espacio entre las ruedas se mantiene libre de forma ventajosa para permitir el movimiento sin restricciones del balancín y, por lo tanto, del usuario, tal como cuando corre o gatea.

La estructura puede tener una variedad de configuraciones. Independientemente de la configuración particular, es preferible que la estructura conecte las al menos dos ruedas autoequilibrantes entre sí de manera que su distancia en la dirección y se mantenga preferiblemente equidistante y que la estructura se pueda inclinar sobre el segundo eje.

También es preferible que la estructura soporte el giro hacia la izquierda y hacia la derecha del balancín con respecto al eje de la rueda, preferiblemente por medio de rótulas. Preferiblemente, la estructura está configurada para acomodar una magnitud y dirección diferentes de un ángulo θ entre cada uno de los miembros izquierdo y derecho de la estructura y una vertical. Los miembros izquierdo y derecho de la estructura se extienden preferiblemente cada uno sustancialmente hacia arriba desde un centro de rotación de una rueda autoequilibrante respectiva. Los elementos izquierdo y derecho de la estructura están acoplados preferiblemente mediante una articulación adecuada a un miembro transversal de la estructura que aloja el primer eje. Es especialmente preferible que los miembros izquierdo y derecho de la estructura estén acoplados al miembro transversal por medio de rótulas. Preferiblemente, las rótulas comprenden una ranura para acomodar un cambio en la distancia entre los extremos superiores de los miembros izquierdo y derecho cuando los ángulos θ divergen de cero o del valor predeterminado. Es decir, el miembro transversal puede estar ligeramente sobredimensionado para una posición predeterminada de la estructura donde los miembros izquierdo y derecho se extienden verticalmente desde los centros de rotación de las ruedas. Los extremos sobredimensionados del miembro transversal se pueden así almacenar ventajosamente en la ranura de la rótula. Cuando el usuario comienza a girar hacia la izquierda, por ejemplo, la parte superior del miembro izquierdo de la estructura puede moverse hacia atrás creando un ángulo negativo con la vertical, mientras que la parte superior del miembro derecho de la estructura se mueve hacia adelante creando un ángulo positivo con la vertical. El miembro transversal debe, por lo tanto, abarcar una distancia mayor entre estos dos extremos y las longitudes del miembro transversal alojado en la ranura se reducen. Preferiblemente la diferencia de longitud es muy pequeña, no mayor que 3 mm por ejemplo.

Preferiblemente, las juntas en la estructura están configuradas para proporcionar un grado predeterminado de resistencia a los movimientos que conducen a giros hacia la izquierda y la derecha. Esto puede efectuarse neumática o mecánicamente. Preferiblemente la resistencia es ajustable manualmente o automáticamente por medio de un accionador regulado por la unidad de control. Esto puede reducir ventajosamente la sensibilidad del dispositivo, de modo que los movimientos involuntarios de algunos usuarios no provoquen un giro involuntario.

Preferiblemente, las juntas en la estructura están configuradas para acomodar el combado negativo opcional de las ruedas. Las rótulas se han considerado particularmente adecuadas para este fin.

En otra realización preferida de la invención, el arnés está dispuesto de forma pivotante con respecto al brazo proximal, en donde se proporciona preferiblemente un amortiguador entre el arnés y el brazo proximal. Una conexión pivotante entre el arnés y el brazo proximal permite al usuario aumentar su rango de movilidad sin restricciones ya que el ángulo de sus caderas o cintura no debe mantenerse constante con respecto al brazo proximal. De esta manera se pueden conseguir patrones de movimiento más naturales. Al proporcionar un amortiguador entre el arnés y el brazo proximal, por ejemplo un componente neumático comprimible de caucho o un resorte de compresión, tensión o torsión, un movimiento hacia atrás voluntario o involuntario del torso del usuario no sería detenido abruptamente por el brazo proximal.

En una realización preferida adicional de la invención, la unidad de control está configurada para interpretar una fuerza aplicada por el usuario y para ordenar a los motores y/o accionadores que supriman una fuerza que caiga por debajo de una fuerza umbral y/o se aplique durante menos de una duración umbral, en donde la fuerza umbral y/o la duración corresponden a un movimiento involuntario. La unidad de control puede así configurarse para filtrar los movimientos considerados involuntarios y no amplificarlos. Esto se puede lograr introduciendo datos de diversos sensores en la unidad de control, por ejemplo, datos referentes a condiciones y posiciones del usuario, movimientos del balancín o ubicación de la estructura, y/o datos de los sensores de las ruedas autoequilibrantes. Se puede utilizar un algoritmo para interpretar los datos detectados, por ejemplo para filtrar y clasificar los datos detectados. La unidad de control puede estar configurada para enviar una orden a uno o más motores y/o accionadores tales como los motores de las ruedas autoequilibrantes, un accionador que controla la posición del contrapeso, un ángulo entre los brazos distal y proximal del balancín, una rigidez en las rótulas y/o una rigidez de la suspensión para moverse de acuerdo con la intención del usuario. Los movimientos involuntarios pueden ser absorbidos por los componentes mecánicos del dispositivo para evitar paradas bruscas. La unidad de control puede ventajosamente soportar únicamente los movimientos del usuario que se consideran que corresponden a una intención particular, de modo que el dispositivo mueva al usuario más allá de su intención. El usuario puede depender menos de su propio tono muscular y se puede reducir el agotamiento.

Además, la unidad de control puede adaptar elementos electromecánicos de tal manera que esto afecte y cambie intencionalmente la rigidez/resistencia relacionada con la inclinación de las ruedas autoequilibrantes alrededor del segundo eje. La unidad de control puede adaptar además la sensibilidad de los sensores y los tiempos de reacción de los elementos accionadores, incluidas las ruedas autoequilibrantes.

En una realización preferida adicional de la invención, la unidad de control está configurada para determinar la posición de los brazos proximales y/o distales con respecto a la vertical sobre la base de datos de uno o más sensores y en respuesta a los datos detectados, para suprimir o propagar el movimiento de un usuario ajustando la posición del contrapeso, ajustando la velocidad y/o dirección de las ruedas autoequilibrantes, y/o ajustando la rigidez de un conector entre la rueda de apoyo y la estructura. Ventajosamente, la unidad de control puede soportar los movimientos del usuario en todas las direcciones ignorando o contrarrestando las señales interpretadas como movimientos involuntarios. Se puede utilizar un algoritmo para interpretar los datos detectados y determinar si un movimiento de un usuario se clasifica como voluntario o involuntario. La unidad de control puede programarse preferiblemente para almacenar datos correspondientes a los patrones de movimiento del usuario y aprender qué movimientos tienden a ser intencionales para un usuario en particular.

En otra realización preferida de la invención, la unidad de control está configurada para interpretar datos detectados para determinar si el movimiento de un usuario es voluntario y para propagar solo movimientos voluntarios, en donde el grado de propagación y/o supresión del movimiento del usuario es preferiblemente ajustable. Mediante el ajuste del grado de intervención el usuario podrá ser soportado solo lo necesario para su caso particular. De esta manera se puede evitar un agotamiento excesivo y al mismo tiempo permitir al usuario practicar de forma segura el ejercicio de sus propios músculos y/o control motor.

Tal como se utiliza en el presente documento, la "unidad de control" se refiere preferiblemente a cualquier dispositivo informático que tiene un procesador, un chip de procesador, un microprocesador o un microcontrolador para permitir un control automático de los componentes del dispositivo, como las ruedas autoequilibrantes y/o accionadores potenciales para ajustar la posición del contrapeso, ajustar la rigidez de un conector entre la rueda de apoyo y la estructura, etc. Los componentes de la unidad de control pueden ser convencionales o configurados a medida para la implementación particular. Preferiblemente, la unidad de control comprende un procesador, una memoria y un código informático (software/firmware) para controlar los componentes del dispositivo.

La unidad de control también puede comprender una placa de circuito impreso programable, un microcontrolador u otro dispositivo para recibir y procesar señales de datos de los componentes del dispositivo, tales como sensores con respecto a la posición de ruedas autoequilibrantes u otra información sensorial en relación con la posición angular del brazo proximal y/o distal.

La unidad de control comprende además preferiblemente un medio utilizable o legible por ordenador, tal como un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria flash, etc., en el que está instalado un software o código informático. El código o el software informático para realizar el control de los componentes del dispositivo puede estar escrito en cualquier lenguaje de programación o entorno de desarrollo basado en modelos, como por ejemplo, entre otros, C/C++, C#, Objective-C, Java, Basic/Visual Basic, MATLAB, Python, Simulink, StateFlow, Lab View o ensamblador.

El software, y cualquier descripción funcional del software mediante la descripción del control de componentes o aspectos particulares del dispositivo descrito en el presente documento, se consideran características técnicas debido a una salida física directa en el dispositivo. Por lo tanto, las descripciones funcionales del

software pueden considerarse realizaciones preferidas y definitorias de la invención. El código informático particular empleado está disponible para una persona experta y puede construirse en consecuencia utilizando conocimientos estándar.

- 5 El término "unidad de control está configurada para" realizar una determinada etapa operativa, tal como determinar la posición de los brazos proximales y/o distales con respecto a la vertical y en respuesta a los datos detectados suprimir o propagar el movimiento de un usuario ajustando la posición del contrapeso, ajustando la velocidad y/o dirección de las ruedas autoequilibrantes, ajustando un ángulo α entre los brazos proximales y distales del balancín, ajustando una rigidez de las juntas en la estructura y/o ajustando la rigidez de un conector entre la rueda de apoyo y la estructura, puede abarcar un software diseñado a medida o estándar instalado en dicha unidad de control que inicia y regula estas etapas operativas.

