

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 594 509**

21 Número de solicitud: 201630794

51 Int. Cl.:

A63B 21/22 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

09.06.2016

30 Prioridad:

09.06.2015 IT 102015000021821

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.12.2016

71 Solicitantes:

**SMARTCOACH EUROPE AB (100.0%)
PRYSSGRAND 10/B
118 20 STOCKHOLM SE**

72 Inventor/es:

POZZO, Marco

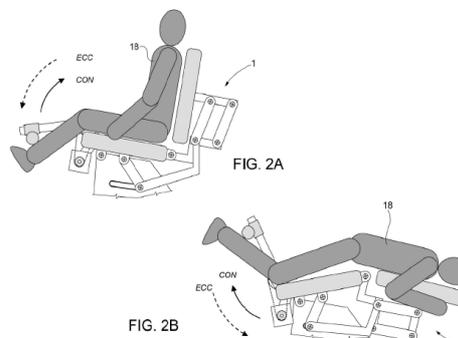
74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

54 Título: **Equipo de entrenamiento y análisis para los músculos de la pierna**

57 Resumen:

Equipo de entrenamiento (100) para ejercitar los músculos de la pierna que posee una máquina de ejercicios (1) con un asiento (2), un respaldo (5) acoplado al asiento y un brazo orientable (9) acoplado a las piernas del sujeto (18) y que es desplazado por el esfuerzo de este; la máquina de ejercicios (1) posee además un mecanismo de conexión (6, 15) que acopla el asiento y el respaldo (5) para definir la primera posición de trabajo de acople del asiento (2) y del respaldo (5), diseñada para los ejercicios de extensión de pierna (Leg Extension) y una segunda posición de trabajo de acople del asiento (2) y del respaldo (5), diseñada para los ejercicios de extensión de pierna (Leg Curl). Una fuente de energía activa (12) acoplada al brazo orientable (9) operable para proporcionar la resistencia deseada contra los esfuerzos del sujeto.



Equipo de entrenamiento y análisis para los músculos de la pierna

DESCRIPCION

5 La presente invención es un equipo de entrenamiento y análisis para los músculos de la pierna, en particular para realizar los ejercicios denominados Leg Extension (extensión de pierna) y Leg Curl (flexión de pierna).

10 Existen varias configuraciones para la realización de los ejercicios de extensión y de flexión de pierna (en adelante, «LE» y «LC» respectivamente por sus siglas en inglés): sentado, decúbito prono o de pie. En términos de biomecánica y ergonomía, existe un consenso general por el que se afirma que la mejor configuración para realizar los ejercicios de LE es en posición de sentado, mientras que para los de LC, es preferible en decúbito prono.

15 Hasta el presente, en el que ya existen máquinas combinadas que permiten realizar los ejercicios de LC y LE sentados o de pie, ningún dispositivo puede convertirse desde la posición de sentado para LE a decúbito prono para LC y viceversa.

20 Por otra parte, la mayoría de los dispositivos convencionales de entrenamiento utilizan columnas de placas de peso para producir la resistencia o, en menor medida, tubos neumáticos, cuerdas elásticas o muelles.

Además, la patente EP 1 871 494 A1 revela un dispositivo para ejercicios LC en decúbito prono que utiliza una rueda inercial (en adelante «rueda inercial o *flywheel*») para producir la resistencia. Comúnmente, en la literatura científica se le conoce como entrenamiento de
25 rueda inercial o *flywheel*.

Numerosos estudios demuestran la eficacia del entrenamiento con *flywheel* y, más concretamente, la efectividad de los ejercicios LC con *flywheel* para fortalecer los músculos flexores de la rodilla y para reducir la incidencia de lesiones. Todo ello se da gracias a su
30 capacidad de generar sobrecarga excéntrica, i.e. producción de mayor potencia en la acción excéntrica que en la acción concéntrica. La acción excéntrica (en adelante, «ECC») se entiende como la fase de alargamiento del músculo y la fase concéntrica (en adelante,

«CON») como la fase del movimiento en la que se acorta el músculo. En este orden de cosas, se debe hacer referencia a:

Askling C, Karlsson J, Thorstensson A, "Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload", Scand J Med Sci Sports. 2003 Aug; 13(4):244-50; o

Tous-Fajardo J, Maldonado RA, Quintana JM, Pozzo M, Tesch PA, "The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development", Int J Sports Physiol Perform. 2006 Sep;1(3):293-8

10

No obstante, la naturaleza pasiva y puramente mecánica del dispositivo mencionado y expuesto en la patente EP 1 871 494 A1 (y otros dispositivos equivalentes) suponen varias limitaciones importantes:

15 Durante la fase ECC la máquina puede devolver, como máximo, la misma cantidad de energía acumulada en la *flywheel* durante la fase concéntrica, por lo que cualquier exceso de potencia en la fase ECC se obtiene a expensas de una duración menor de la fase de frenada; por esta razón, la sobrecarga ECC depende enormemente de la técnica de ejecución y del grado de familiarización con el dispositivo;

20 la sobrecarga ECC únicamente puede obtenerse hacia el final del rango de movimiento (en adelante, «ROM» por sus siglas en inglés).

el límite del ROM es fijo e idéntico para cada repetición de un ejercicio y viene dado por la longitud de la cuerda o correa (el final del movimiento se corresponde con la cuerda o correa completamente desenrolladas del eje);

25 el cambio de inercia se obtiene añadiendo o eliminando las *flywheel* y/o masas adicionales en la periferia de la misma, hecho que supone un gasto de tiempo si se debe cambiar la inercia entre series de ejercicios y/o entre diferentes deportistas;

la masa e inercia del brazo de palanca contra el que el sujeto empuja con las piernas, reduce enormemente la energía neta transferida entre el sujeto y la *flywheel*, ya que se
30 invierte una cantidad considerable de trabajo en poner la palanca en movimiento y posteriormente en frenarla, por lo que de facto se reduce la cantidad de sobrecarga obtenible, especialmente en cargas más bajas (*flywheel* pequeña para ejercicios rápidos y

explosivos); y

la cantidad de sobrecarga y fuerza de la fase excéntrica no puede controlarse a priori, sino que únicamente puede medirse con sistemas dedicados que muestren los resultados de los ejercicios a tiempo real.

