

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 611**

51 Int. Cl.:

A61B 5/083 (2006.01)

A61B 5/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2010 E 10747162 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 2464288**

54 Título: **Procedimiento para el control de un sistema de ergoespirometría y sistema de ergoespirometría**

30 Prioridad:

13.08.2009 DE 102009037038

16.09.2009 DE 102009041425

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

24.10.2013

73 Titular/es:

ACEOS GMBH (100.0%)

Karolinenstrasse 108

90763 Fürth, DE

72 Inventor/es:

JUNG, GUNNAR;

TUCHTENHAGEN, DIRK;

SCHOTTERS, MARKUS y

KUSCH, MARTIN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 426 611 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

Procedimiento para el control de un sistema de ergoespirometría y sistema de ergoespirometría

La invención se refiere a un procedimiento para el control de un sistema de ergoespirometría para la determinación del metabolismo energético durante la sobrecarga física y a un sistema de ergoespirometría configurado correspondientemente.

Durante la ergoespirometría clásica se miden los gases respiratorios de una persona de ensayo durante la sobrecarga física. Los parámetros más importantes del gas respiratorio que se registran durante la ergoespirometría son el consumo de oxígeno, la emisión de dióxido de carbono, el volumen minuto respiratorio y la frecuencia respiratoria. A partir de esto se pueden calcular otros parámetros, tales como, por ejemplo, el cociente respiratorio, el equivalente respiratorio para oxígeno y/o para CO₂ y el volumen tidal.

Con ayuda de parámetros tales como, por ejemplo, el máximo consumo de oxígeno durante una sobrecarga física creciente, el umbral aerobio y anaerobio, se pueden realizar afirmaciones acerca de la capacidad de rendimiento con respecto a la resistencia física de una persona de ensayo.

Debido a las relaciones estequiométricas entre el intercambio gaseoso (consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono) y el metabolismo de sustratos se pueden establecer las respectivas tasas de oxidación de sustratos de la oxidación de hidratos de carbono y la oxidación de lípidos basándose en la cantidad determinada del oxígeno consumido en un movimiento respiratorio y la cantidad del dióxido de carbono espirado a continuación. Estas relaciones son conocidas por el experto como calorimetría indirecta. Por tanto, la ergoespirometría se puede usar para la medición del metabolismo energético durante la sobrecarga física para establecer el consumo de calorías y la conversión de sustratos (metabolismo de grasas y de hidratos de carbono) de la persona de ensayo. Además, mediante una comparación con valores normalizados de los resultados de la ergoespirometría se pueden realizar deducciones acerca de la capacidad de rendimiento del sistema cardiopulmonar de la persona de ensayo.

El máximo consumo de oxígeno se considera un parámetro clásico para valorar la capacidad de rendimiento con respecto a la resistencia física. Adicionalmente se usa el parámetro del máximo consumo de oxígeno para establecer intensidades individuales de entrenamiento. En este caso se ponen intervalos de porcentaje convencionales como una especie de filtro sobre valores medidos individualmente del máximo consumo de oxígeno, para establecer un intervalo de entrenamiento básico "individual". Esto conduce a una generalización y a recomendaciones imprecisas de entrenamiento. Teniendo en cuenta valores estadísticos, se alcanza, por ejemplo, el intervalo de entrenamiento básico del ser humano siempre en aproximadamente el 65 % del máximo consumo de oxígeno, lo que no describe en ningún caso el intervalo de entrenamiento básico realmente individual y no permite ninguna recomendación dirigida del entrenamiento. Durante la determinación del máximo consumo de oxígeno se somete a carga la persona de ensayo al máximo. A este respecto, el máximo consumo de oxígeno depende de la ventilación, de la capacidad cardiovascular y del agotamiento local de oxígeno en la musculatura. Por tanto, la persona de ensayo tiene que estar disposición de someterse a carga hasta el agotamiento completo. Sin embargo, determinados cuadros clínicos excluyen de antemano una sobrecarga máxima.

