

Cuantificación y descripción del ejercicio físico

Quantification and Description of Physical Exercise

Howard G. Knuttgen

Departamento de Medicina Física y Rehabilitación. Harvard University Medical School. Harvard University Medical School, Boston, Massachusetts, USA.

El ejercicio físico es una modalidad terapéutica fundamental en la práctica de la medicina del deporte, la medicina física, y la rehabilitación que puede describirse como una actividad muscular planificada, estructurada, repetitiva y con el propósito de mejorar la capacidad de movimiento funcional. Se ha demostrado que el ejercicio beneficia a pacientes con una amplia variedad de afecciones como lesiones neurológicas, afecciones musculoesqueléticas, enfermedades cardiorrespiratorias, cáncer y muchas otras. Además, es practicado por personas con una amplia variedad de discapacidades y atletas paralímpicos. El ejercicio incluye combinaciones de acciones musculares esqueléticas concéntricas, excéntricas e isométricas¹. En consonancia con la estandarización de los procedimientos en la presentación de informes de diversos tipos de investigación y el aumento de los requisitos para la preparación de manuscritos científicos, es de vital importancia que los investigadores se ajusten a la terminología estándar. Si no se utiliza la terminología y las mediciones adecuadas se puede afectar negativamente la comunicación. La necesidad de una terminología estándar también es evidente en entornos clínicos donde diferentes profesionales de la salud deben comunicarse y discutir las intervenciones de rehabilitación.

El sistema internacional de unidades

Presentado por primera vez en 1960, el sistema internacional (SI)² ha sido aceptado universalmente como el sistema para describir y cuantificar el ejercicio. Las unidades empleadas para cuantificar el ejercicio son masa (gramos, kilogramos), fuerza (Newtons), energía (Julios), trabajo (Julios), calor (Julios), distancia (metros), torque (newton-metros), volumen (litros), tiempo (horas, minutos, segundos) y potencia (Vatios) (Tabla 1). El Newton es la unidad básica de fuerza, pero rara vez se presenta en la literatura de investigación porque las planchas de máquinas para ejercicio de fortalecimiento se fabrican y etiquetan en términos de sus kilogramos de masa. La fuerza para levantar 1 kg de masa contra la gravedad es igual a 9.81 N en la mayor parte de la superficie terrestre.

Energía, trabajo, y calor están interrelacionados y, por lo tanto, tienen la misma unidad de cuantificación, el Julio (Joule). En relación con el ejercicio, se ajustan a la ecuación: Energía (J) = Trabajo (J) + Calor (J). La energía liberada en las células musculares esqueléticas activas para producir el movimiento del cuerpo puede resultar en la realización de un trabajo mecánico. Si no se realiza ningún trabajo como resultado

Tabla 1. Ciertas unidades base y derivadas del SI.

Cantidades	Unidades	Símbolos
Longitud	centímetro, metro, kilómetro	cm, m, km
Tiempo	segundo, minuto, hora	s, min, h
Masa	gramo, kilogramo	g, kg
Volumen	litro	l
Fuerza	Newton	N
Trabajo	Joule	J
Energía	Joule	J
Calor	Joule	J
Potencia	Watt	W

de la actividad muscular, toda la energía se evidenciará como calor. Para el desempeño humano dinámico, la eficiencia mecánica típica es del 20% y resultaría en 5 J de energía produciendo 1 J de trabajo y 4 J de calor corporal.