- 5 Además, se han propuesto dispositivos de entrenamiento activos con motor (las llamadas «máquinas isocinéticas») cuya estructura se parece a un asiento con un brazo de palanca a motor al que se sujeta la pierna del sujeto con una correa.

10 No obstante, estas máquinas únicamente son capaces de generar resistencia isocinética (velocidad constante independientemente de la fuerza ejercida) en los extensores y flexores de la rodilla y en ningún caso en ejercicios de LC en decúbito prono. Además, su precio las hace inaccesibles para la gran mayoría de usuarios potenciales.

15 El solicitante descubrió que existe gran interés por los dispositivos de entrenamiento diseñados para ejercitar los músculos de la pierna (en especial, para los músculos de la rodilla, como los tendones, que sufren una alta tasa de lesiones en deportes como el fútbol).

No obstante:

20 ningún dispositivo del mercado es capaz de cambiar entre las configuraciones biomecánicamente más eficientes, i.e. decúbito prono para LC y sentado para LE;

las máquinas de peso convencionales no ofrecen los efectos beneficiosos del entrenamiento con *flywheel* en términos de sobrecarga excéntrica;

los pocos dispositivos de *flywheel* existentes para LE y LC padecen la limitación intrínseca de ser dispositivos mecánicos pasivos; y

25 los dispositivos activos (a motor) existentes para realizar ejercicios de cadena cinética abierta con los músculos de la rodilla únicamente ofrecen resistencia isocinética, no pueden cambiar a decúbito prono para LC y poseen un coste excesivo para la gran mayoría de usuarios potenciales.

30 El objetivo de la presente invención es, por consiguiente, subsanar (al menos en parte) los problemas expuestos previamente y, en concreto, proporcionar un equipo mejorado para analizar y entrenar los músculos de la pierna.

De acuerdo con la presente invención, se presenta un dispositivo para analizar y entrenar los músculos de la pierna y se define en las reivindicaciones anexas.

5 Para obtener una mejor comprensión de la presente invención, a continuación se describe la forma de realización preferida (con naturaleza meramente indicativa), en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

10 - la Figura 1a muestra la vista lateral esquemática de una máquina de ejercicios de un equipo de análisis y entrenamiento, de acuerdo con la forma de realización preferida de la presente invención, en una primera configuración de funcionamiento para ejercicios de LC en posición de sentado;

- la Figura 1b muestra una vista lateral esquemática de la máquina de ejercicios, en una segunda configuración de funcionamiento para realizar ejercicios de LC en decúbito prono;

15 - la Figura 2a muestra una vista lateral esquemática de la máquina de ejercicios de la Figura 1a con un sujeto realizando un ejercicio de LE sentado;

- la Figura 2b muestra una vista lateral esquemática de la máquina de ejercicios de la Figura 1b con un sujeto realizando un ejercicio de LC en decúbito prono;

20 - la Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control electrónico acoplado a la máquina de ejercicios en el equipo de análisis y entrenamiento; y

- las Figuras 4a y 4b muestran gráficos de cantidades físicas relacionadas con los ejercicios realizados con la máquina de ejercicios en el equipo de análisis y entrenamiento.

25 Como se detallará en la siguiente divulgación, un aspecto de la presente solución prevé el diseño de una máquina de ejercicios multifunción, particularmente para ejercicios de los músculos de la rodilla (extensores y flexores), que proporcione una o más de las siguientes características:

30 desde un punto de vista ergonómico, una sencilla conversión entre las dos configuraciones más eficientes para cada tipo de ejercicio (i.e. sentado para LE y en decúbito prono para LC) gracias al mecanismo de conversión mecánica por el que se acopla un asiento y un respaldo a la máquina de ejercicios;

- una naturaleza activa al utilizar una fuente de energía activa (como un motor eléctrico) para proporcionar la resistencia y vencer, de este modo, las limitaciones de los dispositivos pasivos convencionales (como el hecho de que la energía ECC no pueda ser más alta que la CON);
- 5 una imitación de la especial resistencia variable típica de los dispositivos de ejercicios de *flywheel*, sin tener que utilizar una *flywheel* mecánica y sin las limitaciones de esta gama de dispositivos (como tener un ROM idéntico para cada repetición);
- permitir un cambio rápido de la inercia utilizando la interfaz de usuario, incluso durante la ejecución de un ejercicio (al contrario que con los equipos mecánicos, que requieren añadir, eliminar o recolocar las ruedas inerciales o *flywheel*);
- 10 ofrecer varios modos de entrenamiento en la misma máquina, por ejemplo: *isoinertial* (isoinercial), *isokinetic* (isocinético), *isotonic* (isotónico, i.e. fuerza constante como en los dispositivos de peso), *elastic* (elástico, i.e. imitación del comportamiento de las bandas elásticas) o una combinación de los mismos;
- 15 permitir ajustar por separado la resistencia CON y ECC;
- reprogramación completa para permitir que sea actualizable añadiendo nuevas características o nuevos paradigmas de entrenamiento potenciales, que puedan surgir de las investigaciones científicas actuales o futuras.
- 20 La configuración mecánica de la máquina de ejercicios (en general indicada con el número 1) se examinará a continuación en detalle, con referencia a la Figura 1a (que muestra de manera esquemática una posible forma de realización de la máquina de ejercicios 1 en la configuración de LE) y a la Figura 1b (que muestra de manera esquemática una posible forma de realización de la máquina de ejercicios 1 en la configuración de LC).
- 25
- Esta máquina de ejercicios (1) incluye:
- un asiento (2), unido a un armazón (3) de la máquina de ejercicios (1) mediante una bisagra (4), que pivota alrededor de un eje (A);
- 30 un respaldo (5) anclado al asiento (2) mediante un engranaje mecánico (6), que incluye una primera y una segunda palanca unidas (7a y 7b) formando una sola gracias a una bisagra (8); la primera palanca de estas dos (7a) está a su vez conectada al asiento (2) mediante

otra bisagra (8');

un brazo orientable (9), acoplado al asiento (2) y diseñado para adaptarse a las piernas del sujeto;

