

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 450 078**

51 Int. Cl.:

A63B 23/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2009 E 09772139 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013 EP 2303417**

54 Título: **Dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios**

30 Prioridad:

01.07.2008 GB 0811981

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

21.03.2014

73 Titular/es:

**POWERBREATHE HOLDINGS LIMITED (100.0%)
15 Warwick Road
Stratford Upon Avon CV37 6YW, GB**

72 Inventor/es:

**SPURLING, DAVID ALASTAIR;
LAM, DARREN HOE YUNG;
SKELTON, ANDREW;
MCCONNELL, ALISON KAY;
CECELJA, FRANJO y
BROOMHEAD, PETER**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 450 078 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 entrenamiento de músculos respiratorios

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios, que incluye dispositivos de entrenamiento de músculos tanto inspiratorios como espiratorios.
- [0002]** Los dispositivos de entrenamiento de músculos respiratorios en forma de dispositivos de entrenamiento de músculos inspiratorios son bien conocidos, por ejemplo a partir de los documentos GB-A-2 278 545 y US-A-4 854 574.
- 10 Estos dispositivos conocidos incorporan, cada uno de ellos, una cámara que tiene una salida en forma de una boquilla para el paso de aire que va a ser inhalado y exhalado, una entrada que permite que el aire que se va a inhalar entre en la cámara y pase a la abertura, una válvula de escape antirretorno que permite que el aire exhalado que se introduce a través de la abertura salga de la cámara, y una válvula para ofrecer resistencia a la entrada de aire que se va a inhalar hacia la cámara, estando diseñada dicha válvula para abrirse con una presión de umbral constante. Aunque el usuario puede variar la presión de umbral de una respiración a otra o de una sesión a otra, los dispositivos conocidos presentan efectivamente una carga constante preseleccionada para la inspiración. Es decir, la carga es constante en la medida en la que es independiente del flujo y no varía con el tiempo o el volumen de los pulmones.
- 15 **[0003]** No obstante, las características mecánicas de los músculos respiratorios dictaminan que su fuerza (y, por lo tanto, la presión que pueden generar dentro de los pulmones) varía de acuerdo con el nivel de inflamamiento de los pulmones. Consecuentemente, el sometimiento de los músculos respiratorios a una carga de resistencia constante da como resultado una sobrecarga de los músculos a volúmenes elevados de los pulmones, lo cual da como resultado, por ejemplo, una terminación prematura de la inspiración, y/o una carga sub-óptima a volúmenes bajos de los pulmones.
- 20 **[0004]** El documento US 6 631 716 describe un dispositivo de control respiratorio dinámico que incluye una válvula de respuesta rápida con capacidad de aplicar múltiples cargas resistivas sobre el flujo de gas respiratorio en la dirección hacia un paciente y en la dirección proveniente del mismo. Las cargas resistivas se aplican como respuesta a caudales medidos, volúmenes de los pulmones del paciente, y/o presiones en la boquilla.
- 25 **[0005]** El documento US 2008 053 452 describe un aparato para variar de forma aleatoria la resistencia respiratoria aplicada a sujetos humanos y animales con el fin de mejorar su rendimiento.
- [0006]** El documento WO 2005 006 980 describe un aparato para determinar la resistencia de los músculos respiratorios de una persona y el cual comprende una boquilla a través de la cual la persona inspira, medios suministradores de carga para proporcionar una presión contra la cual inspira la persona, y medios de control de la presión para controlar la presión, siendo tales los medios de control de la presión que controlan la presión como respuesta a un patrón respiratorio de la persona.
- 30 **[0007]** Es por lo tanto un objetivo de la presente invención proporcionar un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios que supere o por lo menos palíe las desventajas de dispositivos conocidos, y que pueda proporcionar una carga dinámica de los músculos respiratorios la cual varíe en relación con las capacidades variables de los músculos respiratorios a volúmenes diferentes de los pulmones.
- 35 **[0008]** Según la presente invención, se proporciona un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios que comprende una porción de cuerpo y una porción de boquilla, incluyendo la porción de boquilla:
- 40 una cámara que contiene un conjunto de válvula de orificio variable, incluyendo el conjunto de válvula una primera placa de válvula fija que tiene por lo menos una apertura para el paso de aire y una segunda placa de válvula móvil con respecto a la primera placa de válvula y que tiene por lo menos una apertura para el paso de aire;
- 45 una entrada en un primer lado del conjunto de válvula que permite inhalar aire hacia la cámara; y
- 50 una salida en un segundo lado del conjunto de válvula que permite que un usuario inhale aire que ha pasado a través del conjunto de válvula;
- 55 e incluyendo la porción de cuerpo:
- un sensor de presión para determinar una diferencia de presión en el conjunto de válvula;
- 60 medios para determinar el área de abertura del conjunto de válvula; y
- medios de control que incluyen un accionador para variar el orificio del conjunto de válvula de la porción de boquilla en función de una diferencia de presión determinada por el sensor de presión y de un área de abertura del conjunto de válvula,

en donde la porción de boquilla es separable con respecto a la porción de cuerpo, y en donde la placa de válvula movable tiene una porción dentada en torno a por lo menos una parte de la periferia de la misma para acoplarse al accionador que forma parte de los medios de control, de manera que el accionador transfiere accionamiento a la placa de válvula movable a través de medios seleccionados de entre por lo menos un engranaje que forma parte de una caja de engranajes, incluyendo la caja de engranajes una porción arqueada que forma parte de una superficie de separación con la porción de boquilla.

[0009] Los medios para determinar el área de abertura del conjunto de válvula pueden incluir medios de realimentación posicional, tales como un codificador óptico o magnético, o, como medios para determinar el área de abertura de la válvula, puede servir un accionador destinado a accionar el conjunto de válvula.

[0010] El accionador se puede seleccionar de entre un motor del tipo paso a paso, un servomotor DC, un motor por ultrasonidos u otro tipo de accionador.

[0011] En la primera y la segunda placas de válvula se puede formar, en cada una de ellas, una pluralidad de aperturas en forma de un sector de círculo, espaciadas equitativamente en torno a un eje de cada placa de válvula y separadas por regiones macizas que tienen sustancialmente las mismas dimensiones que las aperturas.

[0012] El conjunto de válvula puede incluir medios impulsores, tales como un muelle helicoidal, que empujen las placas de válvula una hacia otra.

[0013] El conjunto de válvula puede incluir un tope terminal para limitar el movimiento relativo entre la primera y la segunda placas de válvula.

[0014] La primera placa puede estar montada en la cámara de tal manera que permita una cantidad de movimiento relativo entre la placa de válvula y la cámara.

[0015] El sensor de presión puede incluir un primer acceso aguas arriba del conjunto de válvula y un segundo acceso aguas abajo del conjunto de válvula.

[0016] Los medios de control pueden incluir un acondicionador de la señal para convertir una señal de salida del sensor de presión a un formato adaptado para su introducción en los medios de control.

[0017] Los medios de control pueden incluir un microprocesador para determinar la abertura requerida del orificio del conjunto de válvula. El microprocesador puede controlar el orificio, por ejemplo, para mantener un perfil predeterminado de diferencia de presión, de caudal o de carga resistiva, los cuales se pueden hacer variar, por ejemplo, según el volumen y/o el tiempo. Puesto que la diferencia de presión predeterminada es efectivamente una diferencia de presión con respecto a la presión atmosférica, a dicha diferencia de presión se le hace referencia frecuentemente como presión bucal P_{BUCAL} .