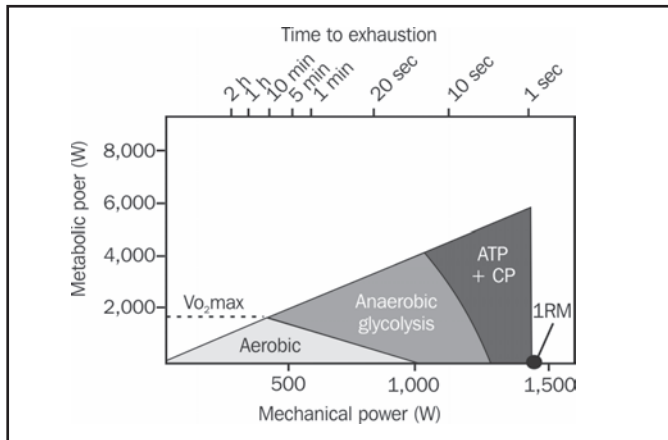
Rendimiento humano

La fuerza máxima puede medirse para cada movimiento del cuerpo humano y, en parte, depende de la velocidad del movimiento. Un sistema de evaluación de la fuerza y diseño del programa de ejercicios fue presentado en 1945 como el sistema de la Repetición Máxima por DeLorme³. La evaluación de la capacidad de una persona para ejercer fuerza o torsión mediante pesas libres o una máquina de ejercicios se determina como la fuerza o torsión resistiva que apenas se puede realizar un número dado de repeticiones (R) y se denomina "repetición máxima" (RM). La resistencia más alta que se puede desarrollar una sola vez a través del rango completo de movimiento de una articulación se identifica como la 1RM para ese movimiento particular y se define como la fuerza de un individuo para el movimiento. La resistencia muscular para un movimiento a menudo se cuantifica como el peso con el que un individuo apenas puede realizar un número dado de repeticiones (por ejemplo, 10RM).

El ejercicio aeróbico que involucra actividad de músculos grandes como el caminar, correr, pedalear en bicicleta, esquiar a campo traviesa, hacer ejercicio en cintas de correr, máquinas elípticas, máquinas de

Correspondencia: H.G. Knuttgen
E-mail: hknuttgen@partners.org

Figura 1. Relación de las fuentes de potencia metabólica frente a la potencia mecánica para el ejercicio de las piernas de un sujeto masculino de 80 kg en un cicloergómetro a una velocidad pedaleo de 60 / min. La coordenada horizontal superior presenta el tiempo de agotamiento en los distintos niveles de potencia mecánica.



remo, ciclos de ejercicio y otras máquinas de ejercicios de resistencia depende en gran medida de la entrega de oxígeno desde los pulmones, a los músculos activos.

Utilizando un ergómetro especial para la realización del ejercicio de ciclismo de piernas⁴, es posible evaluar a los sujetos a través de todo el rango de producción de potencia durante el ejercicio de larga duración (por ejemplo, 20 minutos o más) hasta el mayor desarrollo de fuerza y torsión (como en el sistema RM). En la Figura 1, se presenta la potencia metabólica en relación a la potencia mecánica que el sujeto transfiere al ergómetro de ejercicios. La potencia metabólica se produce en las células musculares a través del metabolismo aeróbico de los carbohidratos y las grasas, a través del metabolismo anaeróbico (con producción de ácido láctico), o directamente de los fosfatos de alta energía (ATP y CP) como dependientes de la intensidad del ejercicio.

A menor intensidad del ejercicio, los músculos proporcionan energía exclusivamente a través del metabolismo aeróbico de los carbohidratos y las grasas (en este ejemplo hasta 450 W de potencia mecánica). El metabolismo aeróbico se mide mediante espirometría y se identifica como la tasa de captación de oxígeno en los pulmones y se refiere al VO_2 (l / min). A medida que el sujeto se acerca al consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$), los músculos se vuelven cada vez más hacia el metabolismo anaeróbico de los carbohidratos con la producción y aparición de ácido láctico en los músculos y en la sangre circulante. Entre 450 W y 1,300 W, la potencia para el ejercicio se basa principalmente en la glucólisis anaeróbica. Por encima de 1,000 W y durante el ejercicio hasta el agotamiento en menos de 20 s, la potencia se basa cada vez más en la energía de los fosfatos de alta energía, ATP y CP, que se almacenan en las células musculares.

Prescripción de ejercicio

La mayoría de los programas de ejercicios de acondicionamiento y rehabilitación están orientados al desarrollo de la fuerza, a la aptitud

aeróbica (cardiovascular) o a una combinación de los dos⁵. Debido a que el rendimiento de la fuerza y el rendimiento aeróbico se ubican en los extremos opuestos del continuo de potencia muscular (Figura 1), el diseño de un programa debe ser muy específico en relación con el ejercicio que se realizará. Esto incluye la intensidad, la duración, la frecuencia (diaria y semanal) y el tipo de ejercicio para lograr resultados óptimos. Los programas de ejercicios de fuerza incluyen entrenamiento con pesas libres o el uso de máquinas de resistencia, en ambos casos con ejercicios que se limitan a unas pocas repeticiones en un conjunto (generalmente menos de 20) antes del agotamiento. El ejercicio aeróbico consiste en ejercicios realizados durante períodos prolongados (por ejemplo, de 10 a 40 minutos) con una gran actividad muscular que implica cientos o miles de repeticiones consecutivas que desafían el suministro de oxígeno a los músculos activos. Las adaptaciones fisiológicas crónicas y las variables en el diseño del programa son altamente específicas para el tipo de ejercicio realizado.