5 un reposapiés (10), transportado por el extremo distal del brazo orientable (9), con distancia (d) ajustable desde el centro de rotación del brazo (9') y con dos galgas de fuerza (no incluidas en el dibujo) integradas en las almohadillas del reposapiés (10) para medir la fuerza ejercida con la extremidad inferior izquierda y derecha del sujeto (lo que permite analizar las fuerzas de manera independiente y determinar el índice de desequilibrio);

10 un motor eléctrico (12) unido a un brazo orientable (9) con una cadena resistente (13) y configurada para causar la rotación del propio brazo orientable (9) en torno a un eje de rotación en el centro de rotación (9'), y

una guía con ranuras (14) fabricada en el armazón (3) por la que se puede deslizar la bisagra (8) que une las palancas (7a y 7b) para cambiar entre las dos posiciones finales.

15 En concreto, el respaldo (5) está acoplado a la unión (6) mediante un paralelogramo articulado (15) que está configurado para ajustarse a la posición del propio respaldo (5) en la configuración de LE. El paralelogramo articulado (15) está a su vez acoplado al asiento (2) mediante otra bisagra (16).

20 Durante la conversión entre las configuraciones de LC y de LE, la bisagra (8) se desliza por la guía con ranuras (14) desde la primera a la segunda posición. Las cinemáticas están diseñadas de manera que las palancas (7a y 7b) permitan únicamente un grado de libertad para el asiento (2) y el respaldo (5), por lo que puede moverse hasta la posición recíproca correcta deseada.

25 La conversión se hace desbloqueando el asiento (2) o el respaldo (5), deslizando uno de ellos hasta la posición deseada y bloqueándolo de nuevo con un cierre mecánico adecuado (no expuesto en detalle en este documento).

30 Asimismo y como medida de seguridad adicional, se puede añadir un tope mecánico (no se muestra en este documento) para prevenir la rotación del brazo orientable (9) más allá del ROM fisiológico de cada configuración.

Las Figuras 2a y 2b representan a un sujeto (18) realizando ejercicios en las dos configuraciones (LE en la Figura 2a y LC en la Figura 2b) con indicaciones de las fases CON y ECC de cada ejercicio.

5 En la configuración para LE (Figura 2a), los músculos objetivo son los extensores de la rodilla (vasto lateral y medial, y recto femoral) y la fase CON se corresponde con la extensión de rodilla.

10 En la configuración para LC (Figura 2b), los músculos objetivo son los tendones de la rodilla y el bíceps femoral y la fase CON se corresponde con la flexión de rodilla.

15 En la Figura 3 se encuentra representado un diagrama de bloques de un sistema de control electrónico, indicado con el número 20, acoplado a la máquina de ejercicios (1) (solo se muestra parcialmente es este documento) en el equipo de análisis y entrenamiento, indicado aquí con el número 100.

El sistema de control electrónico (20) incluye:

20 un sensor angular (22) (un codificador, un tacogenerador, un facoder u otro sensor equivalente) acoplado a un motor eléctrico (12), con el fin de medir el desplazamiento angular θ (o la velocidad ω) del mismo;

una célula de carga (23) integrada en la almohadilla izquierda del reposapiés (10), para medir la fuerza (F_R) ejercida por el pie derecho del sujeto;

25 una célula de carga idéntica a la anteriormente mencionada (24) integrada en la almohadilla derecha (10') del reposapiés (10), para medir la fuerza (F_L) ejercida por el pie izquierdo del sujeto;

un sensor de distancia (25) (un conjunto de células fotoeléctricas, un codificador lineal, un potenciómetro lineal u otro sensor equivalente) para medir la distancia (d) del reposapiés ajustable (10) desde el centro de rotación (9') del brazo orientable (9);

30 una primera configuración opcional para un transductor (26) (célula fotoeléctrica, sensor de proximidad, interruptor de contacto u otro sensor equivalente) para detectar la configuración de LC en la máquina de ejercicios 1;

una segunda configuración opcional para un transductor (27) diseñada para detectar la configuración de LE en la máquina de ejercicios 1;

una unidad de control electrónica (28) (como un microprocesador, un microcontrolador, una unidad de ordenador o una unidad inteligente equivalente) conectada electrónicamente a un

5 sensor angular (22), a unas galgas de fuerza (23, 24), a un sensor de distancia (25) y a una configuración de transductores (26, 27) (si están presentes) y configurada para procesar los

datos de entrada recibidos con dichos sensores (desplazamiento angular θ o velocidad angular ω , fuerza o fuerza dividida entre fuerza izquierda [F_L] y derecha [F_R], distancia [d])

10 con el fin de impulsar el motor eléctrico (12) con las señales adecuadas (S_d) de acuerdo con el modo de entrenamiento deseado (de este modo se controla la rotación del brazo orientable [9]); la unidad de control 28 por lo tanto está configurada para ejecutar, mediante

el procesador integrado (microprocesador, microcontrolador, DSP, ASIC u otro controlador lógico programable), un software adecuado (firmware) almacenado en una memoria

relacionada no volátil (28'), con el fin de implementar la acción de control; y

15 una interfaz externa hombre/máquina (29) (implementada por un ordenador personal, dispositivo móvil electrónico con una unidad con pantalla táctil o unidad equivalente u otro dispositivo similar) configurada para introducir los parámetros de los ejercicios en la unidad

de control (28) (por ejemplo, para seleccionar o definir el modo de entrenamiento deseado y proporcionar de manera opcional un *feedback* a tiempo real de las variables del