- 10 En una realización preferida de la invención, se proporciona un botón de parada de emergencia en un punto accesible en el dispositivo. Esto puede provocar que el dispositivo de control detenga cualquier movimiento motorizado y/o puede provocar que una rueda de apoyo caiga al suelo. Preferiblemente, la parada de emergencia está ubicada en una porción superior de las ruedas o en la parte superior del primer eje de manera que sea fácilmente visible y accesible para un adulto cercano.

- 15 Dependiendo de las necesidades y capacidades del usuario, se puede proporcionar un botón de parada de emergencia en el arnés o en un punto tal que pueda ser operado por el propio usuario.

- 20 El dispositivo de la invención puede configurarse preferiblemente también para su uso con adultos, adolescentes o niños que no tengan requisitos especiales de movilidad. El dispositivo puede estar adaptado preferiblemente para su uso en actividades de ocio, por ejemplo, en senderismo. Esto puede reducir sustancialmente el agotamiento incluso en un adulto sano y reducir el riesgo de caídas.

Descripción detallada de la invención y ejemplos

- 25 Debería entenderse que, en la práctica de la invención, se pueden emplear diversas alternativas a las realizaciones de la invención descritas en el presente documento. Se pretende que las reivindicaciones siguientes definan el alcance de la invención y que el aparato dentro del alcance de estas reivindicaciones y sus equivalentes sean cubiertos por estas.

- 30 Sin ánimo de ser limitativo, la invención se explicará con más detalle con referencia a realizaciones ilustrativas y a las siguientes figuras:

Breve descripción de las figuras

- 35 FIG. 1 Ilustración esquemática de una vista lateral del dispositivo de ayuda para caminar Hibbot de la técnica anterior, resaltando la disposición de balancín.

FIG. 2 Ilustración esquemática de una vista lateral del dispositivo de ayuda a la movilidad de la presente invención, resaltando la disposición del balancín.

- 40 FIG. 3 Ilustración esquemática de una vista lateral del dispositivo de ayuda a la movilidad según la presente invención con una ranura de posicionamiento del primer eje y sin ruedas de apoyo.

FIG. 4 Ilustración gráfica del cambio de las fuerzas de elevación al cambiar la altura del usuario en el dispositivo de ayuda para caminar Hibbot del estado de la técnica.

- 45 FIG. 5 Ilustración gráfica del cambio de las fuerzas de elevación con el cambio de altura del usuario en un dispositivo de ayuda a la movilidad según la presente invención en el que el ángulo α es 130° .

- 50 FIG. 6 Ilustración de una vista frontal de un dispositivo de ayuda a la movilidad según una primera realización de la presente invención.

FIG. 7 Ilustración de una vista en perspectiva del dispositivo de ayuda a la movilidad según la primera realización de la presente invención.

- 55 FIG. 8 Ilustración de una vista lateral del dispositivo de ayuda a la movilidad según una segunda realización de la presente invención.

FIG. 9 Ilustración de una vista en perspectiva del dispositivo de ayuda a la movilidad según la segunda realización de la presente invención.

- 60 FIG. 10 Ilustración de una vista lateral del dispositivo de ayuda a la movilidad según una tercera realización

de la presente invención.

FIG. 11 Ilustración de una vista en perspectiva del dispositivo de ayuda a la movilidad según la tercera realización de la presente invención.

5

FIG. 12 Ilustración de una vista en perspectiva del dispositivo de ayuda a la movilidad según una cuarta realización de la presente invención.

FIG. 13 Ilustración de una vista frontal del dispositivo de ayuda a la movilidad según la cuarta realización de la presente invención.

10

FIG. 14 Ilustración de una vista en perspectiva del dispositivo de ayuda a la movilidad según una quinta realización de la presente invención.

FIG. 15 Representación esquemática de las fuerzas ascendentes y descendentes que actúan sobre un usuario debido al mecanismo de balancín del dispositivo de ayuda a la movilidad según la invención.

15

FIG. 16 Representación esquemática de las fuerzas adelante-atrás que actúan sobre un usuario debido a las ruedas autoequilibrantes y al desplazamiento axial hacia adelante.

20

FIG. 17 Representación esquemática de una ranura de alojamiento para el primer eje en el que el desplazamiento axial hacia delante es ajustable.

FIG. 18 Representación esquemática de una vista superior de las ruedas autoequilibrantes y el usuario que muestra las fuerzas aplicadas al dispositivo para que el usuario gire a la izquierda.

25

FIG. 19 Representación esquemática de las fuerzas axiales que actúan sobre el dispositivo debido al desplazamiento axial hacia adelante.

FIG. 20 Representación esquemática de miembros de la estructura de rótula que definen el segundo eje y sus posiciones cuando se inclinan hacia atrás y hacia delante.

30

FIG. 21A Representación esquemática de miembros de la estructura de rótula que definen el segundo eje y sus posiciones al girar a la derecha y a la izquierda.

35

FIG. 21B Representación esquemática de una rótula ranurada para acomodar giros hacia la izquierda y hacia la derecha.

FIG. 22 Vista lateral del dispositivo de ayuda a la movilidad según una sexta realización que ilustra un usuario en una postura baja, de pie y alta.

40

FIG. 23 Vista en perspectiva de un modelo tridimensional del dispositivo de ayuda a la movilidad según una séptima realización en el que no se muestran los brazos.

FIG. 24 Vista posterior del dispositivo de ayuda a la movilidad según la séptima realización en la que se resalta el ángulo de combado de las ruedas autopropulsadas.

45

Descripción detallada de las figuras

La porción del dispositivo de ayuda a la movilidad que actúa como balancín se discutirá primero conceptualmente en comparación con la técnica anterior antes de proceder a explicar las características y dimensiones del dispositivo de acuerdo con diversas realizaciones preferidas.

50

Primero se discutirán las FIGs. 1-2 y 4-5 para comparar el funcionamiento del balancín de la presente invención con los dispositivos conocidos de la técnica anterior antes de pasar a explicar los diferentes componentes estructurales de la invención con referencia a la FIG. 3.

55

Las FIGs. 1 y 2 son ilustraciones esquemáticas simplificadas del dispositivo de movilidad Hibbot de la técnica anterior y del dispositivo de la presente invención respectivamente. En ambos dispositivos se puede identificar un conjunto de tipo balancín. En ambos casos, las longitudes efectivas del haz se extienden desde los centros de gravedad del contrapeso y del usuario hasta el fulcro. Las vigas del balancín forman un ángulo inferior que mira hacia el suelo en su posición predeterminada, es decir, en la posición en la que el usuario está de pie. Este ángulo inferior, en adelante α , está resaltado mediante una flecha curva en cada una de las FIGs. 1 y 2 para comparación. El ángulo α de la técnica anterior siempre se muestra como mayor que 180° . Por el contrario, el ángulo α de la presente invención preferiblemente no es mayor que 180° .

60

65

El ángulo de la viga teórica que conecta el centro de gravedad del contrapeso con el fulcro influye dramáticamente en el momento efectivo creado por el peso. Esto se debe a que la fuerza del peso actúa verticalmente hacia abajo debido a la gravedad. Sin embargo, dependiendo del ángulo, un componente mayor o menor de esta fuerza actuará ortogonalmente a la palanca. Como casos extremos, todo el peso del contrapeso contribuye a producir el momento cuando la viga está en posición horizontal y nada del peso produce momento alguno cuando la viga está vertical. Cuanto mayor sea el momento producido por el contrapeso, mayor será la fuerza de elevación producida que actúa sobre el usuario. El ángulo α de la presente invención se selecciona no sólo para hacer un dispositivo más compacto sino también para optimizar la fuerza de elevación aplicada al usuario en diferentes posiciones.

Esto se ilustra gráficamente en las FIGs. 4 y 5 que comparan la relación entre la fuerza de elevación y la altura del centro de gravedad del usuario para diferentes ángulos. En estas figuras, una línea recta discontinua representa un ángulo α_2 del lado del usuario y una línea de puntos representa un ángulo α_1 del lado del contrapeso, ambos leídos en el eje y de la derecha. α_2 se vuelve cada vez más pequeño a medida que el usuario se agacha, mientras que α_1 aumenta. Lo contrario ocurre cuando el usuario asciende. Una curva discontinua representa una fuerza total que actúa sobre el usuario debido al momento causado por el contrapeso y una curva sólida representa un componente de fuerza de elevación que actúa sobre el usuario, donde las fuerzas en Newton se leen en el eje y de la izquierda. La FIG. 4 ilustra un estudio de caso en el que el ángulo α es 230° . La FIG. 5 ilustra un estudio de caso en el que α es 130° . En ambos casos la longitud L_1 desde el fulcro hasta el centro de gravedad del contrapeso es de 0,4 m y la longitud L_2 desde el fulcro hasta el centro de gravedad del usuario es de 0,6 m. En la FIG. 4, la fuerza de elevación efectiva que actúa sobre el usuario es máxima cuando el usuario está en posición vertical y es significativamente menor o incluso negativa cuando el usuario está más cerca del suelo. Lo que esto implica es que un dispositivo de este tipo no puede ayudar a un usuario a levantarse nuevamente después de agacharse hasta el suelo. Generalmente se requiere la ayuda de un cuidador.

Por otra parte, como se ilustra en la FIG. 5, cuando el ángulo α se selecciona a 130° , la fuerza de elevación que actúa sobre el usuario aumenta a medida que el centro de gravedad del usuario se hunde más, ayudando así al usuario a volver a una posición erguida. Esta enseñanza ha sido aprovechada para optimizar los ángulos y dimensiones seleccionados para el mecanismo de balancín de la invención.