[0018] El dispositivo puede incluir medios de realimentación para proporcionar información a un usuario. Los medios de realimentación pueden comprender uno o más de entre una pantalla LCD, un zumbador audible, diodos emisores de luz, una conexión para un ordenador externo, o realimentación vibracional táctil.

[0019] Para entender mejor la presente invención y para revelar más claramente cómo puede llevarse a la práctica la misma, a continuación se hará referencia, a título de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra los componentes principales de una realización de un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios según la presente invención;

la Figura 2 es una vista posterior, explosionada, y en perspectiva, de otra realización de un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios según la presente invención;

la Figura 3 es una vista frontal, explosionada, y en perspectiva, del dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios mostrado en la Figura 2;

la Figura 4 es una vista en perspectiva del dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios de las Figuras 2 y 3, que muestra que el dispositivo se puede separar en dos piezas;

la Figura 5 es una gráfica que muestra una relación de flujo-presión máximos;

la Figura 6 muestra una secuencia básica para el funcionamiento del dispositivo mostrado en las Figuras 1 a 4; y

la Figura 7 es un diagrama de bloques que muestra los componentes principales de otra realización de un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios según la presente invención.

[0020] La Figura 1 ilustra esquemáticamente los fundamentos de un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios según la presente invención, particularmente en forma de un dispositivo de entrenamiento de músculos inspiratorios, y muestra un conducto 1 de aire con flechas que indican la dirección del flujo de aire inspirado, e incluyendo un conjunto 3 de válvula de orificio variable y un accionador 5, tal como un motor paso a paso, para variar el orificio del conjunto de válvula, de manera que el accionador incluye medios para determinar el área de abertura del conjunto de válvula. Un sensor 7 de presión determina la diferencia de presión en el conjunto 3 de válvula y con este fin dispone de un primer acceso 9 que comunica con el conducto 1 de aire aguas arriba (durante la inspiración) del conjunto de válvula para determinar en efecto la presión atmosférica P_{ATM} , y un segundo acceso 11 que comunica con el conducto 1 de aire aguas abajo del conjunto de válvula y que determina en efecto la presión en la boca P_{BUCA} , y por lo tanto los pulmones, de un usuario.

[0021] El sensor 7 de presión está conectado a un acondicionador 13 de la señal que convierte una salida analógica del sensor de presión, por ejemplo, un sensor piezorresistivo de presión, mediante amplificación y filtración para proporcionar una señal que pueda ser usada por el microprocesador. A su vez, una salida del acondicionador de señal se lleva a un microprocesador 15, el cual determina el orificio requerido para el dispositivo y controla el orificio por medio de un controlador 17 de motor y el accionador 5. La energía eléctrica para el dispositivo la proporciona un conjunto 19 de batería y un sistema 21 de gestión energética.

[0022] El orificio de conjunto de válvula se puede controlar con el fin de implementar una carga resistiva variable para el flujo de aire inspirado con el fin, por ejemplo, de mantener un perfil predeterminado de diferencia de presión, caudal o resistencia (según determine el producto de la diferencia de presión y el caudal). La carga se puede variar con respecto al volumen o el tiempo.

[0023] El dispositivo de entrenamiento de músculos inspiratorios mostrado en las Figuras 2 a 4 comprende, tal como se muestra en la Figura 4, una porción 23 de cuerpo y una porción 25 de boquilla separable. El uso de una porción 25 de boquilla que se puede separar con respecto a los componentes principales del dispositivo permite que el usuario limpie (por ejemplo, que lave) la porción de boquilla, con el conjunto de válvula de orificio variable.

[0024] La porción de boquilla comprende una boquilla 27 a la cual se fija un alojamiento 29 de válvula en el cual se enchaveta una placa 31 de válvula, fija, sustancialmente circular, que tiene una pluralidad de aperturas. Por ejemplo, puede haber tres aperturas, cada una de ellas en forma de un sector de círculo, espaciadas equitativamente en torno a un eje de la placa de válvula y separadas por regiones macizas que tienen sustancialmente las mismas dimensiones que las aperturas. Una placa 33 de válvula, giratoria, sustancialmente circular, que tiene una pluralidad de aperturas está montada en una espiga que sobresale axialmente desde el centro de la placa 31 de válvula fija y tiene una porción dentada 35 que se extiende en torno a por lo menos una parte de su periferia. Por ejemplo, la disposición de aperturas puede ser sustancialmente igual a la correspondiente a la placa de válvula fija. De este modo, la placa 33 de válvula, giratoria, es giratoria con respecto a la placa 31 de válvula, fija, de tal manera que, cuando los dos conjuntos de aperturas coinciden, la válvula se abre a un nivel variable, y cuando las aperturas no coinciden la válvula se cierra. Los medios impulsores 37, tales como un muelle helicoidal, empujan la placa de válvula, giratoria, contra la placa de válvula, fija. Cuando el dispositivo se usa únicamente como un dispositivo de entrenamiento de músculos inspiratorios, la fuerza de los medios impulsores puede ser relativamente baja para permitir la separación de las placas de válvula durante la espiración, pero si el dispositivo se va a usar como un dispositivo de entrenamiento de músculos espiratorios, entonces es necesario que la fuerza del muelle impulsor sea suficiente para evitar la separación de las placas de válvula o deben tomarse otras medidas para evitar dicha separación. Otras medidas podrían incluir la inversión del orden de las placas de válvula en un dispositivo pretendido meramente como dispositivo de entrenamiento de músculos espiratorios o la interposición de una de las placas de válvula entre dos de las otras placas de válvula en un dispositivo de función dual. Sobre una cara de la placa 33 de válvula, giratoria, se forma un tope terminal 39 para limitar el movimiento de rotación de la primera entre una configuración totalmente cerrada y otra totalmente abierta, acoplándose el tope terminal en un rebaje periférico formado en la placa 31 de válvula fija. Evidentemente, el número y la forma de las aperturas en las dos placas de válvula se pueden cambiar, por ejemplo, para determinar el rango, la resolución y la sensibilidad a la carga. La porción 25 de boquilla incluye también un respiradero posterior 41 a través del cual entra aire durante la inspiración y el mismo pasa a través del conjunto de válvula hacia la boquilla 27. Una superficie superior del respiradero posterior 41 constituye una región superior del conducto 1 de aire. La disposición de enchavetado entre el alojamiento 29 de válvula y la placa 31 de válvula, fija, permite una pequeña cantidad de rotación relativa con el fin de permitir una pequeña cantidad de rotación continuada después de que el tope terminal haya evitado una rotación adicional entre las dos placas de válvula. Esto permite reiniciar de manera precisa la posición totalmente cerrada del conjunto de válvula sin necesidad de realimentación posicional.