En procedimientos conocidos por el estado de la técnica para la medición de gases respiratorios con un aparato de ergoespirometría se requiere que la persona de ensayo lleve, durante la medición, una máscara facial, a la que está conectado un sensor de flujo volumétrico para la medición del volumen de aire ventilado así como un delgado tubo flexible como tramo de aspiración. A través del tubo flexible se extrae una muestra de gas del aire de espiración y se conduce a los sensores de gas para establecer las concentraciones de los componentes del gas. El contenido porcentual de gas del aire de espiración se compara entonces con el aire ambiental. El cálculo de valores absolutos es posible con conocimiento del volumen de aire ventilado. Entonces, basándose en los valores medidos se realiza la determinación de parámetros fisiológicos del metabolismo energético de la persona de ensayo. Estos desarrollos y los correspondientes sensores para el análisis de gases respiratorios básicamente ya son conocidos por el experto.

Ya que para el establecimiento del máximo consumo de oxígeno se miden continuamente la composición de gases respiratorios y el volumen de flujo respiratorio, se requiere que la persona de ensayo lleve a lo largo de toda la duración del ensayo de aproximadamente 8 a 30 minutos la máscara facial, lo que por norma general se considera molesto. Además, la larga duración del ensayo hasta alcanzarse una carga máxima para la determinación del máximo consumo de oxígeno es desventajosa y es agotadora para la persona de ensayo.

Por el documento WO 2009/056457 A1 es conocido un procedimiento para el control y/o la regulación de una unidad de entrenamiento o rehabilitación, pudiéndose medir, con ayuda de una unidad de sensor, composiciones de gases respiratorios y/o volúmenes de flujo respiratorio y pudiéndose determinar, basándose en las mismas, parámetros fisiológicos de la ventilación y/o del intercambio gaseoso de una persona de ensayo. En el procedimiento conocido está previsto establecer de forma continua parámetros característicos de rendimiento basándose en los parámetros fisiológicos determinados con sobrecarga submáxima con ayuda de una función de regresión y/o mediante carga máxima hasta la máxima capacidad de rendimiento. Otro procedimiento para el control y/o la regulación de una unidad de entrenamiento y/o rehabilitación es conocido por el documento WO 2009/024427 A1.

Además, por el documento EP 1 825 888 son conocidas mediciones intermitentes.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el control de un sistema de ergoespirometría y un sistema de ergoespirometría respectivamente del tipo que se ha mencionado al principio, con los que sea posible un diagnóstico individual de rendimiento y del metabolismo, particularmente la creación de indicaciones individuales dirigidas de alimentación, movimiento y entrenamiento, de forma sencilla y con elevada precisión. Además debe ser posible el diagnóstico individual del rendimiento y del metabolismo con una menor duración de ensayo y una mayor comodidad para la persona de ensayo, debiendo ser lo más reducida posible la sobrecarga física de la persona de ensayo.

Para conseguir los objetivos que se han mencionado anteriormente se propone de acuerdo con la invención un procedimiento según la reivindicación 1 así como un sistema según la reivindicación 10.

En el procedimiento, difiriendo del estado de la técnica, no está prevista una determinación continua, sino discontinua de los parámetros fisiológicos de la ventilación y/o del intercambio gaseoso, particularmente la determinación del volumen de oxígeno consumido y del volumen espirado de dióxido de carbono. Basándose en los parámetros fisiológicos determinados es posible entonces un diagnóstico realmente individual del rendimiento y del metabolismo, sometiéndose, preferentemente, la persona de ensayo a sobrecarga a lo largo de múltiples niveles de sobrecarga de forma creciente partiendo de un estado de reposo hasta un estado de sobrecarga elevada, en el que se ha alcanzado o ya se ha superado el umbral anaerobio. Gracias a la determinación de los parámetros fisiológicos solamente al final de un respectivo nivel de sobrecarga, extendiéndose, preferentemente, cada nivel de sobrecarga a lo largo de una duración igual de larga, se disminuye la cantidad de las mediciones requeridas y se consigue igualmente una determinación exacta de la evolución del metabolismo energético con una sobrecarga creciente. Esto conlleva una elevada comodidad para el usuario y una corta duración total durante el diagnóstico del metabolismo energético.