20 entrenamiento durante la realización del ejercicio, como: fuerza, velocidad, potencia y otras). Dependiendo del modo de entrenamiento seleccionado, la unidad de control (28) procesa los datos de entrada y controla la velocidad del motor o el torque:

Dependiendo del modo de entrenamiento seleccionado, la unidad de control (28) procesa los datos de entrada y controla la velocidad del motor o el torque:

- en modo *isotonic* (isotónico, fuerza constante), la unidad de control (28) calcula el torque (T)

25 a partir de las fuerzas medidas (F_R y F_L) y la distancia (d): $T = (F_R + F_L) \cdot d$,

y después impulsa el motor eléctrico (12) en circuito cerrado hasta que el torque (T) medido iguale los valores preestablecidos deseados para la fase CON y ECC;

- en el modo *elastic* (elástico), la máquina imita a los muelles o bandas elásticas con resistencia proporcional al desplazamiento angular θ ; la unidad de control (28) implementa

30 un control de circuito cerrado para impulsar el motor eléctrico (12) hasta que se mida el siguiente torque: $T = k\theta$,

donde el valor de k puede ser diferente (rigidez diferente) para la fase CON y ECC;

- en el modo *isokinetic* (isocinético), la unidad de control 28 impulsa el motor eléctrico 12 a una velocidad constante, con valores para CON y ECC preestablecidos respectivamente. En un modo de funcionamiento por defecto, en la fase CON el motor eléctrico (12) y, por consiguiente, el brazo orientable (9) permanecen inmóviles hasta que el sujeto excede el mínimo de fuerza tope en los reposapiés, mientras en la fase ECC el brazo orientable (9) rota a la velocidad preestablecida, empujando la pierna del sujeto y forzándole a realizar la acción ECC del músculo. No obstante, al sujetar con una correa la pierna del sujeto a las almohadillas (10'), el motor eléctrico (12) puede tirar activamente de la pierna también durante la fase CON; o al contrario, el motor eléctrico (12) puede permanecer «pasivo» durante la fase ECC, requiriendo únicamente la fuerza mínima necesaria para superar el tope (positivo o negativo) e iniciar el movimiento.

En pocas palabras, el modo *isokinetic* ofrecerá las siguientes cuatro opciones (si se considera la máquina en la configuración de LE) en las que «pasivo» indica que es el sujeto el que inicia el movimiento (empujando o tirando) y «activo» indica que el movimiento es continuo independientemente del comportamiento del sujeto:

	CON = pasivo ECC = activo	CON = activo ECC = activo	CON = pasivo ECC= pasivo	CON = activo ECC= pasivo
Rotación CON	si T > tope positivo	continuo	Si T > tope positivo	continuo
ECC rotación	continuo	continuo	si T < tope negativo	si T < tope negativo

En consecuencia, estos serán los músculos objetivo y el tipo de acción desarrollada:

	CON = pasivo ECC = activo	CON = activo ECC = activo	CON = pasivo ECC= pasivo	CON = activo ECC= pasivo
Rotación CON	Acción CON en extensores de	Acción ECC en flexores de la	Acción CON en extensores de	Acción ECC en flexores de

	la rodilla	rodilla	la rodilla	la rodilla
Rotación ECC	Acción ECC en extensores de la rodilla	Acción ECC en extensores de la rodilla	Acción CON en flexores de la rodilla	Acción CON en flexores de la rodilla

Estas funciones de control le ofrecen al usuario un abanico único de opciones para entrenar (gracias al *feedback* a tiempo real y a la capacidad del software de exportar datos) y analizar diferentes combinaciones como: el ratio CON/ECC en el mismo músculo, el ratio CON/CON y ECC/ECC entre un músculo y su antagonista, etc. Esto puede resultar primordial en la evaluación y entrenamiento de los deportistas, ya que muchas lesiones tienen su origen en un desequilibrio funcional entre un músculo y su antagonista o en un ratio CON/ECC pobre;

- en el modo *isoinertial* (isoinercial), la máquina imita el comportamiento de una *flywheel*, cuyo principio de funcionamiento se describe con las siguientes expresiones:

5

$$T = I\alpha$$

$$\alpha = d\omega/dt$$

donde T es el torque y α es la aceleración angular (derivada temporal de la velocidad angular ω).

10

Para recrear la misma resistencia, se controla la velocidad del motor eléctrico (12) y se acelera (CON) y decelera (ECC) de manera proporcional al índice T/I, en el que T es la medida total del torque e I es la inercia establecida en la interfaz del software (mediante la interfaz humano/máquina externa [29]).

15

En concreto, ya que I es un parámetro del software, se puede establecer de manera independiente para la fase CON y la fase ECC, lo que se traduce en una función única por la que se ofrece una inercia diferente para las dos fases. Como la energía almacenada en la *flywheel* «virtual» es proporcional a la inercia:

20

$$E = \frac{1}{2} I\omega^2$$

La posibilidad de modificar la inercia de forma independiente para las fases CON y ECC permite a la máquina devolver más energía durante la fase ECC que el trabajo realizado

durante la CON, proporcionando de esta manera una sobrecarga excéntrica verdadera con independencia del ROM y de la técnica de ejecución, que supone una de las principales limitaciones de los dispositivos mecánicos *flywheel*. Por supuesto, esto también permite un cambio rápido de inercia (incluso durante la realización del ejercicio) en oposición a los dispositivos mecánicos, en los que esto mismo requiere la sustitución de las ruedas inerciales (*flywheel*) de forma manual con la consiguiente pérdida de tiempo.