[0025] Puede que sea necesario reiniciar de forma precisa la posición cerrada totalmente (o "de origen") del conjunto de válvula en una posición conocida del motor de tipo paso a paso, por ejemplo, en el caso de pérdida de la posición de los pasos y en ausencia de datos de realimentación posicional (es decir, durante un funcionamiento del motor paso a paso

de bucle abierto). La posición de origen la fija el microprocesador 15 que da instrucciones al motor paso a paso 5 para moverse más de lo que permite el conjunto de válvula debido al tope terminal 39. Cuando la placa 33 de válvula giratoria alcanza el tope terminal, en la posición o bien totalmente abierta o bien totalmente cerrada del conjunto de válvula, y el motor paso a paso continúa girando, las placas (31, 33) de válvula permanecen fijas una con respecto a otra, aunque las placas de válvula en conjunto pueden continuar girando con respecto al alojamiento 29 de válvula. A través de este método, cuando el motor paso a paso se detiene, son conocidas tanto la posición del motor paso a paso como la posición de las placas de válvula una con respecto a otra. El movimiento de las placas de válvula con respecto a la cámara está subordinado al movimiento de las placas de válvula una con respecto a otra, de manera que, durante el funcionamiento normal, las posiciones relativas de las placas de válvula, y por lo tanto el área de abertura de las válvulas, son siempre conocidas.

[0026] La porción 23 de cuerpo incluye las porciones 43 y 45 de alojamiento frontal y posterior. Las regiones superiores de las porciones de alojamiento están curvadas para formar una superficie de separación con la boquilla 25. Una caja 47 de engranajes incluye una porción arqueada que forma parte también de una superficie de separación con la porción 25 de boquilla. Montado en la caja 47 de engranajes se encuentra un accionador 5 de motor de tipo paso a paso que controla la placa 33 de válvula, giratoria, por medio de engranajes acoplados 51 que se acoplan a la porción periférica dentada 35 de la placa de válvula, giratoria. El funcionamiento del motor paso a paso sirve para provocar una oclusión gradual de la abertura del conjunto de válvula con el fin de variar la resistencia al flujo de aire respiratorio. El motor paso a paso convierte impulsos eléctricos en movimientos mecánicos discretos. El motor de tipo paso a paso incorpora un árbol que gira en incrementos de paso discretos cuando se aplican impulsos de mando eléctricos al motor por medio del microprocesador 15 en una secuencia predeterminada. Puesto que los movimientos discretos del motor paso a paso se determinan por los impulsos de mando enviados al mismo, la posición rotacional del árbol, y por lo tanto la posición (y consecuentemente la abertura) de la válvula, se determinan directamente por medio del microprocesador. Una primera toma 53 de presión se extiende hacia la región de entrada del conducto de aire dentro del respiradero posterior 41 para proporcionar una indicación de presión atmosférica, mientras que una segunda toma 55 de presión está separada con respecto a la primera toma de presión y se extiende hacia la región de salida del conducto de aire dentro de la región de la porción 25 de boquilla para proporcionar una indicación de la presión dentro de la boquilla.

[0027] Debería indicarse que el motor de tipo paso a paso se podría sustituir por un servomotor dc, un motor por ultrasonidos u otro tipo de accionador. Además, tal como se ilustra en la Figura 7, si se desea se pueden proporcionar medios 59 de realimentación posicional, por ejemplo, en forma de un codificador óptico o magnético. Los medios 59 de realimentación posicional se pueden fijar al accionador 5 con el fin de determinar la posición de la válvula. Cuando el microprocesador envía órdenes al accionador para mover la placa de válvula, el codificador posicional proporciona una realimentación al microprocesador sobre la posición de la placa de válvula, de manera que el microprocesador puede calcular el flujo de aire y puede dar instrucciones al accionador para que se mueva nuevamente con el fin de aproximarse más al punto establecido que se requiere, es decir, perfil de diferencia de presión, flujo o carga resistiva.

[0028] Los medios de realimentación posicional son particularmente útiles en situaciones en las que la posición de la válvula no se puede determinar directamente a partir de las órdenes del microprocesador hacia el accionador. Esto en general surge cuando el accionador no es un motor de tipo paso a paso y el microprocesador no puede ordenar al accionador que se mueva a una posición conocida.

[0029] Los componentes electrónicos están alojados dentro de la porción 23 de cuerpo aunque no se muestran en las Figuras 2 a 4, y la porción de cuerpo puede incluir un puerto 57 para recargar el conjunto de batería. El puerto 57 puede servir también para la comunicación con un ordenador externo.

[0030] La diferencia de presión es muestreada por la primera y la segunda tomas 53 y 55 de presión y es determinada por el transductor 7 de presión. El área de abertura del conjunto de válvula es conocida en todo momento, o bien mediante el uso del accionador 49 del motor paso a paso que se ha descrito, o bien mediante el uso de medios de realimentación de codificador posicional, para determinar la posición de la placa 33 de válvula, giratoria. El caudal es calculado por el microprocesador 15 en tiempo real usando los datos de presión y de área de acuerdo con una relación del siguiente tipo:

$$Q = C_F \cdot A \cdot \sqrt{(2 \cdot \Delta P / \rho)}$$

55 donde:

Q = caudal
A = área de abertura de la válvula
60 ΔP = diferencia de presión en el conjunto de válvula
 C_F = coeficiente de flujo
 ρ = densidad

Esto se puede aproximar a

$$Q = K.A.\sqrt{\Delta P}$$

donde K es una variable tabulada, dependiente del área de abertura de la válvula y/o la presión (es decir, un coeficiente de flujo dinámico), determinada mediante experimentos directos en el dispositivo. Alternativamente, se puede realizar una aproximación a K mediante una constante que pueda ser determinada fácilmente por experimentación en función de la configuración del dispositivo.

[0031] El volumen de flujo se calcula integrando el caudal con respecto al tiempo:

$$V = \int Q.dt$$

[0032] De esta manera, el dispositivo de entrenamiento de músculos inspiratorios según la presente invención puede determinar el caudal, el volumen de flujo y la presión bucal con solamente un sensor de presión.

[0033] Según un procedimiento para usar un dispositivo de entrenamiento de músculos inspiratorios de acuerdo con la presente invención, se ha demostrado previamente que, para un usuario individual, se puede obtener la siguiente aproximación de la variación de la presión bucal inspiratoria máxima con el volumen de los pulmones:

$$P_{MAX} = P_{MAX(RV)} - (P_{MAX(RV)} \cdot (V^2 + 2 \cdot V) / (VC^2 + 2 \cdot VC))$$

donde:

P_{MAX} = presión bucal máxima con un volumen pulmonar dado

V = volumen de los pulmones (sobre el volumen residual)

VC = capacidad vital del usuario

$P_{MAX(RV)}$ = presión bucal máxima del usuario con el volumen residual (el volumen de aire que queda en los pulmones del usuario al final de una espiración máxima)

[0034] Para garantizar un estímulo de entrenamiento óptimo con todos los volúmenes pulmonares, la carga de entrenamiento de los músculos inspiratorios se mantiene en una proporción fija de la presión bucal máxima del usuario según la relación antes definida durante toda la inspiración. Por ejemplo, para un entrenamiento al 50% de P_{MAX} :

$$P_{CARGA} = 0,5 \times P_{MAX} = 0,5 \times [P_{MAX(RV)} - (P_{MAX(RV)} \cdot (V^2 + 2 \cdot V) / (VC^2 + 2 \cdot VC))]$$

[0035] Así, la presente invención proporciona un dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios que puede proporcionar una carga variable sobre los músculos respiratorios de un usuario, y en particular los músculos inspiratorios del usuario.

[0036] Para fijar la carga correcta para un usuario en particular, se requieren los valores de VC y $P_{MAX(RV)}$.