Pasando ahora a la FIG. 3, se puede estudiar con más detalle la estructura de un dispositivo **100** de ayuda a la movilidad según la invención. El dispositivo comprende una estructura **26** que puede estar hecho preferiblemente de aluminio extruido para mayor resistencia y ahorro de peso. La estructura **26** conecta las partes principales del dispositivo entre sí y puede comprender ventajosamente porciones telescópicas que permiten adaptar las dimensiones generales del dispositivo a las necesidades cambiantes de un niño en crecimiento o de diferentes usuarios. La estructura une un conjunto de ruedas, en este caso dos ruedas autoequilibrantes **22** y **24** a un primer eje **10** que actúa como fulcro del balancín. Las ruedas autoequilibrantes están configuradas para girar alrededor de un segundo eje **20**, debajo del primer eje. El primer eje **10** une dos brazos juntos: un brazo proximal **12** y un brazo distal **14**. El ángulo α que mira hacia el suelo entre estos dos brazos se fija preferiblemente en un valor de hasta 180° . El ángulo también se puede ajustar por medio de una porción **44** telescópica arqueada de la estructura que conecta los dos brazos entre sí. En esta realización, el conector de arco está además cargado por resorte. El brazo proximal **12** está conectado a un arnés **16** configurado para llevar un usuario. Un acoplamiento **52** conecta el arnés al usuario. Preferiblemente este acoplamiento comprende un amortiguador. El acoplamiento **52** también puede estar articulado preferiblemente dentro de un rango limitado de ángulos. El brazo distal **14** está conectado a un contrapeso **18** configurado para compensar al menos parcialmente el peso del usuario.

[La longitud del brazo proximal entre el primer eje **10** y un punto en el que está acoplado al arnés **16** se puede utilizar como una aproximación de una longitud de viga teórica entre el primer eje y la posición de un centro de gravedad de un usuario cuando está en el arnés **16**. La longitud del brazo proximal recibe la referencia L_2 . En el caso en que el brazo proximal no se extienda hasta el centro de gravedad del usuario, L_2 es la longitud física del brazo **12** y es una mera aproximación de la longitud teórica a tener en cuenta al calcular los momentos que actúan sobre el balancín. La longitud del brazo distal entre el primer eje **10** y el contrapeso **18**, definida preferiblemente con mayor precisión como la longitud desde el primer eje hasta el centro de gravedad del contrapeso **18**, se denomina L_1 .

Es preferible en algunas realizaciones que el primer eje **10** se desplace hacia adelante con respecto al segundo eje **20**. Es decir, no es necesario que los dos ejes estén alineados verticalmente. El desplazamiento hacia adelante se puede ajustar alojando el primer eje **10** en una ranura que abarca porciones de la estructura **26**. Esta ranura se ilustra como **28** y puede configurarse para el ajuste manual de la posición horizontal del primer eje. También es preferible que la posición angular del brazo proximal y/o distal sea monitorizada por un sensor de ángulo. Los datos del sensor de ángulo pueden alimentarse a una unidad de control **36** para ayudar a propagar un movimiento voluntario del usuario o para devolver al usuario a una posición vertical predeterminada, por ejemplo.

Las figuras 6 a 14 muestran una variedad de diferentes disposiciones estructurales del dispositivo de ayuda de movilidad de la invención, en donde particularmente la estructura **26** está adaptado a diferentes necesidades del usuario.

5 Las FIGs. 6 y 7 muestran una vista frontal y en perspectiva del dispositivo de ayuda a la movilidad según una primera realización de la invención. Notablemente en esta realización no se ha incluido ninguna rueda de apoyo **38**, lo que hace que esta realización particular sea adecuada para un usuario con bajo riesgo de caída. El dispositivo se puede utilizar principalmente para reducir el agotamiento en tal usuario mientras se maximiza el rango de movimiento. La rueda de apoyo adicional y otras características opcionales pueden incluirse en esta
10 y cualquiera de las otras realizaciones descritas en el presente documento, en una variedad de posiciones y disposiciones.

El arnés **16** de la primera realización comprende un asiento de tipo balde y un respaldo. El tipo de arnés se puede seleccionar dependiendo del tamaño y necesidades del usuario. Preferiblemente, el arnés esté acolchado. Se utilizan dos ruedas autopropulsadas que están unidas entre sí a lo largo del segundo eje **20** por una parte de la estructura **26**. Una parte superior de la estructura que une las ruedas al primer eje comprende rótulas dotadas cada una de ellas de una ranura para el ajuste de la posición del primer eje. Todo el dispositivo, incluido el contrapeso **18**, la estructura **26** y las ruedas **22** y **24**, está configurado para seguir a un usuario desde atrás, de modo que la dirección hacia adelante es la dirección del arnés. Esto proporciona al usuario
20 mayor libertad y estabilidad.

Las figuras 8 y 9 muestran respectivamente una vista lateral y en perspectiva de un dispositivo de ayuda a la movilidad según una segunda realización de la invención. El dispositivo tiene una estructura similar a la de la primera realización con la excepción de que se incluye una rueda de apoyo **38** conectada por un miembro de estructura cargado por resorte **40** al brazo proximal **12**. La longitud del conector **40** se ha ajustado en este caso para que toque el suelo tan pronto como el centro de gravedad del usuario caiga por debajo de un rango considerado normal para caminar o estar de pie. Esto hace que el miembro cargado por resorte se comprima lentamente de manera que el descenso del usuario se controla hasta una parada gradual. Esto reduce el impacto y la incomodidad para el usuario, evitando el riesgo de lesiones. Tal configuración de la rueda de apoyo
25 puede ser especialmente adecuada para un usuario cuyas habilidades motoras no le permiten agacharse o gatear con seguridad y luego levantarse nuevamente, de modo que cualquier caída significativa del centro de gravedad del usuario se interpreta como una caída y se evita mediante la rueda de apoyo. La longitud y la posición del conector **40** pueden ser preferiblemente ajustables según las necesidades del usuario. Acortar la longitud de **40** permitiría al usuario acercarse al suelo sin intervención del dispositivo.

35 En esta realización particular, se utiliza un resorte de compresión mecánica **50** para absorber el impacto cuando la rueda de apoyo **38** llega al suelo. También se pueden utilizar otras disposiciones que utilizan resortes de tensión o torsión u otras alternativas como un sistema neumático o hidráulico.

40 Las FIGs. 10 y 11 muestran respectivamente una vista lateral y una vista en perspectiva de un dispositivo de ayuda a la movilidad según una tercera realización de la invención. En esta realización, la rueda de apoyo **38** está posicionada sustancialmente entre las dos ruedas autopropulsadas **22** y **24**, dejando el espacio del suelo inmediatamente detrás del arnés libre para que el usuario mueva sus piernas sin conflictos con el dispositivo. La FIG. 10 también muestra esquemáticamente la posición preferida de un conjunto de sensores de rueda **46**
45 en una carcasa **48** de las ruedas autopropulsadas.

Las FIGs. 12 y 13 muestran respectivamente una vista en perspectiva y frontal de un dispositivo de ayuda a la movilidad según una cuarta realización de la invención. Esto es estructuralmente similar a la primera, segunda y tercera realizaciones con la excepción de que la estructura **26** no une las ruedas directamente a lo largo del segundo eje sino que se extiende hacia afuera desde las ruedas autopropulsadas y hacia arriba para formar un miembro de asa de la estructura. Esta disposición es particularmente ventajosa ya que deja libre para el usuario el espacio entre las ruedas. La menor cantidad de componentes en la parte inferior del dispositivo también permite una mayor simplicidad y una menor probabilidad de que objetos o imperfecciones del suelo se interpongan en el camino del dispositivo. En esta realización se incluye una rueda de apoyo opcional **38**. La
50 rueda se suspende de un extremo del brazo proximal **12** cerca del arnés.

La FIG. 14 muestra una vista en perspectiva de una disposición de estructura adicional según una quinta realización de la invención. Esta realización comprende dos ruedas de apoyo **38**: una suspendida del brazo distal **14** y otra dispuesta sobre un miembro de la estructura **26** que conecta las dos ruedas autoequilibrantes.
60

Independientemente de la disposición estructural del dispositivo de ayuda de movilidad, se prefiere que un conjunto de sensores **46** de rueda estén alojados en una carcasa **48** de las ruedas autopropulsadas. Cada rueda autopropulsada puede tener su propio conjunto independiente de sensores. Estos pueden incluir un giroscopio, un acelerómetro y/o un magnetómetro. Se puede proporcionar un sensor de posición angular en una porción de arco de la estructura **26** entre los brazos distal y proximal para medir su posición angular. El arnés puede comprender además un extensómetro y/o un sensor de presión, por ejemplo en el respaldo, para
65

identificar una postura inclinada del usuario que pueda interpretarse como un deseo de moverse hacia atrás. El arnés puede comprender, alternativa o adicionalmente, extensómetros o sensores de presión en los lados para identificar una intención del usuario de girar a la izquierda o a la derecha. Un extensómetro o un sensor de presión opcional en una parte de la ingle del arnés puede identificar la postura vertical del usuario, por ejemplo, si está de puntillas.

Los datos de los sensores pueden alimentarse a una unidad de control **36**. Esto puede estar alojado en cualquier parte del dispositivo. A modo de ejemplo, puede estar alojado en la carcasa de la rueda junto con los sensores, como se muestra en la FIG. 3. En todas las realizaciones, la unidad de control **36** puede estar configurada para interpretar si los datos detectados corresponden a movimientos voluntarios o involuntarios del usuario. Preferiblemente se puede utilizar un umbral de fuerza y/o duración para clasificar los movimientos detectados. Un movimiento más fuerte que se mantiene durante más tiempo puede interpretarse como voluntario. La unidad de control **36** puede configurarse para ajustar diversos parámetros del dispositivo para soportar un movimiento considerado involuntario y para suprimir o ignorar movimientos involuntarios. Por ejemplo, la posición del contrapeso **18** a lo largo del brazo distal puede ajustarse mediante un motor controlado por la unidad de control para adaptar la fuerza de elevación a la intención del usuario.