El rendimiento del ejercicio de fuerza se relaciona principalmente con el reclutamiento de células o fibras del músculo esquelético tipo 2 (contracción rápida) que responderán al entrenamiento sistemático al aumentar el área transversal, la capacidad metabólica anaeróbica y la capacidad para el desarrollo de la fuerza. El ejercicio aeróbico se basa en las células o fibras musculares Tipo 1 (contracción lenta) y se puede esperar que los programas de entrenamiento apropiados mejoren tanto los procesos oxidativos en las células como la capacidad del sistema cardiorrespiratorio para suministrar oxígeno.

Utilizando el rendimiento del sujeto en la Figura 1, el ejercicio para mejorar el rendimiento aeróbico y la capacidad cardiovascular involucraría el rango de potencia de 300 a 450 W que este sujeto pudiera mantener durante muchas horas a unos pocos minutos. La prescripción de ejercicio de fuerza implicaría un ejercicio de rendimiento en el rango de 1,000 a 1,400 W (por ejemplo, 20RM - 1RM). Las pruebas de varios otros movimientos y los músculos relacionados producirían una amplia variedad de valores de potencia y deben determinarse mediante pruebas específicas.

El término "trabajo" (en inglés, "work") nunca debe emplearse como una alternativa al término "ejercicio" porque se define específicamente en el SI como el producto de la fuerza y el desplazamiento y no de la actividad muscular continua. El término "carga de trabajo" ("work load") no debe emplearse cuando la unidad de medida presentada es "potencia" (W). La estricta adhesión a las definiciones del SI asegurará la estandarización de la terminología y hará que la comunicación científica sea más fácil de entender para otros.

Bibliografía

1. Cavanagh PR. On "muscle action" vs "muscle contraction". *J Biomech.* 1988;21:69.
2. Bureau International des Poids et Mesures. Le Système International d'Unités (SI), 3rd ed. 1977; Sèvres, France.
3. DeLorme TL. Restoration of muscle power by heavy resistance exercises. *J Bone Jt Surg.* 1945;27:645-67.
4. Knuttgen HG, Patton JF, Vogel JA. An ergometer for concentric and eccentric muscular exercise. *J Appl Physiol.* 1982;53(3):784-8.
5. Knuttgen HG. Strength Training and Aerobic Exercise: Comparison and Contrast. *J Strength Cond Res.* 2007;21(3):973-8.

Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

arkray
LT-1730

- Sólo 0,3 µl de sangre
- Determinación en 15 segundos
- Más pequeño que su antecesor
- Calibración automática
- Memoria para 330 determinaciones
- Conexión a PC
- Rango de lectura: 0,5-25,0 mmol/litro
- Conservación de tiras reactivas a temperatura ambiente y
- Caducidad superior a un año



Importador para España:



c/ Lto. Gabriel Miro, 54, ptas. 7 y 9
46008 Valencia Tel: 963857395
Móvil: 608848455 Fax: 963840104
info@bermellelectromedicina.com
www.bermellelectromedicina.com



Monografías Femed n° 12
Depósito Legal: B. 27334-2013
ISBN: 978-84-941761-1-1
Barcelona, 2013
560 páginas.



Dep. Legal: B.24072-2013
ISBN: 978-84-941074-7-4
Barcelona, 2013
75 páginas. Color



Índice

Foreward
Presentación
1. Introducción
2. Valoración muscular
3. Valoración del metabolismo anaeróbico
4. Valoración del metabolismo aeróbico
5. Valoración cardiovascular
6. Valoración respiratoria
7. Supuestos prácticos
Índice de autores

Índice

Introducción
1. Actividad mioeléctrica
2. Componentes del electrocardiograma
3. Crecimientos y sobrecargas
4. Modificaciones de la secuencia de activación
5. La isquemia y otros indicadores de la repolarización
6. Las arritmias
7. Los registros ECG de los deportistas
8. Términos y abreviaturas
9. Notas personales

Información: www.femed.es