[0037] El valor de VC (capacidad vital) se integra directamente a partir del flujo calculado (a su vez calculado a partir de la diferencia de presión y los datos del área), que se mide durante la inspiración máxima por parte del usuario bajo una carga baja constante.

[0038] $P_{MAX(RV)}$ se deduce a partir de la medición del flujo máximo ($Q_{MAX(CARGA)}$) durante una inspiración máxima por parte del usuario con una carga baja constante, usando una relación inversa bien conocida entre la presión inspiratoria máxima y el caudal máximo tal como se ilustra en la Figura 5. También pueden usarse otros métodos bien conocidos.

[0039] Así:

$$P_{MAX(RV)} = P_{CARGA} + G \cdot Q_{MAX(CARGA)}$$

donde:

P_{CARGA} = carga de resistencia baja, fija, implementada durante la inspiración

$Q_{MAX(CARGA)}$ = flujo de inspiración máximo registrado con P_{CARGA}

G = gradiente de la relación del flujo de presión máximo (valor fijo, aproximado a partir de la experimentación)

[0040] Una vez que se han determinado VC y $P_{MAX(RV)}$, la carga de acuerdo con la relación cuadrática previamente definida se puede implementar gradualmente (por ejemplo, 25% de P_{MAX} para una respiración, seguido por 50% de P_{MAX}

para la siguiente respiración) para proporcionar al usuario una introducción escalonada a la carga. En la Figura 6 se muestra una posible secuencia básica para el funcionamiento por medio del cual se determinan parámetros fisiológicos del usuario (VC y $Q_{MAX(CARGA)}$), se determina un perfil de carga ideal, y se implementa la carga para el flujo de aire de inspiración.

[0041] La secuencia de entrenamiento es iniciada por el usuario por medio de una interfaz de usuario. A continuación, el usuario inhala al máximo a través del dispositivo mientras el conjunto de válvula de orificio variable mantiene una presión bucal baja constante (por ejemplo 10 cm de H₂O). Durante esta inspiración, se determina la capacidad vital (VC) del usuario y el flujo máximo ($Q_{MAX(CARGA)}$). A partir de esta información, se determina el perfil de carga ideal tal como se ha explicado anteriormente. A continuación, el usuario exhala de manera normal a través de un dispositivo. Durante la exhalación, el mecanismo de válvula y de control mantiene una presión bucal positiva baja. Esta carga es mínima y no presenta una resistencia significativa a la espiración.

[0042] Después de la espiración, el usuario lleva a cabo una segunda inspiración máxima, durante la cual el dispositivo implementa un perfil de carga que varía con el volumen de aire inhalado y de acuerdo con el perfil de carga ideal calculado, pero a una proporción reducida de la carga ideal (por ejemplo, 25% de P_{MAX}). La carga durante esta inspiración se produce en un nivel reducido para evitar la aplicación repentina de una carga alta inesperada en la inspiración, aunque proporcionando una introducción gradual a la carga. A continuación, el usuario exhala de manera normal nuevamente mientras la válvula mantiene una presión bucal positiva, baja, sustancialmente constante.

[0043] A continuación, el usuario lleva a cabo una tercera inspiración máxima durante la cual el dispositivo implementa la carga de entrenamiento completa (por ejemplo, 50% de P_{MAX}) de acuerdo con el perfil de carga ideal calculado. La carga en este nivel se repite entonces durante aproximadamente 30 respiraciones con el fin de entrenar los músculos inspiratorios en su totalidad.

[0044] Alternativamente, la magnitud de la carga decreciente se puede alterar manualmente durante el transcurso de una serie de respiraciones con el fin de seleccionar una carga que resulte la más apropiada para el usuario.

[0045] El dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios según la presente invención se puede usar conjuntamente con procedimientos alternativos, por ejemplo cambiando coeficientes de la ecuación P_{CARGA} , por ejemplo para alterar la convexidad de la curva resultante y/o el punto de intersección con el eje x.

[0046] El dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios según la presente invención puede proporcionar realimentación al usuario según cualquiera de una serie de formas. Por ejemplo, la realimentación se puede proporcionar por medio de una o más interfaces de usuario, tales como una pantalla LCD, un zumbador audible, diodos emisores de luz (LEDs) o conectando el dispositivo a un ordenador externo. La información de realimentación puede incluir mediciones del rendimiento de los músculos respiratorios, tales como fuerza de los músculos respiratorios (derivada de la presión bucal), potencia de los músculos respiratorios, trabajo de los músculos respiratorios durante un ciclo de entrenamiento y/o resistencia de los músculos respiratorios, y/o puede incluir otros datos fisiológicos tales como volumen pulmonar y/o flujos de pico. La información de realimentación también puede incluir orientaciones para el usuario, tales como orientaciones sobre la frecuencia respiratoria con el fin de optimizar el reclutamiento de los músculos respiratorios al mismo tiempo que se minimizan los desvanecimientos debidos a hiperventilación, u orientaciones motivacionales, tales como indicadores de cuándo está disminuyendo el rendimiento y/o si se superan los mejores niveles personales.

[0047] Protocolos de carga y maniobras respiratorias alternativos permiten que el dispositivo según la presente invención se adapte para llevar a cabo otras mediciones, tales como el perfil máximo de presión-volumen, el bucle de flujo-volumen, la puntuación de disnea y la resistencia de las vías aéreas. El dispositivo también se puede usar para implementar una carga oscilatoria de inspiración y/o espiración con el fin de ayudar a eliminar la mucosidad, por ejemplo en pacientes con fibrosis quística.

[0048] Durante la espiración, la disposición de válvula de orificio variable y el mecanismo de control asociado se pueden usar para implementar un perfil predeterminado de presión, flujo o resistencia igual que con la inspiración. Tal como se ha explicado anteriormente, con el fin de implementar la carga espiratoria de una forma más eficaz, la orientación de la disposición de válvula se puede cambiar para proporcionar un sellado de la válvula más eficaz de manera que una presión bucal positiva empuje las placas de válvula aproximándolas.