Además, a diferencia de los dispositivos convencionales, la fase ECC se inicia al invertir la velocidad del motor. Esto puede realizarse cuando se alcanza el desplazamiento deseado, como en los dispositivos «pasivos», o cuando la máquina detecta que ya no se ejerce más fuerza en los reposapiés. Con esta opción, el sujeto posee el control de iniciar la fase ECC y no se ve limitado a un ROM idéntico para cada repetición. Otra opción única permite ajustar la duración de la transición de la fase CON a la fase ECC, de forma más abrupta o suave dependiendo del tipo de aplicación y de las preferencias de entrenamiento.

15

Por último, existen otras muchas combinaciones, como:

modo *isoinertial* (isoinercial) con diferente velocidad en la fase CON y en la fase ECC (como se muestra en la Figura 4A): durante la inversión de la velocidad (INV), el motor puede alcanzar una velocidad ECC inicial (v_{ECC}) mayor o menor (en valor absoluto) que la velocidad alcanzada al final de la acción CON (v_{CON}). Por lo tanto, es posible realizar la acción de forma más explosiva en una fase que en la otra. Además, con el grado de libertad añadido de poder establecer diferentes inercias para las dos fases, se puede decidir de manera independiente el valor de la velocidad de ejecución y el valor de la potencia y fuerza para cada fase;

modo mixto *flywheel/isokinetic* (como se muestra en la Figura 4B): durante la fase ECC, la máquina vuelve al modo *isokinetic* (isocinético), lo que significa que la velocidad se mantiene (la «*flywheel* virtual» reduce su velocidad) sin importar cuán fuerte frene el sujeto. Esto permite una sobrecarga ECC prácticamente ilimitada, a excepción única de la fuerza máxima del sujeto. Este modo mixto se considera como un potente estímulo para el entrenamiento excéntrico, mientras se conserva la seguridad de la velocidad controlada y preestablecida del modo isocinético.

30

Otras adiciones pueden incluir la generación de ondulación de torque superpuesta en la resistencia generada, con frecuencia y amplitud ajustable, para combinar el entrenamiento de vibración con los modos de entrenamiento anteriormente mencionados, así como la inestabilidad aleatoria del torque para entrenar la reactividad del sujeto ante perturbaciones inesperadas.

Las ventajas de la solución tratada se hacen evidentes con la descripción anterior.

En cualquier caso, se enfatiza una vez más que el equipo de entrenamiento y análisis (100) divulgado proporciona una máquina de entrenamiento de fuerza multifuncional específicamente centrada en ejercitar los músculos de la pierna, que puede cambiar rápidamente de la posición sentada para extensión de pierna (Leg Extension) a la configuración de decúbito prono para flexión de pierna (Leg Curl) y, en concreto, el uso de un motor eléctrico (12) impulsado por una unidad de control inteligente (28) permite generar resistencia variable con las funciones de control deseadas (por ejemplo, imitando el comportamiento de la *flywheel* y a los dispositivos de ejercicios isocinéticos) en un amplio abanico de configuraciones del entrenamiento.

Por último, es evidente que las modificaciones y variaciones se pueden realizar para lo que se ha descrito e ilustrado en el presente documento, sin desviarse del objetivo de la presente invención, tal y como se define en las reivindicaciones anexas.

En concreto, cabe reseñar que otras soluciones mecánicas equivalentes pueden tener previsto transformar la máquina de ejercicios (10) entre las configuraciones de LE y LC.

Se pueden acoplar nuevos o diferentes sensores a la unidad de control (28), con el fin de implementar la acción de control deseada.

La unidad de control 28 puede ser capaz de almacenar en una memoria asociada no volátil 28' todas las variables del entrenamiento (velocidad, fuerza, potencia, etc.) y, más aún, la misma información puede mostrarse al sujeto 18 durante la realización del ejercicio mediante una interfaz hombre/máquina externa 29.

Además, se puede utilizar una fuente de energía activa diferente en lugar del motor

eléctrico, como un sistema electromecánico, electroneumático, electrohidráulico o equivalentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un equipo de entrenamiento (100) para ejercitar los músculos de la pierna que incluye una máquina de ejercicios (1) con un asiento (2) un respaldo (5) acoplado al asiento y un brazo orientable (9), diseñado para acoplarse a las piernas del sujeto (18) y para que este lo desplace con su propio esfuerzo,
- 10 que se caracteriza porque la máquina de ejercicios (1) incluye un mecanismo de conexión (6, 15) que ajusta el asiento acoplado (2) y el respaldo (5) y está diseñada para definir una primera posición de trabajo para el asiento acoplado (2) y el respaldo (5), concebida para los ejercicios de extensión de pierna, y una segunda posición de trabajo para el asiento acoplado (2) y el respaldo (5), concebida para los ejercicios de flexión de pierna, en el que el mecanismo de conexión (6, 15) contiene un enlace mecánico (6); que este, a su vez, presenta una primera y una segunda palanca (7a, 7b) acopladas a una bisagra (8),
- 15 incluyendo la máquina de ejercicios (1) un armazón (3) con una guía con ranuras (14) por la que la bisagra (8) que une las palancas se desliza para permitir el acople entre el asiento (2) y el respaldo (5) y cambiar así de la primera posición de trabajo estable a la segunda, y además incluye una fuente de energía activa (12) acoplada al brazo orientable (9) y operable para proporcionar la resistencia deseada contra los esfuerzos del sujeto.
- 20
2. El equipo, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el mecanismo de conexión (6, 15) tiene además un paralelogramo articulado (15), que está diseñado para ajustarse a la posición del respaldo (5) y esté acoplado al asiento (2) mediante una bisagra (16).
- 25
3. El equipo, de acuerdo con las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que la fuente de energía activa (12) incluye un motor eléctrico, acoplado al brazo orientable (9) para controlar sus movimientos.
- 30
4. El equipo, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que contiene además un sistema de control electrónico (20), configurado para impulsar la fuente de energía (12) de acuerdo con el programa de ejercicio deseado; en el

que el sistema de control electrónico (20) incluya una unidad de control (28) y sensores (22-27) acoplados a la unidad de control que ofrezcan *feedback* o información sobre los resultados de los ejercicios realizados en la máquina de ejercicios (1); en el que la unidad de control (28) esté configurada para impulsar una fuente de energía activa (12), de acuerdo con la información proporcionada por los sensores de *feedback* (22-27) y el programa de ejercicio deseado.