Las FIGs. 15 a 18 muestran conceptualmente las fuerzas que actúan sobre el usuario debido al dispositivo de ayuda de movilidad.

La FIG. 15 representa un análisis conceptual de las fuerzas que actúan sobre un usuario en una posición predeterminada debido al conjunto de balancín. Esto incluye el contrapeso **18**, el brazo distal **14**, el primer eje **10**, el brazo proximal **12** y el arnés **16**. El primer eje **10** se proporciona a una altura h_0 desde una superficie de apoyo tal como el suelo. Los brazos están dispuestos para formar un ángulo fijo α orientado hacia el suelo entre ellos, donde α puede dividirse en α_1 y α_2 por la línea vertical que pasa por el primer eje **10**. El centro de gravedad del contrapeso se muestra como **m** en la FIG. 15. El contrapeso **m** está dispuesto a una longitud L_1 desde el primer eje y su peso F_g actúa directamente hacia abajo. Cuando α_1 es menor que 90° , un componente **F** de la fuerza de peso F_g actúa ortogonalmente al brazo distal. Un momento que actúa sobre el primer eje **10** debido al contrapeso es entonces $F \times L_1$. La FIG. 15 también representa al usuario por su centro de gravedad. En una posición predeterminada, el usuario está erguido y su centro de gravedad está a una altura **h** del suelo, donde **h** es menor que h_0 . De manera predeterminada, el brazo proximal está a un ángulo α_2 con respecto a la vertical. El momento $F \times L_1$ da como resultado una fuerza F_{ind} que actúa ortogonalmente al brazo proximal. Un componente F_{arriba} de esta fuerza actúa sobre el usuario, donde F_{arriba} puede calcularse como $F_{ind} \times \sin(\alpha_2)^\circ$.

El rango de alturas que puede tomar el centro de gravedad del usuario puede estar limitado por una rueda de apoyo o de otro modo. Este rango de alturas se resalta en la FIG. 15. La posición angular del brazo proximal puede así abarcar este sector resaltado. Las dimensiones y los ángulos utilizados para el conjunto del balancín se pueden configurar para tener esto en cuenta.

Se han utilizado diversos estudios de casos para optimizar las dimensiones del dispositivo de ayuda de movilidad para un usuario que es un niño con parálisis cerebral. Se encontró que el ángulo total α se selecciona mejor entre 90° y 180° , más preferiblemente entre 120° y 140° , incluso más preferiblemente entre 120° y 130° .

En un primer caso (elevado levantamiento con poca variación de altura) se encontró que el balancín podría hacerse más sensible estableciendo α en 130° , L_1 en 0,6 m y L_2 en 0,2 m. La altura del primer eje h_0 era 1 m. La masa del contrapeso era de 10 kg. Se encontró que a estas dimensiones, el peso del niño podía compensarse de manera efectiva, de modo que una pequeña disminución en la altura del centro de gravedad del niño daba como resultado una gran fuerza de elevación que lo devolvía a levantarse.

En un segundo caso (elevación baja con gran variación de altura) se encontró que podía incrementarse el rango de movimientos del niño mientras se reducía la fuerza de elevación cuando la masa del contrapeso era de 10 kg. La longitud L_1 se fijó en 0,4 m, L_2 en 0,6 m y el ángulo α en 120° . En este caso, la variación de la fuerza de elevación con la posición vertical del usuario fue más suave. Por tanto, estas dimensiones eran más adecuadas para un niño con mayor fuerza muscular y que requería menos intervención mecánica.

La FIG. 16 ilustra las posiciones relativas del primer y segundo eje. El resto del balancín no se muestra. El primer eje está situado a una altura Δh por encima del segundo eje. Preferiblemente, el primer eje también se desplaza hacia adelante en la dirección x con respecto al segundo eje en $\pm \Delta s_{fwd}$. Esto hace que el centro de gravedad del balancín esté por delante del segundo eje, dando como resultado un momento alrededor del segundo eje. El tamaño del momento depende del peso del balancín, la diferencia de altura Δh y el desplazamiento en la dirección x Δs_{fwd} . El ángulo θ se puede ajustar moviendo la posición del primer eje horizontalmente, por ejemplo por medio de una ranura de carcasa como se muestra en la FIG. 17.

Las ruedas autoequilibrantes funcionan como un sistema de péndulo invertido con ruedas. Un conjunto de sensores **46** en cada rueda autoequilibrante detecta el desplazamiento del centro de gravedad respecto de una línea vertical que pasa por el centro de rotación de cada rueda. Las ruedas mantienen el equilibrio del sistema

orientándose hacia el desplazamiento, es decir moviéndose hacia adelante. Por lo tanto, el dispositivo está orientado a avanzar hacia delante.

5 La FIG. 18 ilustra conceptualmente las fuerzas que actúan sobre un usuario durante el giro del dispositivo. El usuario comienza a girar hacia la izquierda aplicando una fuerza contra el lado izquierdo del arnés. Esto puede ser detectado por un sensor y propagado si la unidad de control lo considera voluntario. La fuerza aplicada por el usuario crea un momento M a través de la longitud L_2 del brazo proximal que actúa sobre el punto central del dispositivo preferiblemente alineado con el eje z . El momento de giro inclina las ruedas autoequilibrantes en direcciones opuestas, cada una de las cuales está dentro de su plano x como se definió anteriormente, lo que induce rotaciones de las ruedas correspondientemente como una acción contraactiva, haciendo así que el dispositivo se mueva como un todo.

10 La FIG. 19 ilustra la fuerza requerida para inclinar una rueda autoequilibrante en un ángulo θ fuera de la posición vertical. La fuerza es una función de la altura. De este modo se puede apreciar que la altura del primer eje con respecto al segundo eje tiene un efecto directo sobre la sensibilidad del sistema.

15 Las ruedas autoequilibrantes pueden estar unidas entre sí mediante la estructura **26**. Las FIGs. 20 y 21 ilustran una realización preferida de miembros de la estructura (también denominados en el presente documento porciones de la estructura) que conectan el segundo eje de las ruedas autoequilibrantes al primer eje. En la FIG. 20 se muestra una función de inclinación de la estructura. En el presente documento, un miembro superior de la estructura **26** que comprende el primer eje puede desplazarse hacia atrás y hacia adelante en un ángulo θ con respecto al segundo eje de la rueda. Al inclinarse, el ángulo θ_1 y θ_2 formado por un miembro izquierdo y derecho de la estructura respectivamente es igual y en la misma dirección para ambos miembros.

20 En la FIG. 21A, se ilustra una función de giro de la estructura. En este caso, los ángulos θ_1 y θ_2 solo tienen el mismo valor si ambos miembros izquierdo y derecho son equidistantes del punto central del dispositivo. Sin embargo, las direcciones de los dos ángulos son opuestas entre sí. Para permitir que el usuario realice dicho giro mientras las ruedas permanecen en posición, es preferible utilizar rótulas en un extremo superior de los miembros izquierdo y derecho. Los miembros izquierdo y derecho pueden estar conectados a través de un miembro es estructura transversal al primer eje que se encuentra a medio camino entre ellos. Esto permite que el balancín siga al usuario cuando este gira, de modo que el centro de gravedad del dispositivo, incluido el usuario, provoca un momento alrededor del centro del dispositivo. Las ruedas autoequilibrantes pueden entonces seguir girando alrededor del punto central, preferiblemente alineado con el eje z , mostrado por una línea discontinua, y realineándose ellas mismas. Como las ruedas giran alrededor de un punto, el radio de giro del dispositivo se mantiene mínimo. Esto ahorra espacio y permite maniobrar el dispositivo fácilmente en interiores y exteriores.

25 La FIG. 21B muestra una realización preferida de las rótulas en las que se proporciona una ranura para acomodar una distancia diferente entre los miembros de la estructura izquierdo y derecho cuando un usuario comienza a girar a la derecha.

30 La FIG. 22 ilustra un dispositivo de ayuda a la movilidad según una sexta realización preferida en la que las ruedas autopropulsoras están encerradas, dejando preferiblemente solo una pequeña porción de la rueda expuesta. En esta realización, la estructura, el brazo distal y el contrapeso también están casi completamente encerrados. El brazo proximal se deja libre para proporcionar al usuario más espacio. Al encerrar el dispositivo donde sea posible, se puede mejorar la seguridad, especialmente en el caso de que los niños interactúen entre sí. La superficie exterior lisa reduce la probabilidad de que ropa, juguetes u otros objetos queden atrapados en los espacios estrechos o en las partes articuladas del dispositivo.

35 En la sexta realización, el brazo proximal también está articulado en o cerca del punto donde se fija el arnés. Esto permite ajustar la posición del arnés, por ejemplo de un asiento, para el usuario. También puede permitir al usuario colocar su espalda libremente en un ángulo con respecto al brazo proximal. Es decir, cuando se mueve hacia abajo no deben estar también mirando al suelo sino que pueden mantener una postura natural. También es particularmente preferible que el enlace 52 entre el arnés y el brazo proximal comprenda un amortiguador, por ejemplo un amortiguador de caucho.

40 Aunque no se muestra en esta ilustración, se proporciona un botón de parada de emergencia en un punto accesible en el dispositivo. Preferiblemente, la parada de emergencia está ubicada en una porción superior de las ruedas o en la parte superior del primer eje de manera que sea fácilmente visible y accesible para un adulto cercano.