[0049] Durante una rutina de entrenamiento de los músculos inspiratorios, aunque el usuario exhala a través de la disposición de válvula después de cada inspiración cargada, normalmente no se aplica una carga espiratoria significativa. La válvula se usa en cambio para mantener un valor bajo, positivo y sustancialmente constante de la presión bucal, lo cual facilita la determinación de los puntos de inicio y final de una respiración. Es decir, a medida que el usuario comienza a echar aire y se incrementa la presión bucal, la válvula se abre, y hacia el final de la espiración, cuando el flujo disminuye y la presión bucal cae, la válvula se cierra para mantener la presión predeterminada hasta que la válvula está completamente cerrada y no hay presente ningún flujo espiratorio.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de entrenamiento de músculos respiratorios que comprende una porción (23) de cuerpo y una porción (25) de boquilla, incluyendo la porción de boquilla:
una cámara (1) que contiene un conjunto (3) de válvula de orificio variable, incluyendo el conjunto (3) de válvula una primera placa (31) de válvula, fija, que tiene por lo menos una apertura para el paso de aire y una segunda placa (33) de válvula, movable con respecto a la primera placa de válvula y que tiene por lo menos una apertura para el paso de aire;
una entrada (9) en un primer lado del conjunto de válvula que permite inhalar aire hacia la cámara; y
una salida (11) en un segundo lado del conjunto de válvula que permite que un usuario inhale aire que ha pasado a través del conjunto de válvula;
e incluyendo la porción de cuerpo:
un sensor (7) de presión para determinar una diferencia de presión en el conjunto de válvula;
medios para determinar el área de abertura del conjunto de válvula; y
medios (5, 15, 47) de control que incluyen un accionador (5, 49) para variar el orificio del conjunto de válvula de la porción (25) de boquilla en función de una diferencia de presión determinada por el sensor de presión y de un área de abertura del conjunto de válvula,
caracterizado porque la porción (25) de boquilla es separable con respecto a la porción (23) de cuerpo, y porque la placa de válvula movable tiene una porción dentada (35) en torno a por lo menos una parte de la periferia de la misma para acoplarse al accionador (5, 49) que forma parte de los medios (5, 15, 47) de control, de manera que el accionador transfiere accionamiento a la placa (33) de válvula, movable, por medio de por lo menos un engranaje (51) que forma parte de una caja de engranajes, incluyendo la caja de engranajes una porción arqueada que forma parte de una superficie de separación con la porción (25) de boquilla.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que los medios para determinar el área de abertura del conjunto (3) de válvula incluyen medios (59) de realimentación posicional, por ejemplo un codificador óptico o magnético.
3. Dispositivo según cualquier reivindicación anterior, en el que en la primera y la segunda placas (31, 33) de válvula se forma, en cada una de ellas, una pluralidad de aperturas en forma de un sector de círculo, espaciadas equitativamente en torno a un eje de cada placa de válvula y separadas por regiones macizas que tienen sustancialmente las mismas dimensiones que las aperturas.
4. Dispositivo según cualquier reivindicación anterior, en el que el conjunto (3) de válvula incluye medios impulsores (37) que empujan las placas (31, 33) de válvula una hacia otra.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que los medios impulsores (37) comprenden un muelle helicoidal.
6. Dispositivo según cualquier reivindicación anterior, en el que el conjunto (3) de válvula incluye un tope terminal (39) para limitar el movimiento relativo entre la primera y la segunda placas (31, 33) de válvula.
7. Dispositivo según cualquier reivindicación anterior, en el que la primera placa (31) está montada en la cámara (1) de tal manera que permite una cantidad de movimiento relativo entre la placa de válvula y la cámara.
8. Dispositivo según cualquier reivindicación anterior, en el que el sensor (7) de presión incluye un primer acceso (53) aguas arriba del conjunto (3) de válvula y un segundo acceso (55) aguas abajo del conjunto de válvula, extendiéndose el primer acceso (53) en una región de entrada de un conducto de aire a través de la porción (25) de boquilla y estando separado el segundo acceso (55) con respecto al primer acceso y extendiéndose en una región de salida del conducto de aire.
9. Dispositivo según cualquier reivindicación anterior, en el que los medios (15, 47, 49) de control incluyen un microprocesador (15) para determinar la abertura requerida del orificio del conjunto (3) de válvula.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que el microprocesador (15) controla el orificio para mantener por lo menos uno de entre un perfil predeterminado de diferencia de presión, de caudal, y de carga resistiva.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que el parámetro controlado se hace variar con por lo menos uno de entre el volumen y el tiempo.