5. El equipo, de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que la unidad de control (28) sea proporcionada con una memoria (28'), configurada para almacenar información suministrada por los sensores de *feedback* (22-27); que además incluya una interfaz máquina/humano (29) operable por la unidad de control (28) para ofrecer al sujeto (18') información a tiempo real sobre los ejercicios realizados.

6. El equipo, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por el hecho de que los ejercicios incluyan una acción excéntrica (ECC), fase excéntrica o fase de alargamiento del músculo, y una acción concéntrica (CON), fase concéntrica o fase de acortamiento del músculo; y en el que el control del sistema eléctrico (20) esté configurado para controlar la fuente de energía activa (12) en tanto que para proporcionar ajustes independientes de resistencia para las fases ECC y CON.

7. El equipo, de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por el hecho de que el sistema de control electrónico (20) esté configurado para controlar la fuente de energía activa (12) para implementar los diferentes modos de ejercicios, entre los que se encuentren: *isotonic* (isotónico, de fuerza constante), *isokinetic* (isocinético, de velocidad constante), *elastic* (elástico, de resistencia proporcional al desplazamiento), *isoinertial* (isoinercial, de resistencia proporcional a la aceleración), o una combinación de los mismos; en el que el sistema de control electrónico (20) esté configurado para implementar los mismos o diferentes modos de ejercicios en las fases CON y ECC del ejercicio.

8. El equipo, de acuerdo con todas las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el sistema de control (20) esté configurado para superponer estímulos adicionales a la resistencia generada por los esfuerzos del sujeto, como vibraciones superpuestas y/o

perturbaciones aleatorias.

9. Una máquina de ejercicios (1) para el equipo deportivo (100) de acuerdo con todas y cada una de las reivindicaciones anteriores.