45 La unidad de control puede configurarse para activar una secuencia de parada de emergencia cuando se presiona el botón de parada de emergencia. Preferiblemente, esto causa que el dispositivo de control detenga inmediata o gradualmente cualquier movimiento motorizado y/o puede causar que una rueda de apoyo caiga al suelo.

ES 2 991 630 T3

Finalmente, las FIGs. 23 y 24 ilustran una vista en perspectiva y posterior de un dispositivo de ayuda a la movilidad según una séptima realización de la invención. Para mayor claridad, no se muestran todas las partes en estas figuras. En esta realización, las ruedas están combadas negativamente 10° , de modo que el ángulo superior formado por un triángulo teórico que abarca el suelo y una línea central de cada rueda es de 20° . El ángulo interior β entre la línea central de cada rueda y el suelo es por tanto de aproximadamente 10° . Se descubrió que este ángulo aumentó significativamente la estabilidad del dispositivo y su seguridad.

Lista de números de referencia

10	100	Dispositivo de ayuda a la movilidad
	10	Primer eje
	20	Segundo eje
15	L1	Longitud desde el primer eje al contrapeso
	L2	Longitud desde el primer eje al arnés
20	12	Brazo proximal
	14	Brazo distal
	16	Arnés
25	18	Contrapeso
	22	Primera rueda autoequilibrante
30	24	Segunda rueda autoequilibrante
	26	Estructura
	28	Ranura para ajuste de desplazamiento hacia adelante
35	30	Conjunto de ruedas
	32	Usuario
40	34	Centro de gravedad del usuario
	36	Unidad de control
	38	Rueda de apoyo
45	40	Conector de la estructura de la rueda de apoyo
	42	Rótula
50	44	Conector de estructura de ajuste de ángulo
	46	Conjunto de sensores
	48	Carcasa de rueda
55	50	Resorte
	52	Acoplamiento del brazo del arnés

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) de ayuda a la movilidad que comprende:
- 5 un conjunto de ruedas (30) conectadas entre sí por una estructura (26),
un brazo (14) distal,
un brazo (12) proximal y
10 un primer eje (10) entre el brazo (14) distal y el brazo (12) proximal
- en donde los brazos distal y proximal están dispuestos de forma pivotante alrededor del primer eje (10) y están conectados operativamente a la estructura (26),
15 en donde se proporciona un arnés (16) para recibir a un usuario (32) en el brazo (12) proximal a una longitud L_2 respecto al primer eje (10),
en donde se proporciona un contrapeso (18) en un brazo (14) distal a una longitud L_1 con respecto al primer eje (10) y en donde el contrapeso (18) y ambas longitudes L_1 y L_2 están configuradas para compensar al menos parcialmente el peso del usuario (32),
20 caracterizado porque
- 25 el dispositivo (100) de ayuda a la movilidad comprende además una unidad (36) de control y el conjunto de ruedas comprende al menos dos ruedas (22, 24) autoequilibrantes,
en donde la unidad (36) de control está configurada para controlar las ruedas autoequilibrantes de acuerdo con un principio de péndulo inverso.
30
2. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según la reivindicación 1, en donde el primer eje (10) está dispuesto a una altura h_0 desde el suelo y las al menos dos ruedas (22, 24) autoequilibrantes están configuradas para girar alrededor de un segundo eje (20) dispuesto a una altura menor que h_0 desde el suelo, en donde h_0 está preferiblemente entre 0,3 - 1,2 m y una diferencia de altura Δh entre el primer y el segundo eje es preferiblemente de al menos 0,25 m.
35
3. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según la reivindicación 2, en donde la posición del primer eje (10) está desplazada hacia delante en la dirección de un usuario (32) con respecto al segundo eje (20), preferiblemente entre 0,2 - 6 cm, en donde preferiblemente el desplazamiento entre los ejes es ajustable por medio de una ranura (28) en la que está alojado el primer eje (10).
40
4. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el ángulo α orientado hacia el suelo formado entre el brazo distal (14) y proximal (12) es igual o menor que 180° , preferiblemente entre 90° - 180° , más preferiblemente entre 120° - 140° .
45
5. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo comprende además una rueda (38) de apoyo conectada de forma cargada por resorte por debajo del brazo (12) proximal, el brazo (14) distal o la estructura (26) y configurada para evitar que el arnés se caiga descontroladamente durante su uso.
50
6. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según la reivindicación 5, en donde la rueda (38) de apoyo está posicionada para permitir al usuario (32) variar su altura dentro de un rango correspondiente a estar de puntillas, caminar, agacharse y/o gatear.
55
7. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contrapeso (18) tiene una masa entre 5 - 30 kg preferiblemente entre 8 - 12 kg.
60
8. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la posición del contrapeso (18) en el brazo (14) distal es variable automáticamente, preferiblemente de forma que L_1 pueda variarse en al menos ± 1 cm.
65
9. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la estructura (26) está dispuesta en los lados exteriores de las ruedas (30), dejando libre un espacio entre las ruedas.
65
10. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde

el arnés (16) está conectado de forma pivotante al brazo (12) proximal, en donde preferiblemente se proporciona un amortiguador entre el arnés (16) y el brazo (12) proximal.

5 11. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la estructura (26) comprende un miembro izquierdo y un miembro derecho acoplados mediante rótulas (42) a un miembro transversal que aloja el primer eje (10), en donde las rótulas comprenden preferiblemente una ranura configurada para acomodar un cambio de distancia entre los miembros izquierdo y derecho.

10 12. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad (36) de control está configurada para interpretar una fuerza aplicada por el usuario y para ordenar a un motor y/o accionador que suprima o ignore la fuerza si se detecta que está por debajo de una fuerza umbral y/o se aplica durante menos de una duración umbral, en donde la fuerza y/o la duración umbral corresponden a un movimiento involuntario.

15 13. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad (36) de control está configurada para determinar la posición del brazo proximal (12) y/o distal (14) con respecto a la vertical basándose en datos de un sensor, y en respuesta a los datos detectados, para suprimir o propagar el movimiento de un usuario (32) ajustando la posición del contrapeso (18), ajustando un ángulo α entre los brazos proximal y distal, ajustando una rigidez en una o más juntas de la estructura, 20 ajustando la velocidad y/o la dirección de las ruedas autoequilibrantes (22, 24), y/o ajustando la rigidez de un conector (40) entre la rueda de apoyo y la estructura.

25 14. El dispositivo (100) de ayuda a la movilidad según la reivindicación anterior, en donde la unidad (36) de control está configurada para interpretar datos detectados para determinar si el movimiento de un usuario es voluntario y para propagar únicamente movimientos voluntarios, en donde el grado de propagación y/o supresión del movimiento del usuario es preferiblemente ajustable.

Fig. 1 (Técnica anterior)