El procedimiento y el sistema de ergoespirometría posibilitan el establecimiento de un metabolismo energético personal, es decir, la facilitación individual de grasas e hidratos de carbono para la obtención de energía en la musculatura. Por ello se pueden crear de forma dirigida indicaciones individuales de alimentación, movimiento y entrenamiento. En un momento determinado y a lo largo de un tiempo breve se determina, particularmente, la cantidad del oxígeno inspirado y espirado y del dióxido de carbono. A este respecto, el objetivo puede ser establecer la intensidad de sobrecarga a la que se ha alcanzado, por ejemplo, el óptimo de metabolismo de grasas aerobio, es decir, basado en oxígeno. En este punto se realiza la obtención de energía en la mayor parte gracias a la oxidación de grasas del propio cuerpo. Mediante un entrenamiento en este intervalo de sobrecarga se mejora la capacidad del organismo de facilitar energía a partir de grasas. Para el control de la intensidad del entrenamiento, el usuario toma entonces como referencia la frecuencia cardíaca que se ha medido al mismo tiempo que el óptimo establecido de la oxidación de grasas. Preferentemente se puede establecer automáticamente la intensidad de sobrecarga a la que se ha alcanzado el umbral anaerobio.

El procedimiento y el correspondiente sistema de ergoespirometría tienen la ventaja de que la exposición a carga máxima de la persona de ensayo no se requiere necesariamente durante la determinación del desarrollo individual del metabolismo energético. El desarrollo del metabolismo energético no se deduce, con el uso del procedimiento, basándose en el máximo consumo de oxígeno, sino en realidad (de forma discontinua) con una sobrecarga preferentemente submáxima de la persona de ensayo. Por ello se asegura una elevada precisión durante el establecimiento de un metabolismo energético personal, sin que se tenga que realizar una estimación estadística.

Gracias a la medición discontinua solamente en la zona del final de un nivel de sobrecarga, además, no es necesario que la persona de ensayo lleve a lo largo de toda la duración de un nivel de sobrecarga una máscara respiratoria o similares. Particularmente, debido a las mediciones puntuales al final de los niveles de sobrecarga se pueden usar unidades de usuario que están compuestas de una carcasa de aparato y un tubo respiratorio (sustituible) con un punto de aspiración para la extracción de gases respiratorios, pudiendo estar previsto un cierre de la nariz para la exclusión de la respiración nasal de la persona de ensayo durante la toma de una muestra de gas de la unidad de usuario. Ya no se requiere en absoluto llevar una máscara facial con el uso de unidades de usuario del tipo que se ha descrito anteriormente, lo que conduce a una elevada comodidad de ensayo para la persona de ensayo.

Como resultado, el procedimiento y el sistema de ergoespirometría de acuerdo con la invención posibilitan una determinación muy rápida, sencilla y exacta del estado real individual del metabolismo energético de una persona de ensayo con una cantidad de mediciones comparativamente reducida.

Como parámetros del intercambio gaseoso en el sentido del procedimiento se determinan, preferentemente, el consumo de oxígeno, la emisión de dióxido de carbono durante la espiración y/o parámetros derivados a partir de esto, tales como el umbral anaerobio, el cociente respiratorio y/o el coeficiente de utilización de oxígeno. Como parámetros de la ventilación se pueden determinar, preferentemente, el volumen tidal, la frecuencia respiratoria y el volumen minuto respiratorio y/o el equivalente respiratorio deducido a partir de esto para oxígeno.

En el caso de una unidad de aparato de ejercicio cardiovascular en el sentido de la invención se puede tratar de un ergómetro, un aparato de gimnasia, una bicicleta elíptica, un ergómetro de remo, un aparato de remo, una cinta de correr, un simulador de esquí, una bicicleta estática o una bicicleta o similares.