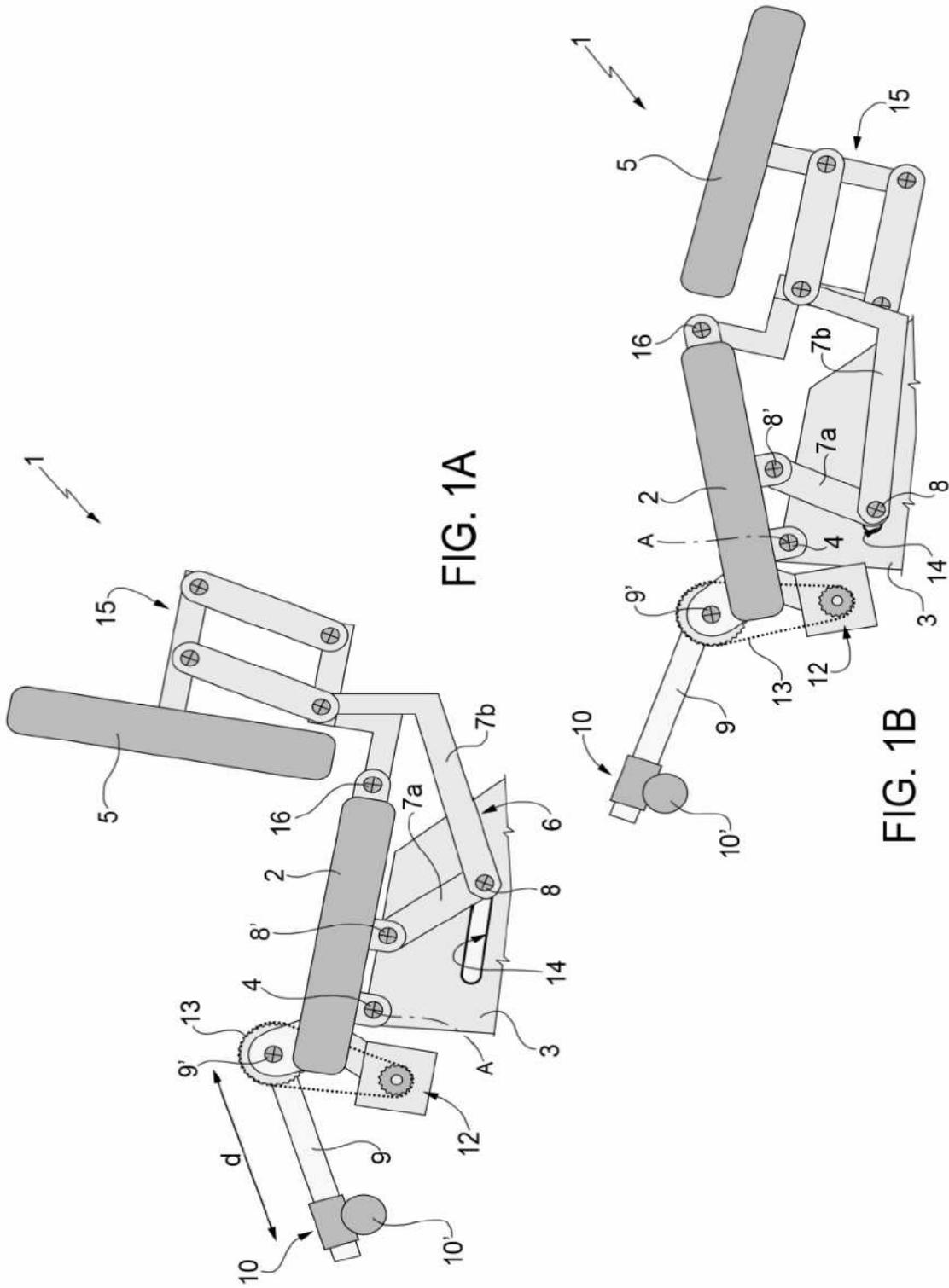
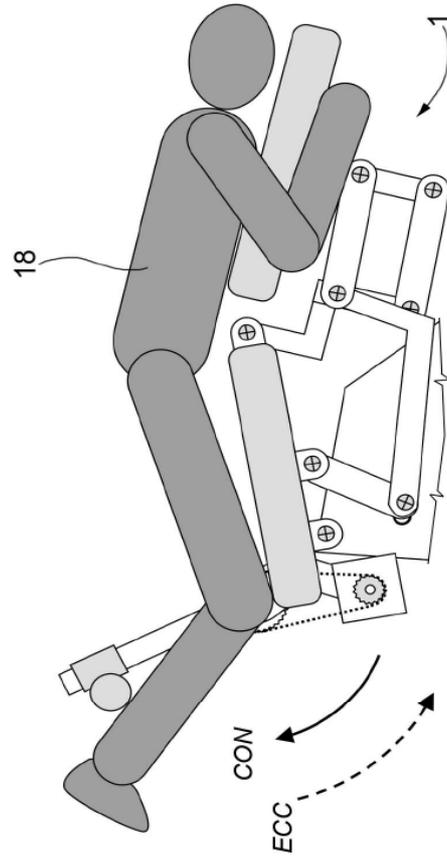
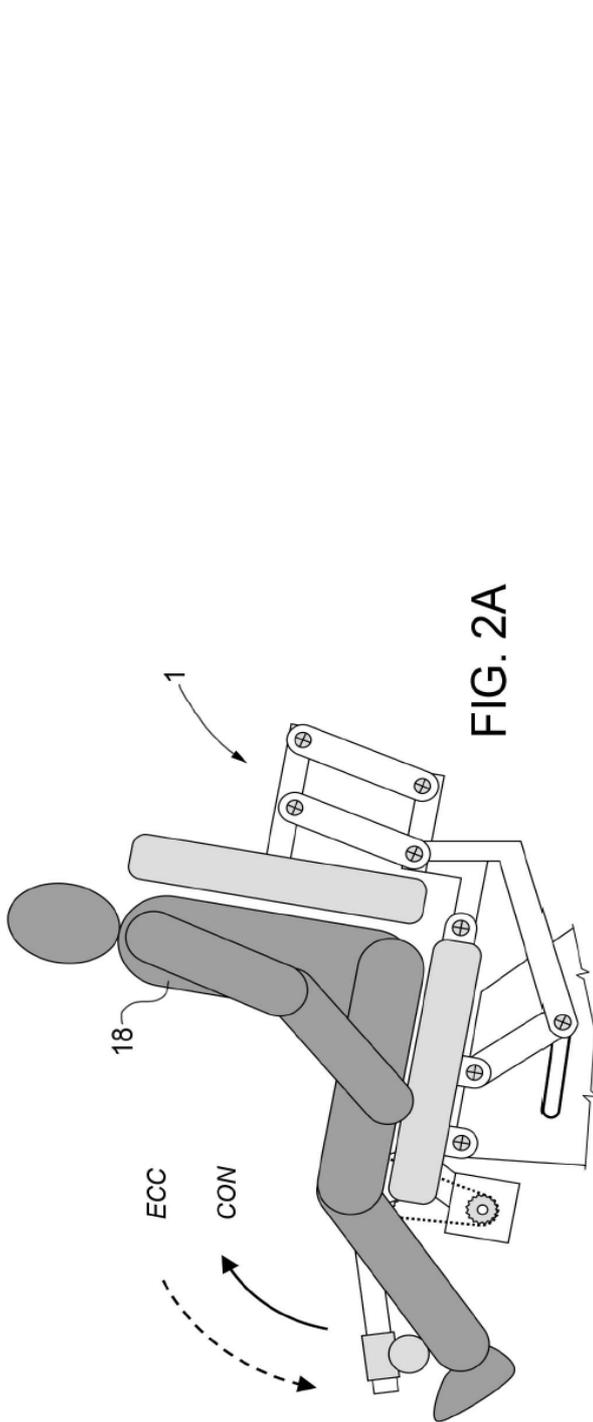