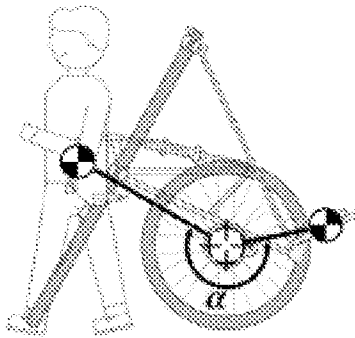


Fig. 2

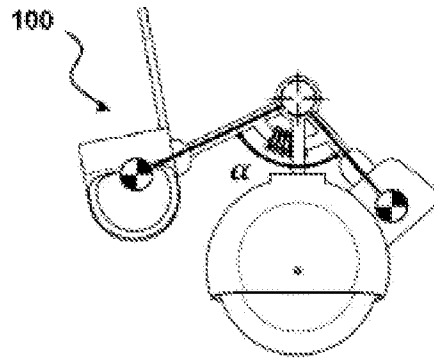


Fig. 3

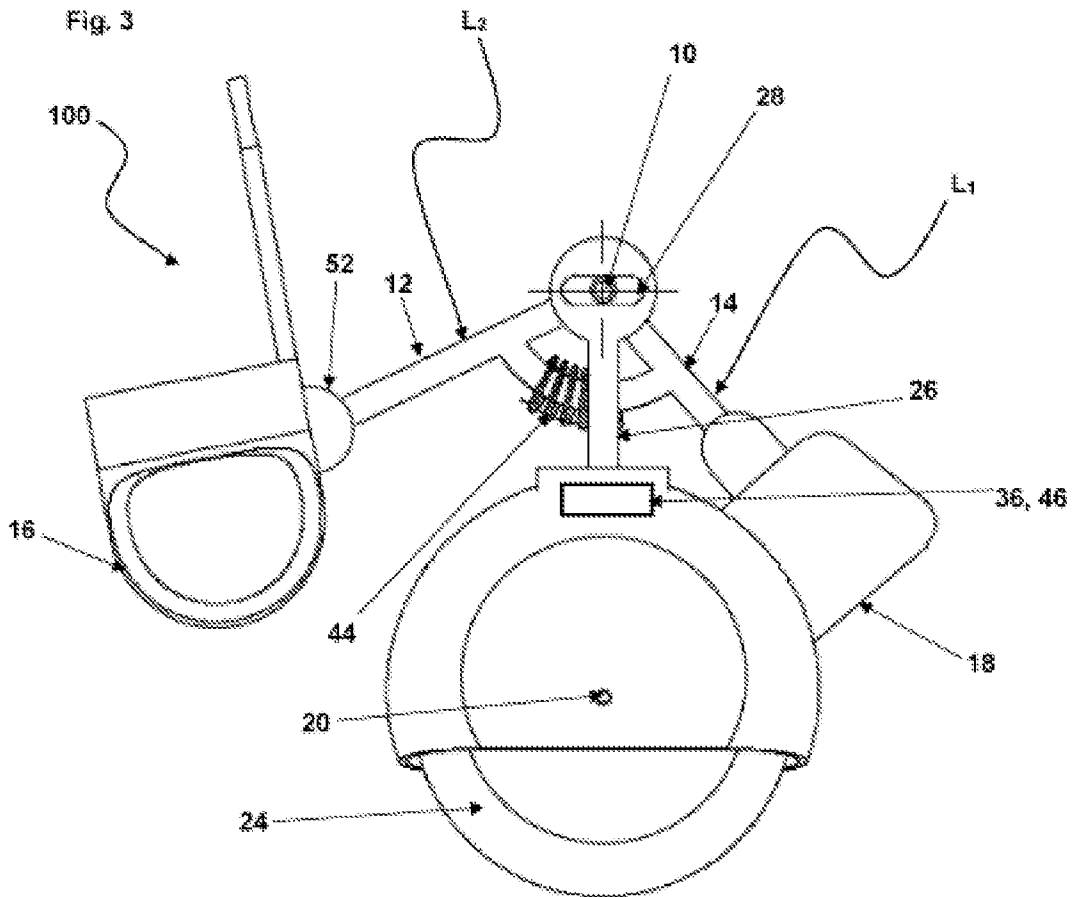


Fig. 4

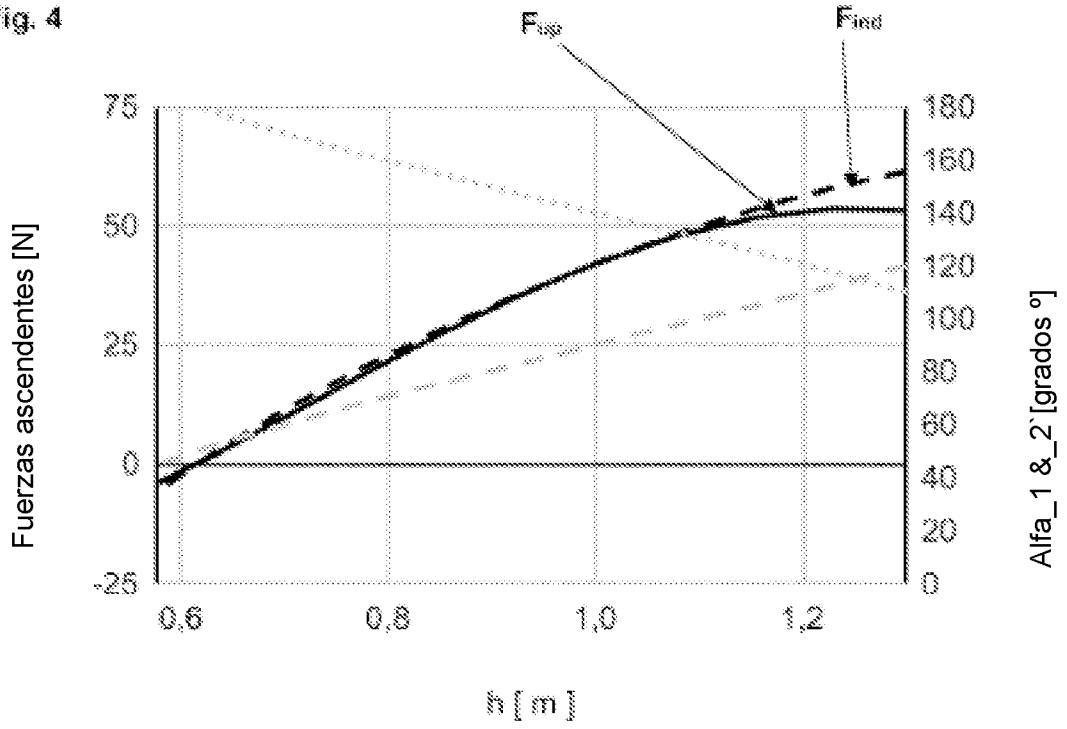


Fig. 5

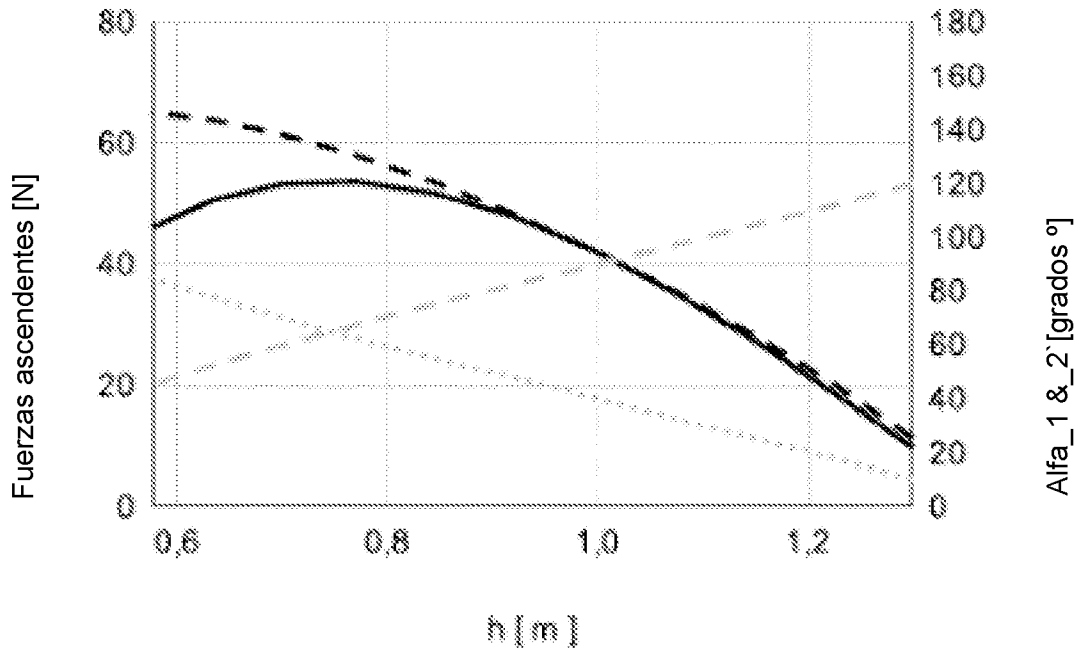


Fig. 6

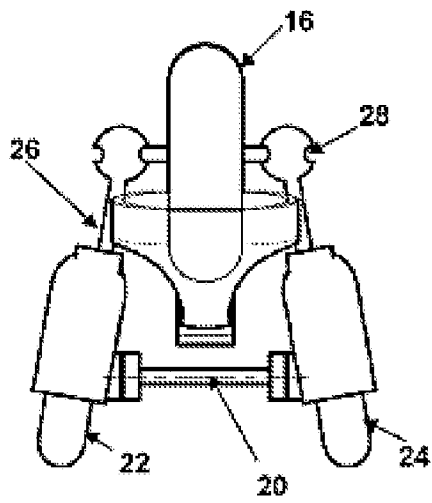


Fig. 7

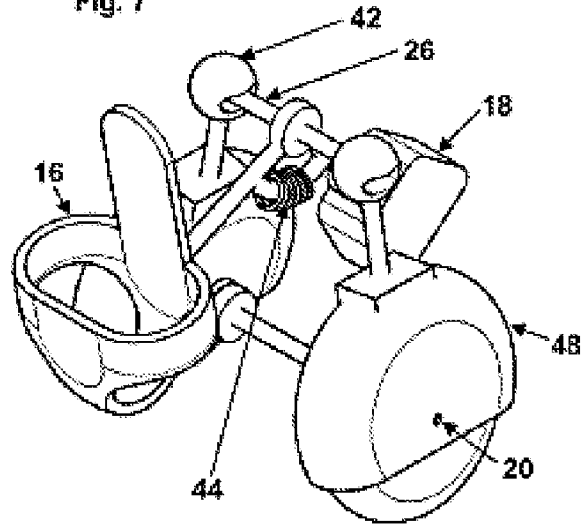


Fig. 8

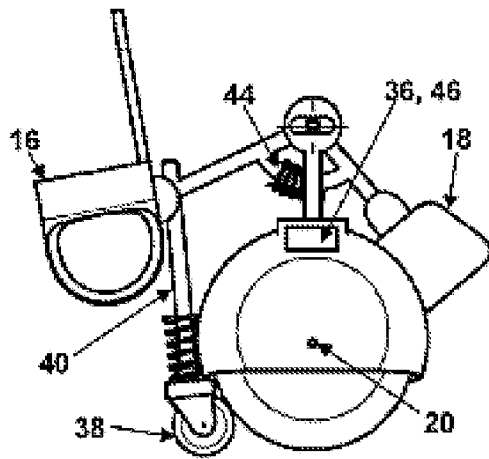


Fig. 9