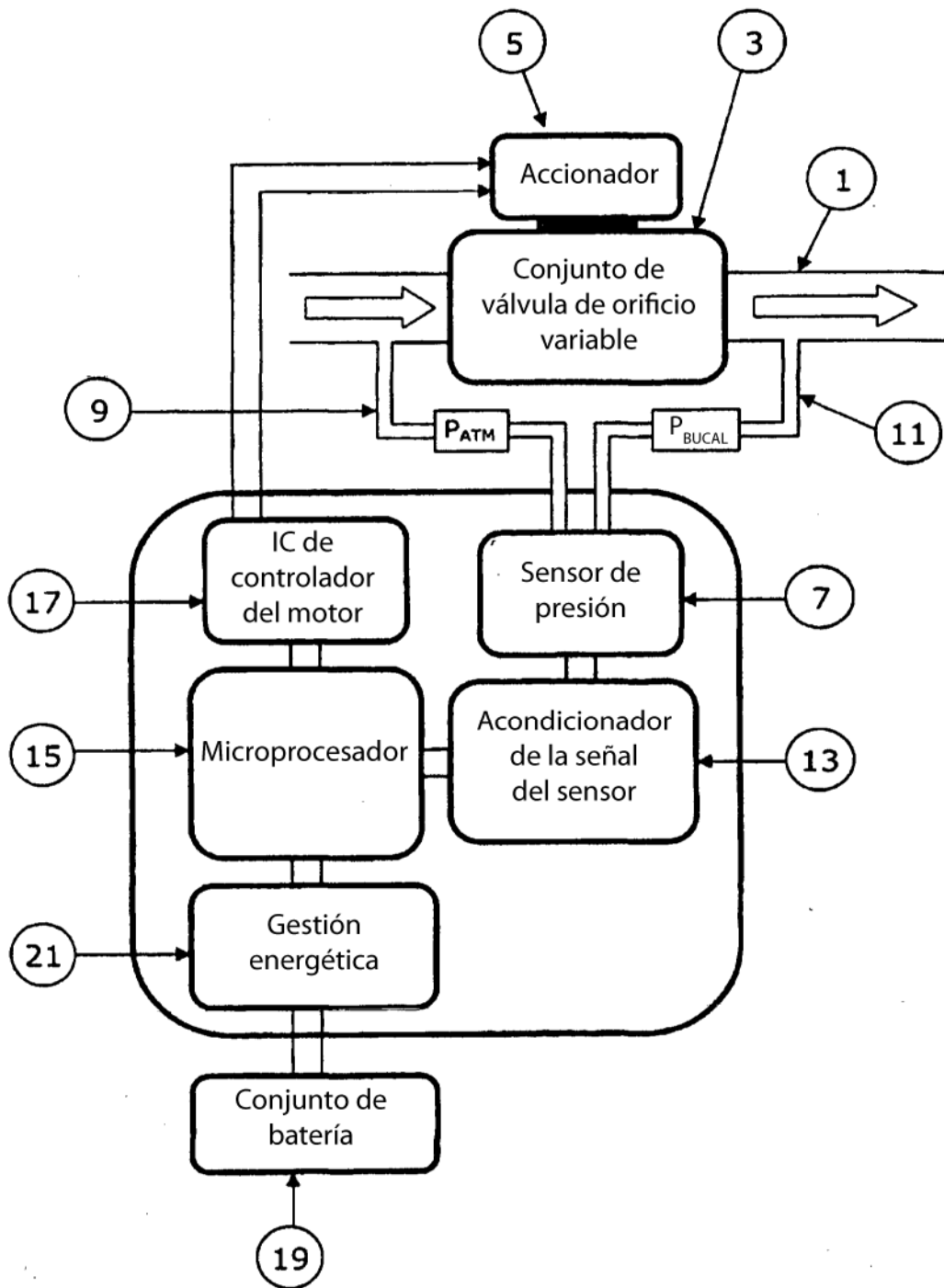


Fig. 1

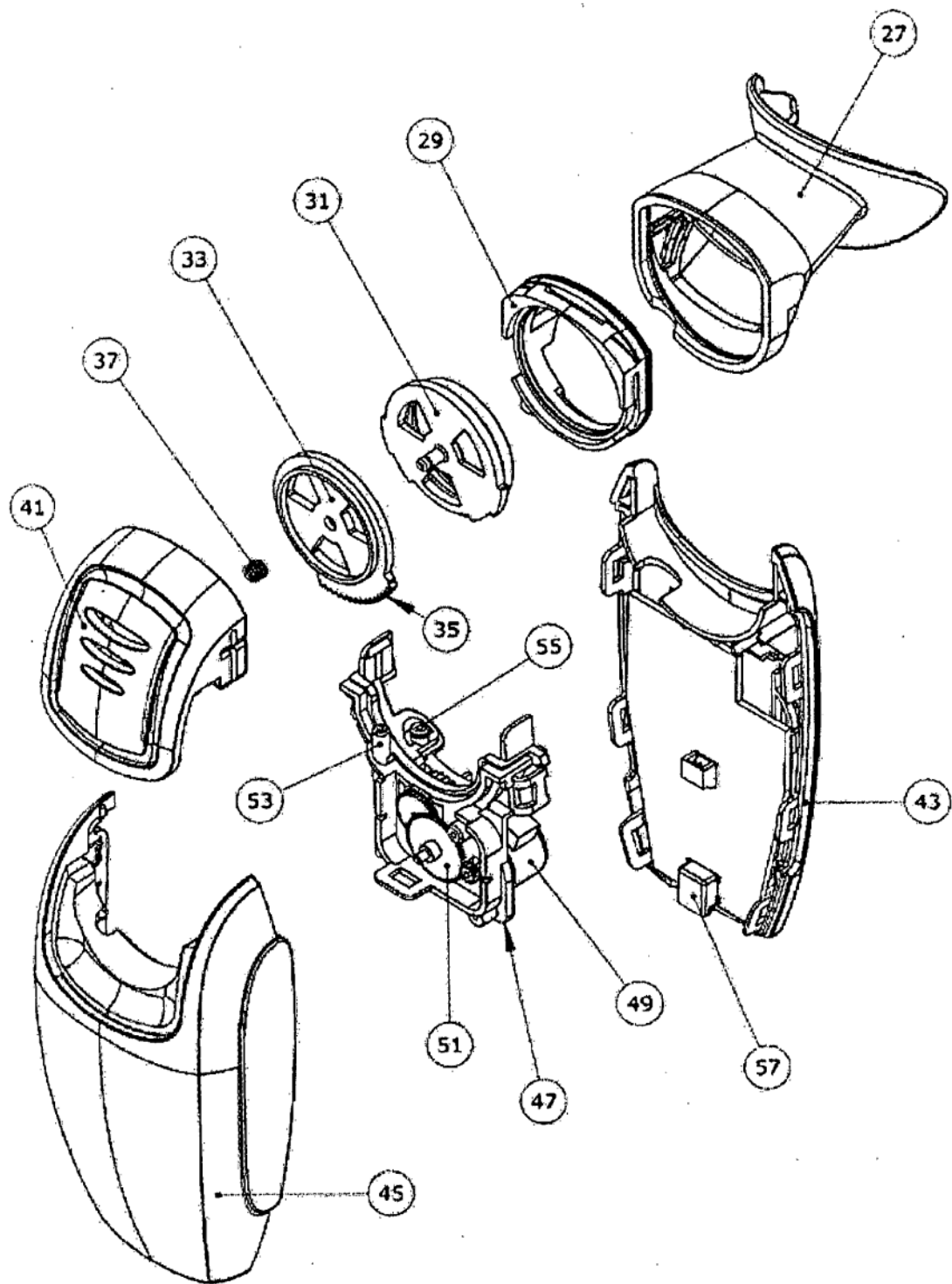


Fig. 2