5 Para determinar el desarrollo personal del metabolismo energético con sobrecarga creciente, puede ser suficiente incluso prever la medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos automáticamente a lo largo de un periodo de tiempo de menos de 40 segundos, preferentemente de menos de 30 segundos, particularmente de menos de 10 a 20 segundos antes del final de un nivel de sobrecarga. Los parámetros fisiológicos se pueden determinar automáticamente, en particular, para los últimos ocho, preferentemente para los últimos cinco o para menos de cinco movimientos respiratorios antes del final de un nivel de sobrecarga. La medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio para la determinación de los parámetros fisiológicos deseados, sin embargo, se debería realizar solo cuando el metabolismo energético haya alcanzado un estado estable o constante. En el estado estable del metabolismo energético, con una sobrecarga constante de la persona de ensayo podría ser suficiente básicamente incluso un movimiento respiratorio para determinar los parámetros fisiológicos deseados con alta precisión para el respectivo intervalo de sobrecarga. Como resultado, el procedimiento permite realizar, con un reducido número de mediciones realizadas, indicaciones muy exactas con respecto al metabolismo energético de la persona de ensayo.

Para asegurar una duración total corta durante el establecimiento del desarrollo del metabolismo energético dependiendo de la sobrecarga de la persona de ensayo, la duración de un nivel de sobrecarga puede ascender a menos de 3 minutos, preferentemente de forma aproximada a 2 minutos o incluso menos. El aumento de la sobrecarga entre dos niveles de sobrecarga adyacentes puede encontrarse entre 10 vatios a 100 vatios, preferentemente ascender a aproximadamente 25 vatios, de tal manera que queda asegurada una determinación exacta del desarrollo del metabolismo energético dependiendo del rendimiento por parte de la persona de ensayo con activación de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular. En este contexto se ha mostrado que se puede ajustar un estado estable del metabolismo, por ejemplo, después de una duración de más de 60 segundos, preferentemente de más de 75 segundos, particularmente después de aproximadamente 90 segundos, de tal manera que a continuación se pueden realizar la medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen de flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos.

En el periodo de tiempo de medición antes del final del respectivo nivel de sobrecarga, se pueden determinar individualmente los parámetros fisiológicos para cada movimiento respiratorio en el periodo de tiempo de medición y, a continuación, se pueden establecer automáticamente los valores medios de los parámetros fisiológicos determinados a través del número total de los movimientos respiratorios realizados en el periodo de tiempo de medición antes del final del nivel de sobrecarga. Esto contribuye a una elevada precisión durante la determinación de los parámetros del metabolismo energético. Además, puede estar previsto que se reconozcan automáticamente movimientos respiratorios erróneos y se excluyan de la formación del valor medio. Un movimiento respiratorio "erróneo" puede establecerse, por ejemplo, a partir de la divergencia del desarrollo de la curva de los valores medidos de concentración de oxígeno y/o de dióxido de carbono y/o del flujo volumétrico respiratorio total de un desarrollo esperado de la curva.

Una unidad de rendimiento que determina la sobrecarga de la persona de ensayo de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular, por ejemplo, una disposición de resistencia o frenado de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular se puede controlar y/o regular manualmente o, con preferencia, automáticamente, más preferentemente dependiendo de parámetros fisiológicos determinados de antemano.

Para la determinación de la intensidad de sobrecarga a la que se alcanza el óptimo del metabolismo de las grasas no se requiere obligatoriamente una carga máxima de la persona de ensayo. La determinación de los parámetros fisiológicos se puede realizar, en este contexto, solamente en niveles de sobrecarga que conducen a un cociente respiratorio de, como máximo, aproximadamente 1,1, preferentemente de aproximadamente 1,0. La determinación del máximo consumo de oxígeno con carga máxima de la persona de ensayo entonces no está prevista. Por ello, la duración total del ensayo durante el análisis del metabolismo energético y las exigencias físicas a la persona de ensayo disminuyen claramente.