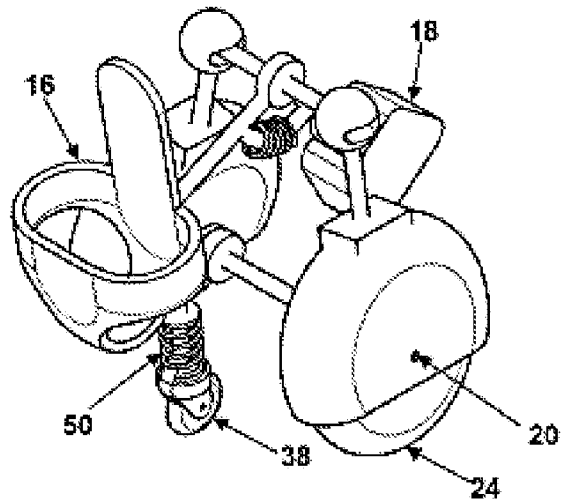


Fig. 10

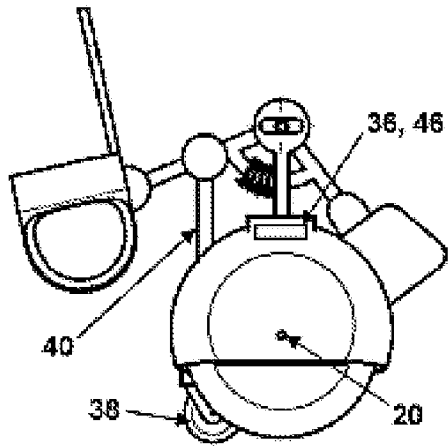


Fig. 11

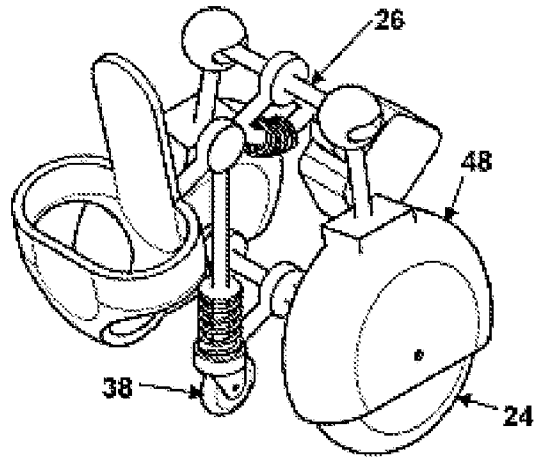


Fig. 12

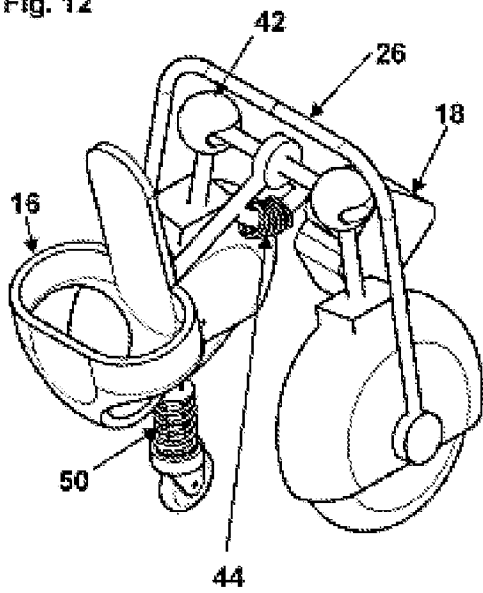


Fig. 13

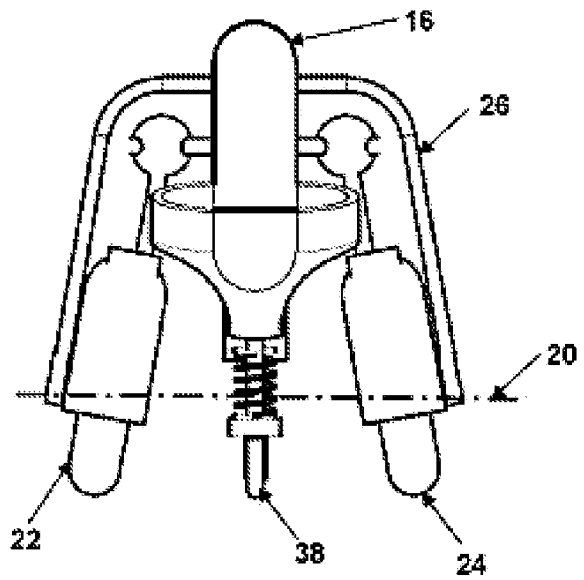


Fig. 14

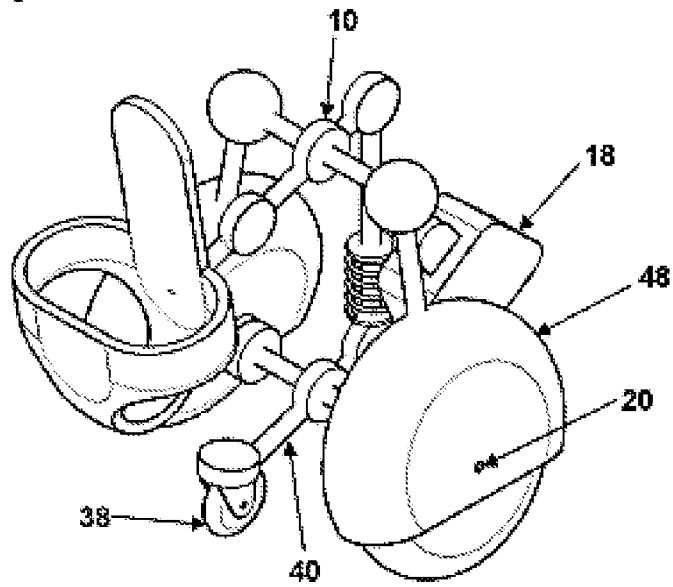


Fig. 15

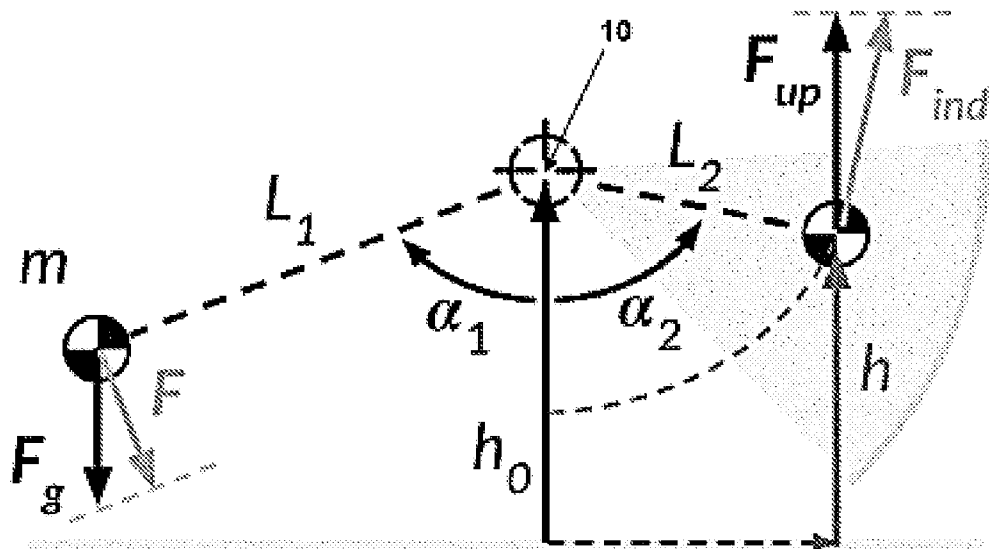


Fig. 16

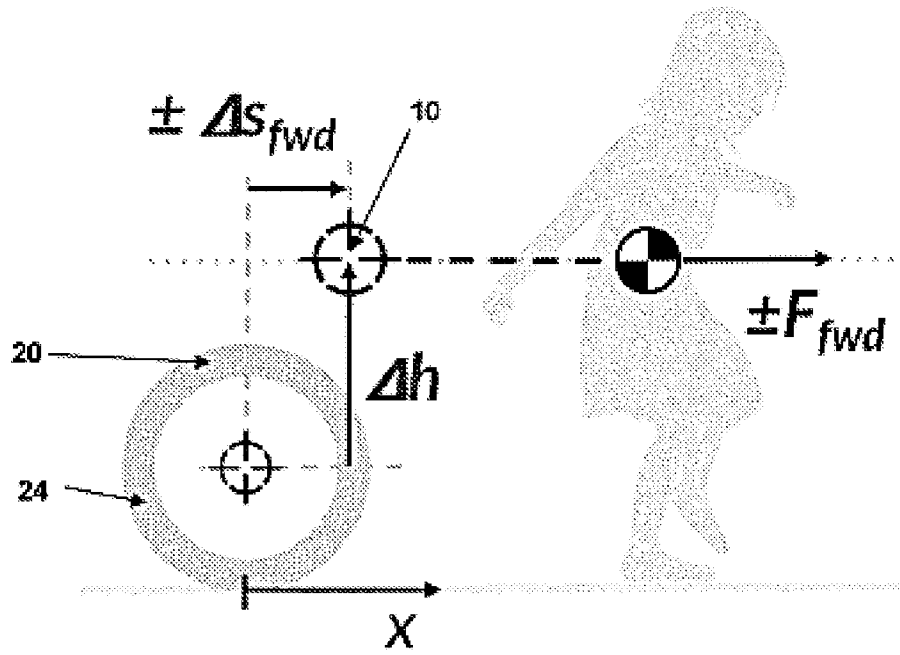


Fig. 17