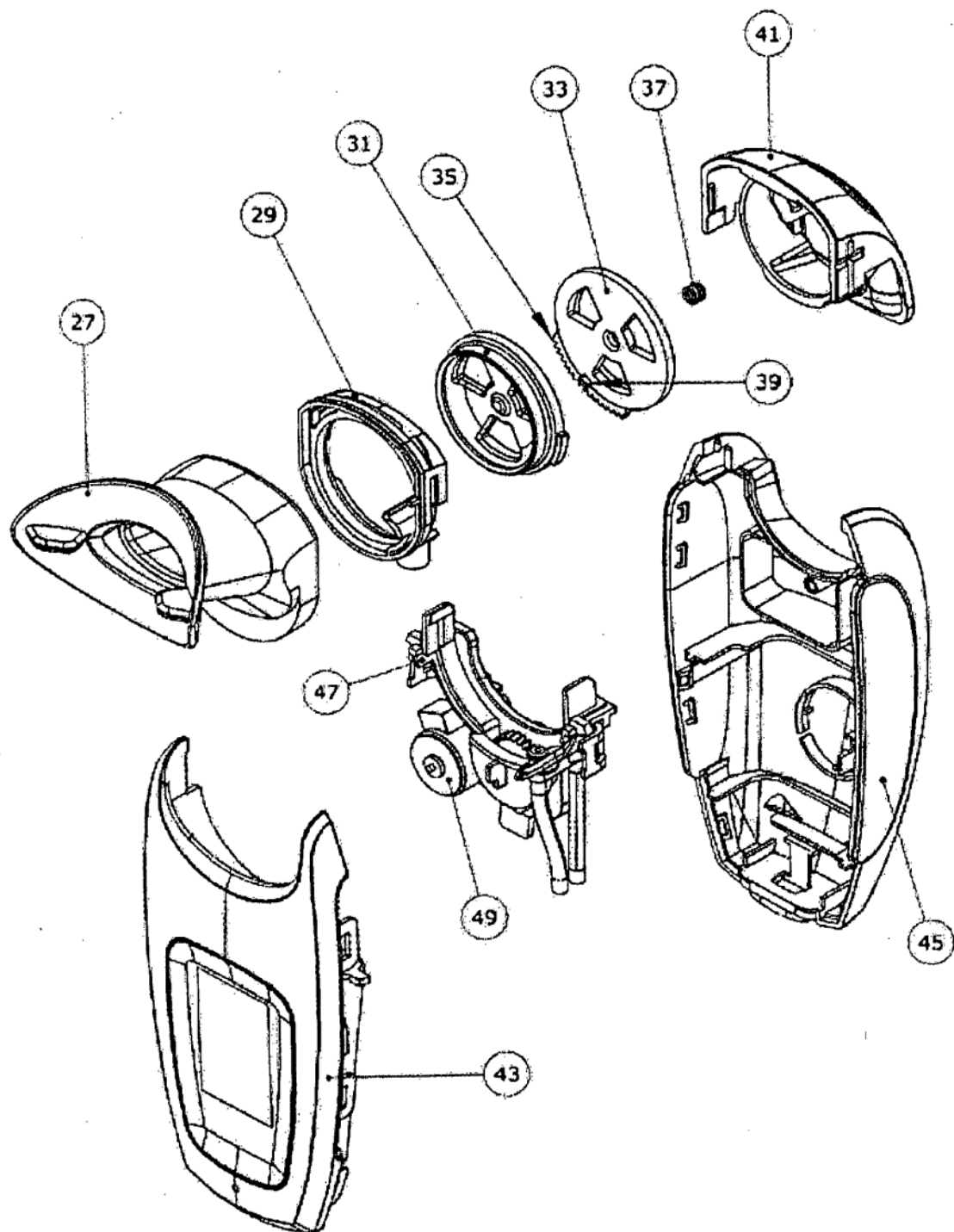


Fig. 3

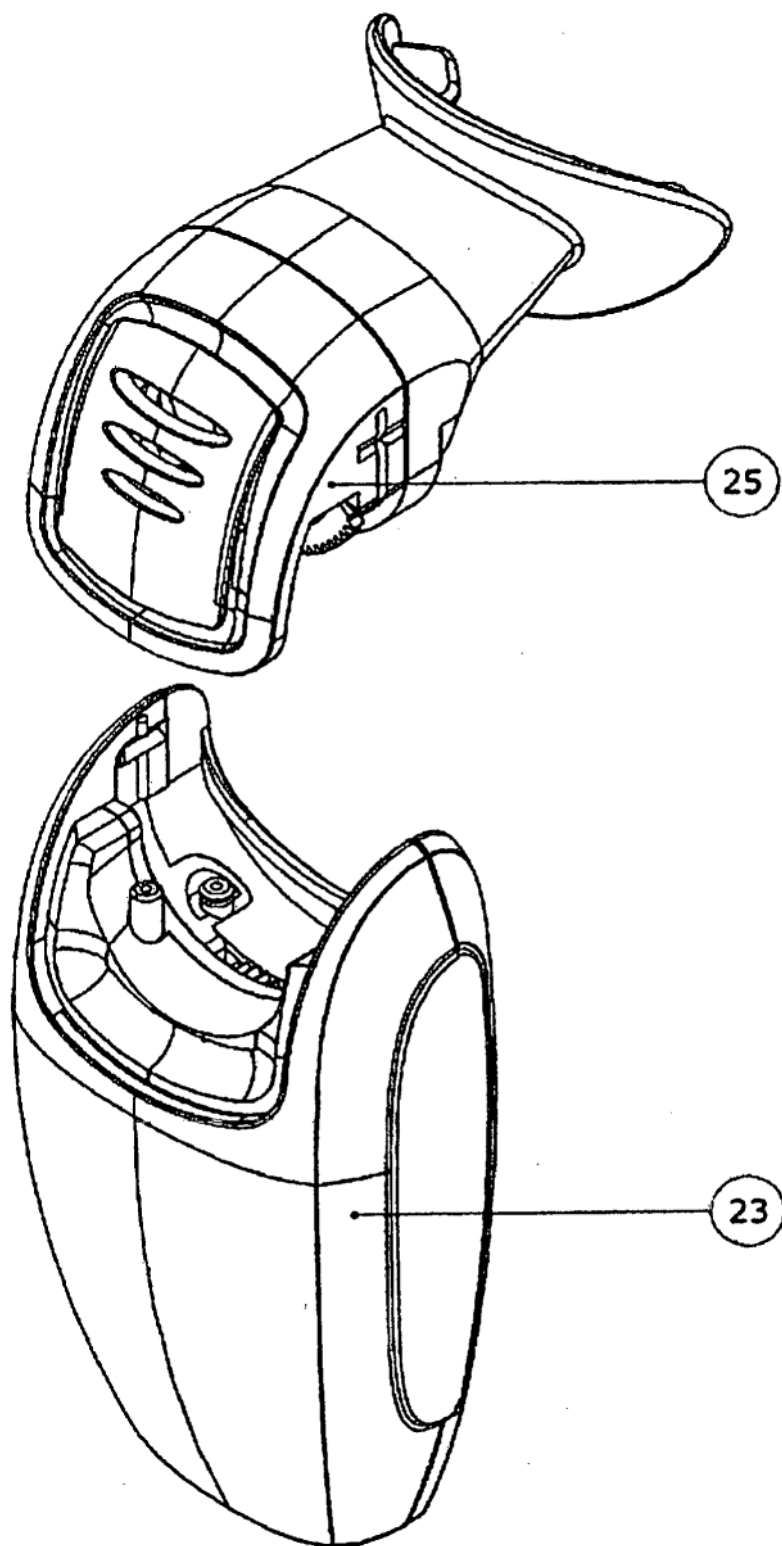


Fig. 4

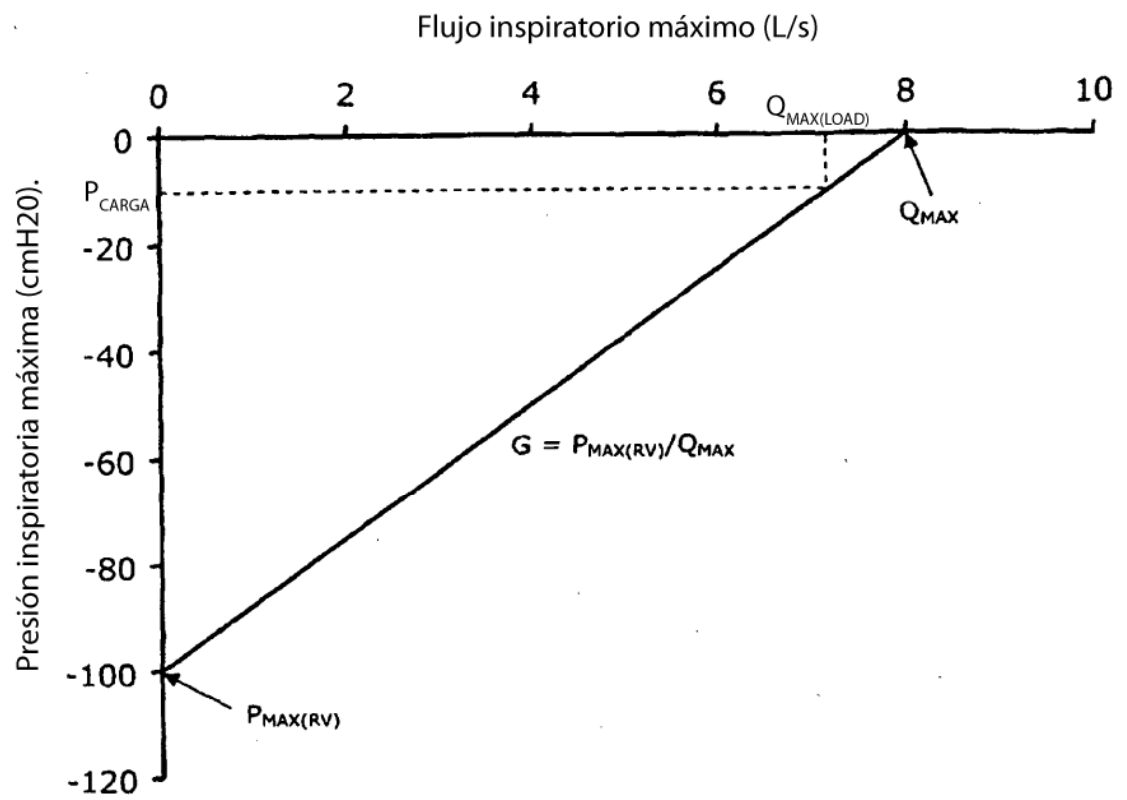