La invención prevé que hasta alcanzarse un cociente respiratorio de menos de 1,09, preferentemente de aproximadamente 1,0 esté previsto un aumento escalonado de la sobrecarga y que se establezcan los parámetros fisiológicos en la zona del final del respectivo nivel de sobrecarga y que, al alcanzarse un mayor cociente respiratorio, se aumente a continuación la sobrecarga con progresión continua y se determinen de forma continua los parámetros fisiológicos. En esta forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención, el diagnóstico individual del rendimiento y del metabolismo a través de la determinación de los parámetros del metabolismo energético con sobrecarga submáxima, basándose en un ensayo de incrementos con aumento de tipo escalonado de la sobrecarga y medición discontinua, contiene el establecimiento posterior del máximo consumo de oxígeno con carga máxima de la persona de ensayo y medición continua. Por ello es posible un diagnóstico muy extenso del rendimiento del metabolismo energético de la persona de ensayo.

En la siguiente tabla están representados de forma ilustrativa los valores establecidos para el metabolismo energético de una persona de ensayo con una sobrecarga diferente de la persona de ensayo. La medición de la

composición de los gases respiratorios y/o del volumen de flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos "consumo de oxígeno" y "emisión de dióxido de carbono" o "cociente respiratorio RER" y, derivadas de esto, las indicaciones para el consumo de calorías, se refieren a un periodo de tiempo de medición de como máximo 30 s antes del final del respectivo nivel de sobrecarga.

5 Tabla 1: desarrollo del metabolismo energético con sobrecarga creciente de la persona de ensayo

Nivel	Rendimiento [vatios]	Duración	RER []	Grasa [kcal/h]	Hidratos de carbono [kcal/h]	% de grasa [%]	% de hidratos de carbono [%]	FC [1/min]	Energía [kcal/h]
Reposo	0,0	00:00:57	0,85	121	117	50	50	72	231
1	75,0	00:02:01	0,81	242	139	63	37	80	383
2	125,0	00:02:00	0,85	273	242	51	49	95	546
3	175,0	00:01:59	0,86	300	352	46	54	105	655
4	225,0	00:02:01	0,89	299	509	37	63	121	814
5	275,0	00:01:58	0,91	291	687	30	70	134	979
6	325,0	00:01:59	0,96	168	967	15	85	145	1144
7	375,0	00:02:01	1,03	0	1339	0	100	157	1339
8	425,0	00:02:00	1,07	0	1476	0	100	165	1476
9	475,0	00:01:58	1,06	0	1447	0	100	167	1447

La persona de ensayo, muestra de acuerdo con la Tabla 1, una resistencia física de base muy buena. A través de los intervalos del metabolismo de las grasas se pueden reproducir, sobre todo, el intervalo de entrenamiento regenerativo hasta un pulso de aproximadamente 102 a 140 vatios y el intervalo de base extensivo hasta un pulso de aproximadamente 134 a 275 vatios. El entrenamiento intenso se realiza a una frecuencia cardíaca de 134 a 152 (de 275 a 350 vatios). El entrenamiento muy intenso en la zona de transición a la facilitación anaerobia de energía debería realizarse por encima de una frecuencia cardíaca de 152 con más de 350 vatios. La máxima frecuencia cardíaca se encuentra en aproximadamente 167, lo que explica también frecuencias cardíacas de entrenamiento bajas.

A partir de los valores de parámetros fisiológicos establecidos en la Tabla 1 se pueden indicar intervalos de entrenamiento individuales, tal como se representa a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2: intervalos individuales de entrenamiento

	TB1	TB2	TB3	TB4
FC	< 108	108-134	134-153	> 153
vatios	< 150	150-275	275-358	> 358

El primer intervalo de entrenamiento TB1 "regeneración" representa un intervalo con un metabolismo de grasas activo individual elevado (parte relativa en la facilitación de energía). El intervalo TB2 "entrenamiento básico" comprende el entrenamiento básico extensivo con intensidad reducida para mejorar el metabolismo aerobio. Individualmente existe una alta oxidación de grasas. En el tercer intervalo TB3 "estructuración" está comprendido el entrenamiento básico intenso con una mayor intensidad para mejorar la capacidad de rendimiento aerobia y la capacidad de rendimiento del sistema cardiovascular. En este caso se produce la transición a la oxidación intensiva de hidratos de carbono. El cuarto intervalo TB4 "competición e intervalo máximo" se refiere al intervalo de entrenamiento muy intenso en la transición a la facilitación anaerobia de energía, tal como en un entrenamiento de intervalos o un entrenamiento de repeticiones.