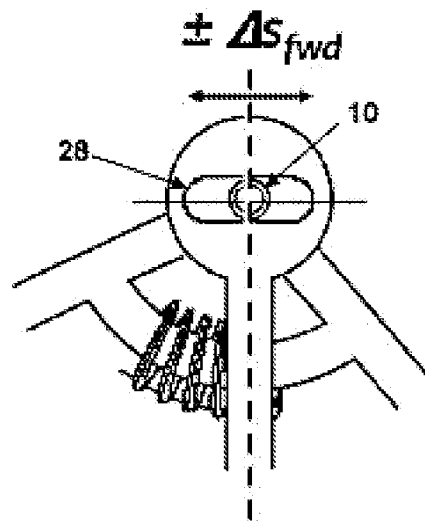


Fig. 18

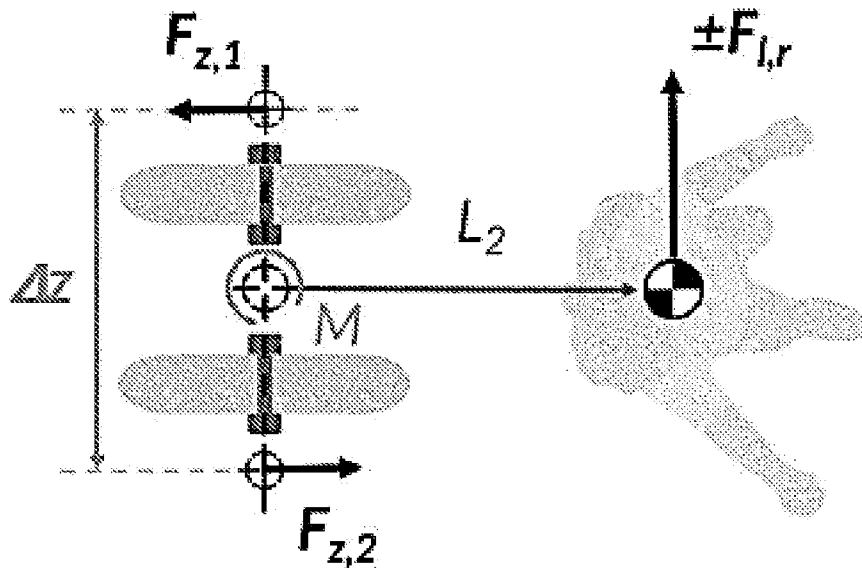


Fig. 19

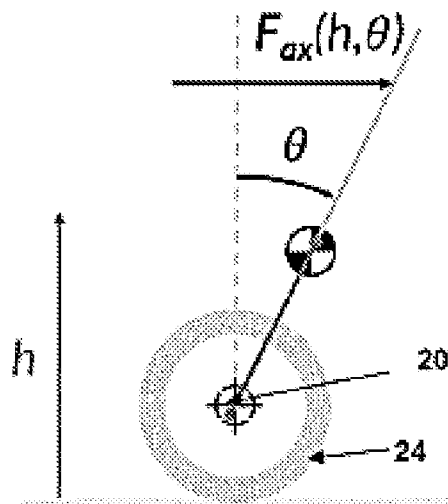


Fig. 20

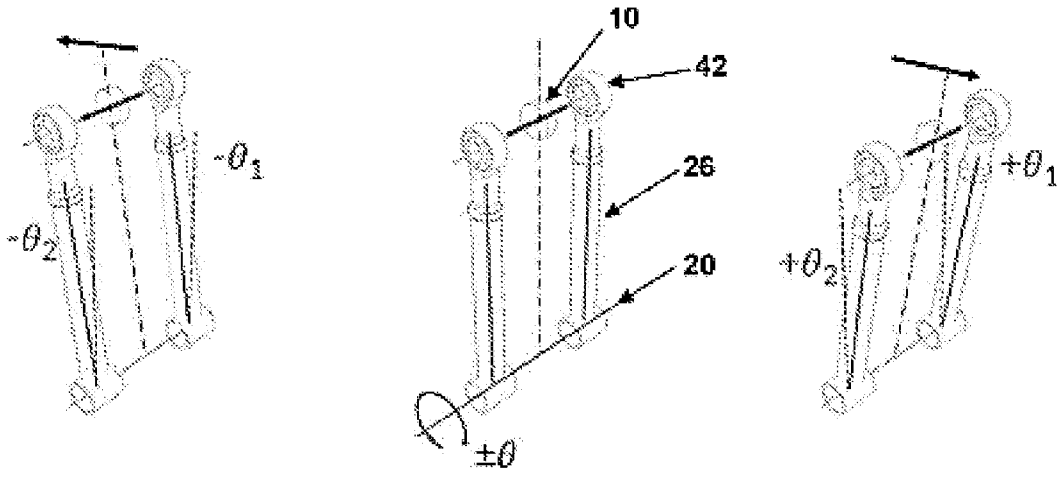


Fig. 21A

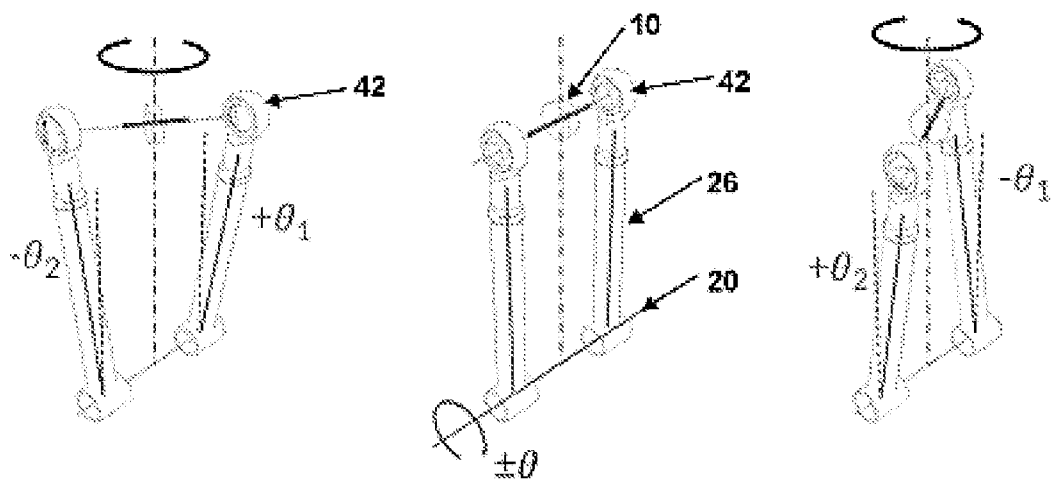


Fig. 21B

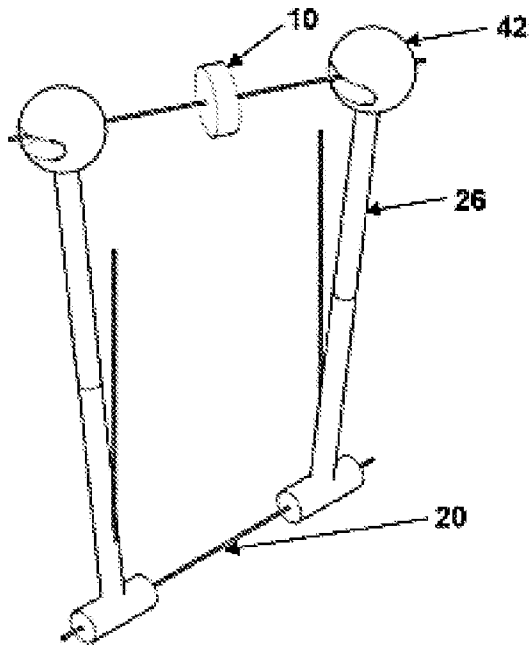


Fig. 22

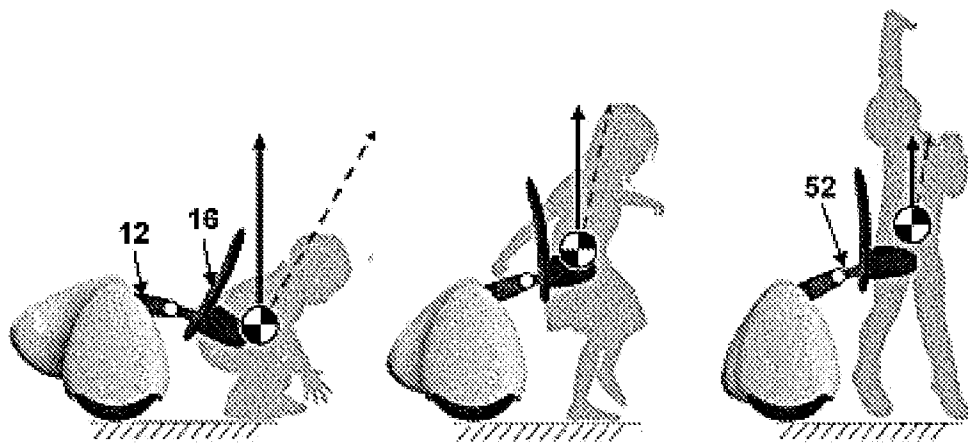


Fig. 23

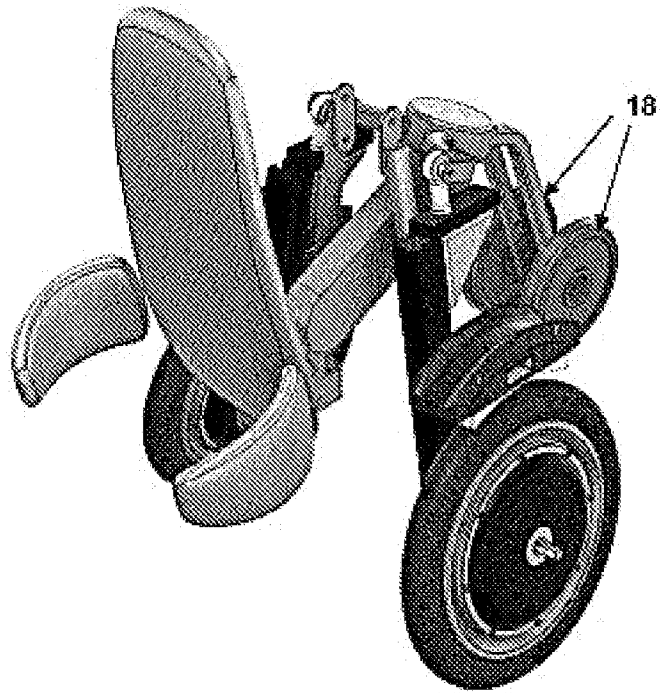


Fig. 24