Fig. 5

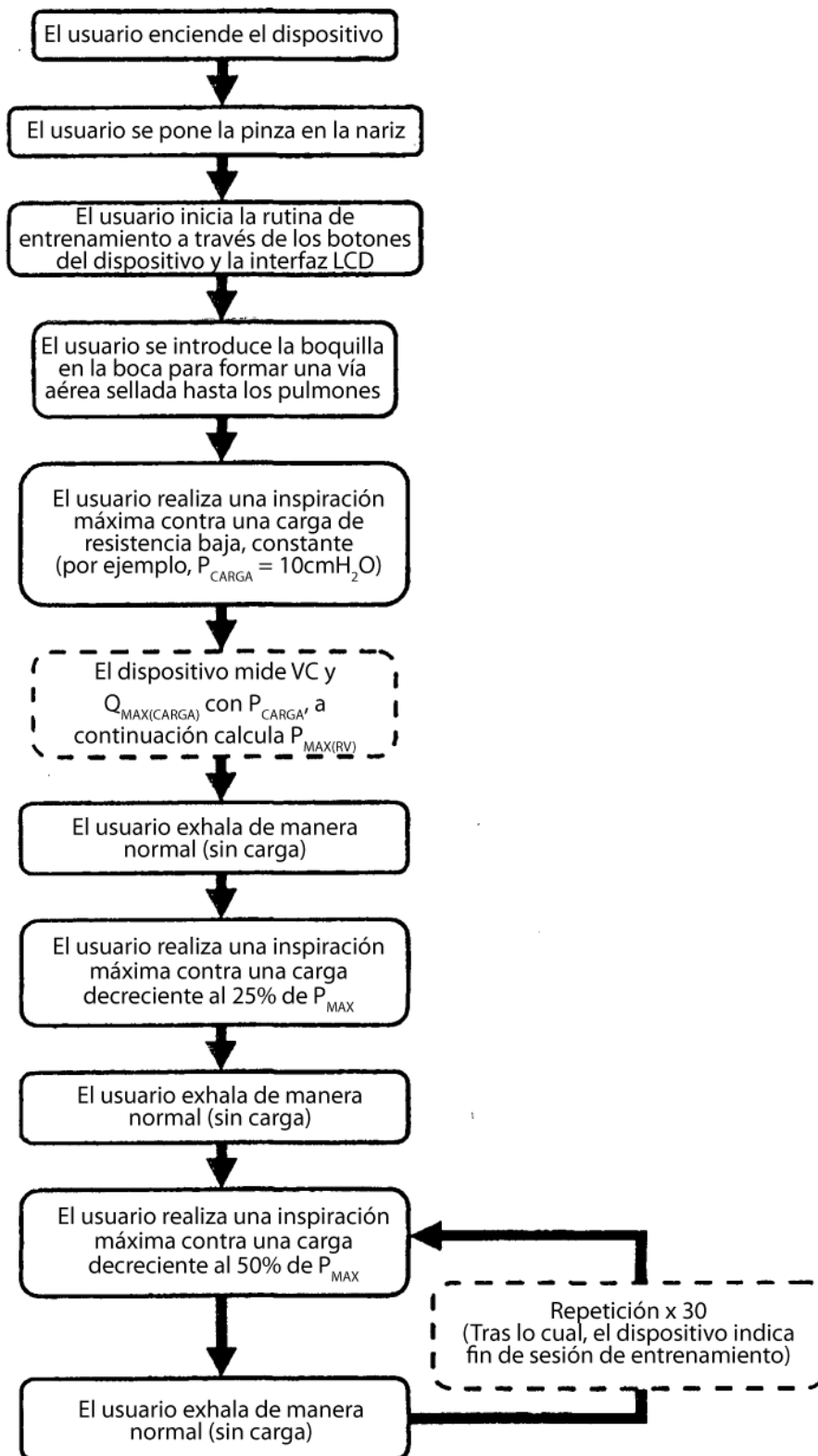


Fig. 6

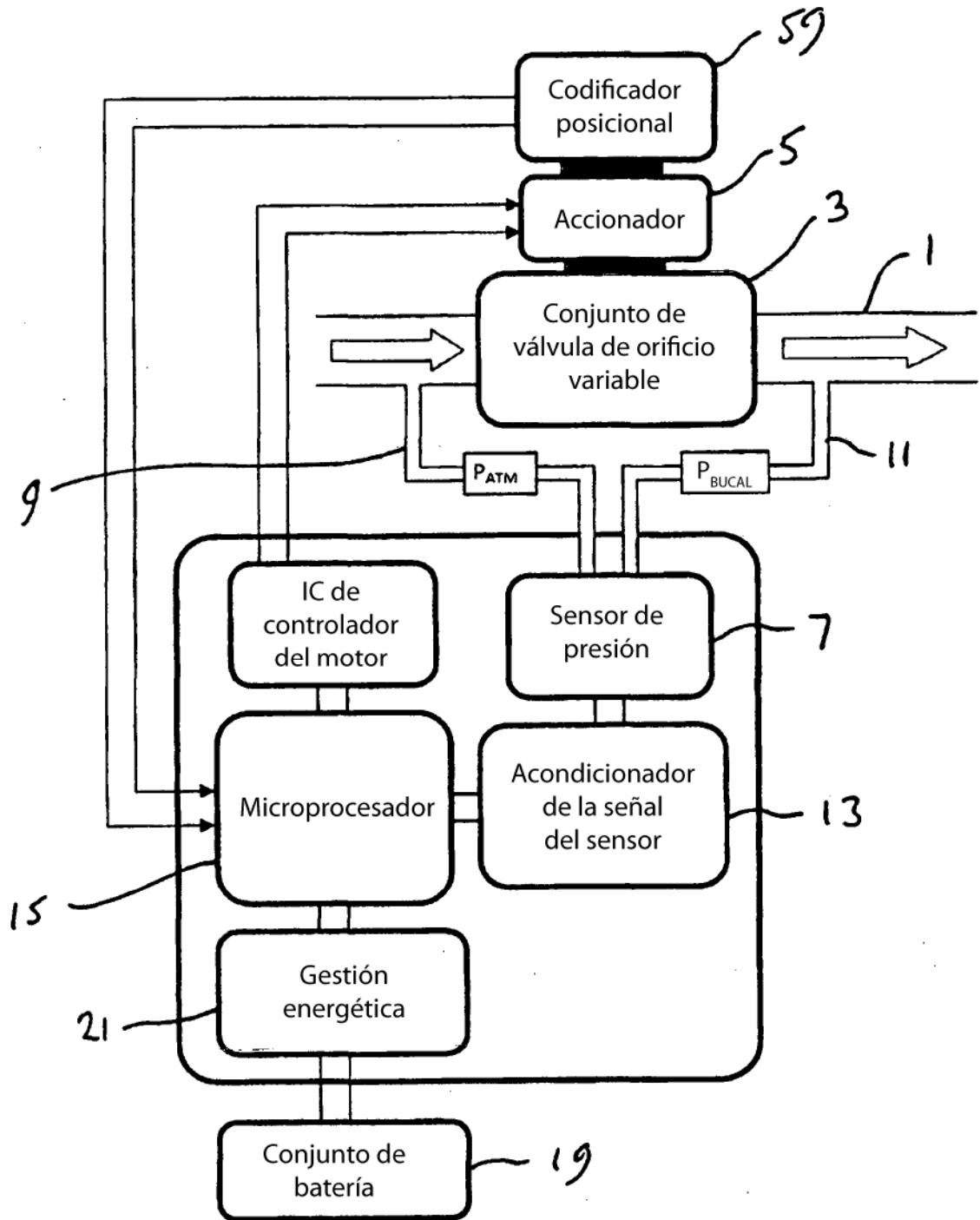


Fig. 7