El desarrollo establecido del metabolismo energético se puede representar gráficamente dependiendo de la intensidad de la sobrecarga. A partir del metabolismo energético medido, particularmente a partir del metabolismo de las grasas, se pueden determinar intervalos de entrenamiento individuales, manual o automáticamente.

En particular, existen múltiples posibilidades de configurar y perfeccionar el procedimiento de acuerdo con la invención, haciéndose referencia, por un lado, a las reivindicaciones dependientes y, por otro lado, a la siguiente descripción de una forma de realización preferente de la invención con referencia al dibujo.

5 En la figura está mostrado esquemáticamente un procedimiento para el control y/o la regulación de un sistema de ergoespirometría 1 para la determinación del metabolismo energético durante la sobrecarga física. El sistema de ergoespirometría 1 presenta una unidad de usuario 2 dispuesta en la corriente del aire de inspiración y espiración de una persona de ensayo 4 para la toma de una muestra de gas respiratorio 3 de una persona de ensayo 4 y al menos una unidad de análisis 5, representada esquemáticamente, para la medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y para la determinación de parámetros fisiológicos de la ventilación y/o del intercambio gaseoso de la persona de ensayo 4, particularmente para la determinación del volumen de oxígeno consumido durante un movimiento respiratorio por la persona de ensayo 4 y del volumen de dióxido de carbono espirado después del movimiento respiratorio y, preferentemente, del cociente respiratorio. Además está
10 previsto un equipo de medición 6 para la medición de la frecuencia cardíaca de la persona de ensayo 4, lo que está representado también solo esquemáticamente en la figura. Finalmente, el sistema de ergoespirometría 1 presenta un equipo de control 7 para controlar el sistema de ergoespirometría 1 y una unidad de aparato de ejercicio cardiovascular 8 para la sobrecarga física de la persona de ensayo 4.