FIG. 1A

FIG. 1B



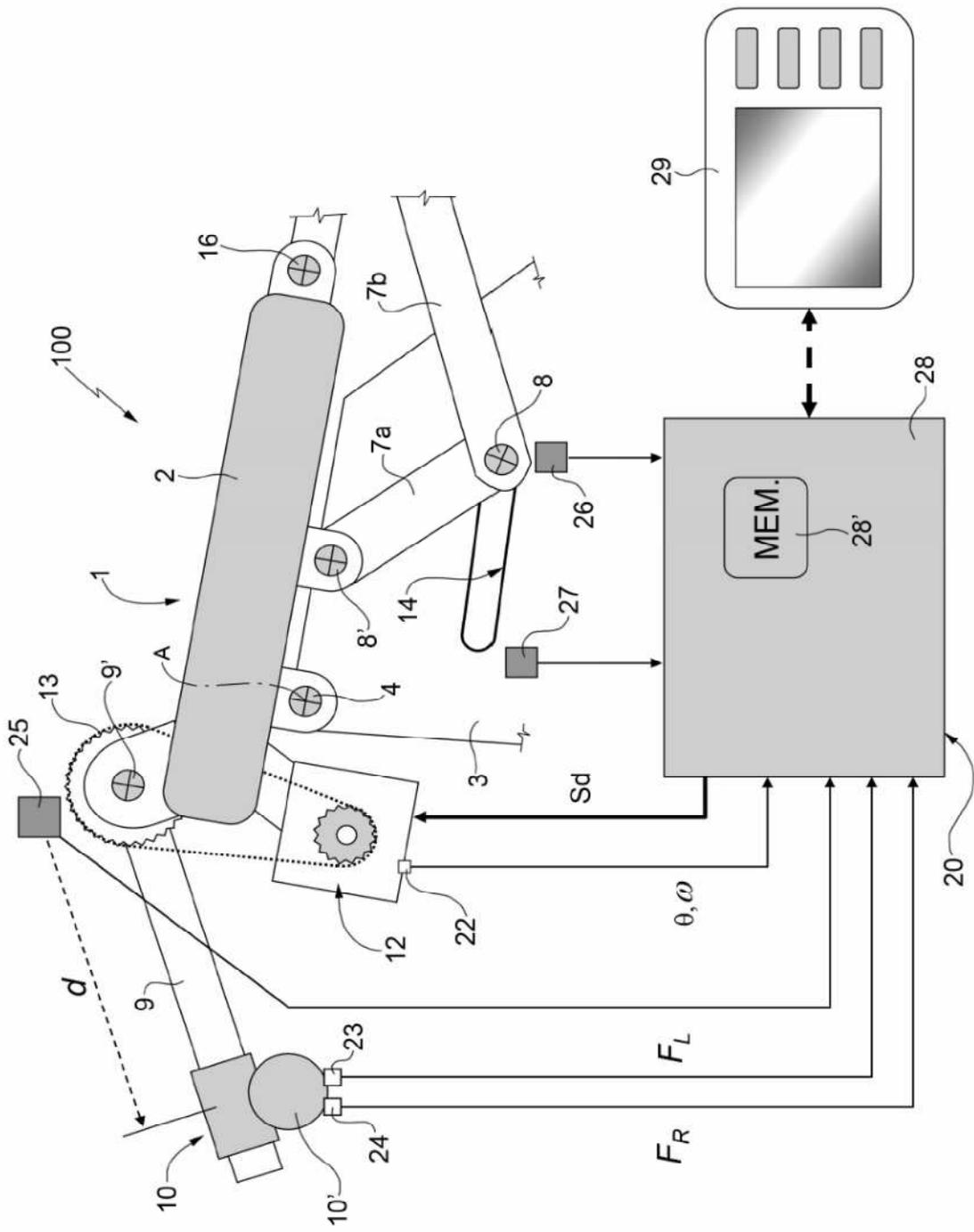


FIG. 3

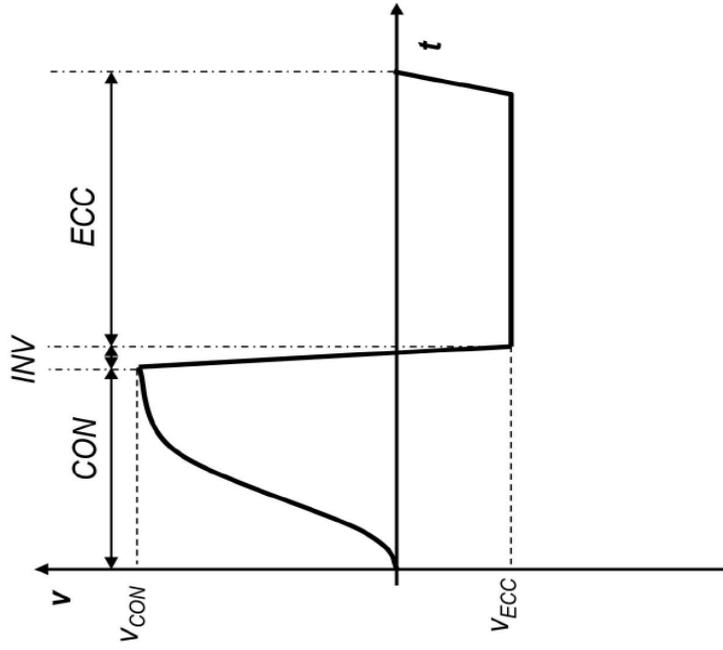


FIG. 4B

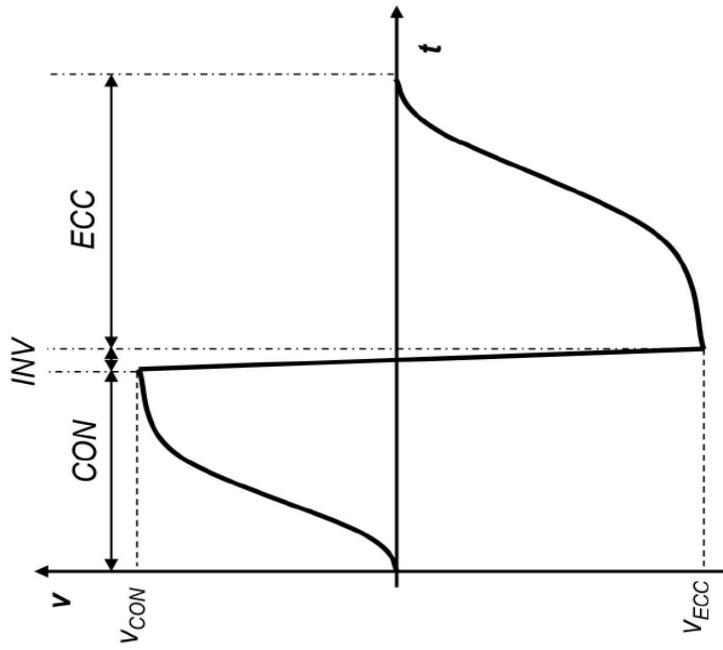


FIG. 4A