15 En el procedimiento representado se realiza con una sobrecarga que aumenta de forma escalonada de la persona de ensayo 4 con activación de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular 8 solamente en la zona del extremo temporal de un nivel de sobrecarga antes de un aumento de la sobrecarga preferentemente de forma automática una medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos. Particularmente, se realiza una determinación del volumen de oxígeno consumido y del volumen espirado de dióxido de carbono en relación con al menos un movimiento respiratorio en la zona del final
20 del nivel de sobrecarga. Además, el equipo de control 7 puede estar configurado e interaccionar de tal manera con el sistema de ergoespirometría 1 que se puede realizar un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones dependientes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control y/o la regulación de un sistema de ergoespirometría (1) para la determinación del metabolismo energético durante la sobrecarga física, presentando el sistema de ergoespirometría (1)
- una unidad de usuario (2) dispuesta en la corriente del aire de inspiración y espiración de una persona de ensayo para la toma de una muestra de gas respiratorio (3) de la persona de ensayo (4),
 - al menos una unidad de análisis (5) para la medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y para la determinación de parámetros fisiológicos de la ventilación y/o del intercambio gaseoso de la persona de ensayo (4), a saber, para la determinación del volumen de oxígeno consumido por la persona de ensayo (4) durante un movimiento respiratorio y del volumen espirado de dióxido de carbono después del movimiento respiratorio, y del cociente respiratorio,
 - al menos un equipo de medición (6) para la medición de la frecuencia cardíaca de la persona de ensayo (4),
 - al menos un equipo de control (7) para controlar el sistema de ergoespirometría (1) y
 - una unidad de aparato de ejercicio cardiovascular (8) para la sobrecarga física de la persona de ensayo (4),
 - realizándose, con una sobrecarga que aumenta de forma escalonada de la persona de ensayo (4) con activación de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular (8) solamente en la zona del final de un nivel de sobrecarga, antes de un aumento de la sobrecarga, una medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos, a saber, una determinación del volumen de oxígeno consumido y del volumen espirado de dióxido de carbono, con respecto a al menos un movimiento respiratorio en la zona del final del nivel de sobrecarga,
 - previéndose, hasta alcanzarse un cociente respiratorio de menos de 1,09, un aumento escalonado de la sobrecarga y estableciéndose los parámetros fisiológicos en la zona del final del respectivo nivel de sobrecarga de forma discontinua y aumentándose la sobrecarga a continuación con progresión continua al alcanzarse un mayor cociente respiratorio y determinándose de forma continua los parámetros fisiológicos.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos se realiza automáticamente a lo largo de un periodo de tiempo de menos de 40 segundos, preferentemente de menos de 30 segundos, particularmente de menos de 10 a 20 segundos antes del final del nivel de sobrecarga.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los parámetros fisiológicos se determinan automáticamente para menos de 8 movimientos respiratorios antes del final del nivel de sobrecarga.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la duración de un nivel de sobrecarga asciende a menos de 3 min.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el aumento de la sobrecarga entre dos niveles de sobrecarga adyacentes se encuentra entre 10 W y 100 W.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los parámetros fisiológicos se determinan individualmente para cada movimiento respiratorio antes del final del nivel de sobrecarga y a continuación se forman automáticamente los valores medios de los parámetros fisiológicos a través del número total de los movimientos respiratorios realizados en el periodo de tiempo de medición antes del final del nivel de sobrecarga.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se reconocen automáticamente movimientos respiratorios erróneos y se excluyen de la formación del valor medio.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una unidad de rendimiento que determina la sobrecarga de la persona de ensayo (4) de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular (8) se controla y/o regula automáticamente.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, **caracterizado porque** hasta alcanzarse un cociente respiratorio menor o igual a 1,03 está previsto un aumento escalonado de la sobrecarga y se establecen de forma discontinua los parámetros fisiológicos en la zona del final del respectivo nivel de sobrecarga y porque, al alcanzarse un mayor cociente respiratorio, se aumenta a continuación la sobrecarga con progresión continua y se determinan de forma continua los parámetros fisiológicos.
10. Sistema de ergoespirometría (1) para la determinación del metabolismo energético durante la sobrecarga física, presentando el sistema de ergoespirometría
- una unidad de usuario (2) dispuesta en la corriente del aire de inspiración y espiración de una persona de ensayo (4) para la toma de una muestra de gas respiratorio de la persona de ensayo (4),
 - al menos una unidad de análisis (5) para la medición de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y para la determinación de parámetros fisiológicos de la ventilación y/o del intercambio gaseoso de la persona de ensayo (4), a saber, para la determinación del volumen de oxígeno

consumido por la persona de ensayo (4) durante un movimiento respiratorio y del volumen espirado de dióxido de carbono después del movimiento respiratorio, y del cociente respiratorio,

- al menos un equipo de medición (6) para la medición de la frecuencia cardíaca de la persona de ensayo (4),

- al menos una unidad de control (7) para controlar el sistema de ergoespirometría y

5 - una unidad de aparato de ejercicio cardiovascular (8) para la sobrecarga física de la persona de ensayo (4),

y estando configurado el equipo de control (7) de tal manera que, con una sobrecarga que aumenta de forma escalonada de la persona de ensayo (4) con activación de la unidad de aparato de ejercicio cardiovascular (8), se realiza solamente en la zona del final de un nivel de sobrecarga antes de un aumento de la sobrecarga una medición

10 de la composición de los gases respiratorios y/o del volumen del flujo respiratorio y la determinación de los parámetros fisiológicos, a saber, una determinación del volumen de oxígeno consumido y del volumen espirado de dióxido de carbono, con respecto a al menos un movimiento respiratorio en la zona del final del nivel de sobrecarga,

que hasta alcanzarse un cociente respiratorio de menos de 1,09, está previsto un aumento escalonado de la sobrecarga y se establecen de forma discontinua los parámetros fisiológicos en la zona del final del respectivo nivel de sobrecarga y que, al alcanzarse un mayor cociente respiratorio, se aumenta a continuación la sobrecarga con

15 progresión continua y se determinan de forma continua los parámetros fisiológicos.

