



## Preguntas y respuestas

# Valoración de la prueba de esfuerzo

## Assessment of stress tests

Carlos de Teresa Galván

Centro Andaluz de Medicina del Deporte, Junta de Andalucía, Departamento de Fisiología, Universidad de Granada, Granada, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 16 de marzo de 2017

Aceptado el 17 de marzo de 2017

On-line el 4 de abril de 2017

### ¿Qué supone la prueba de esfuerzo en la Medicina del Deporte?

La prueba de esfuerzo en Medicina del Deporte es una de las herramientas principales para la valoración médico-deportiva y la prescripción individualizada del ejercicio físico, dirigida tanto a la mejora del rendimiento deportivo como a la repercusión del ejercicio sobre la salud a través de la mejora de la condición física.

La prueba de esfuerzo también se utiliza en otras áreas de la Medicina del Deporte como el diagnóstico de patologías, la valoración funcional, el soporte científico del entrenamiento y a la detección de talentos deportivos.

### ¿Cuáles son los objetivos de la prueba de esfuerzo en Medicina del Deporte?

Los principales objetivos de las pruebas de esfuerzo en la Medicina del Deporte son los siguientes:

- Valorar la capacidad para realizar ejercicio dinámico.
- Valorar las respuestas fisiológicas y patológicas de los sistemas implicados en el ejercicio (cardiovascular,

neuroendocrino, respiratorio, etc.) que pudieran contraindicar la práctica del deporte.

- Disponer de datos objetivos que se puedan utilizar en la prescripción del ejercicio y su aplicación para la mejora del rendimiento físico.
- Valorar el estado de salud en base a parámetros con evidencia científica y con valor pronóstico, como el  $VO_{2max}$ .
- Valorar la aptitud para el deporte en deportistas en diferentes situaciones (por ejemplo, asintomáticos, mayores de 35 años y con dos o más factores de riesgo, o en deportistas asintomáticos menores de 35 años con historia familiar de muerte súbita inexplicable relacionada con el ejercicio en familiares de primer grado jóvenes).

### ¿Cuáles son las indicaciones de la prueba de esfuerzo en Medicina del Deporte?

Las indicaciones para realizar pruebas de esfuerzo en Medicina del Deporte quedan recogidas dentro de tres apartados: diagnóstico, pronóstico y valoración de capacidad funcional.

Las indicaciones en base al nivel de evidencia científica, según su utilidad y efectividad, son las siguientes:

Correo electrónico: [cdeteresa@ugr.es](mailto:cdeteresa@ugr.es)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.carcor.2017.03.002>

1889-898X/© 2017 SAC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

- Clase I:
  - Valoración de deportistas con sospecha de cardiopatía.
  - Valoración de deportistas con cardiopatía diagnosticada, como indicación de aptitud para la práctica deportiva.
  - Deportistas con alteraciones electrocardiográficas basales con objeto de establecer su relación con el entrenamiento físico.
  - Evaluación de la capacidad funcional en deportistas de competición, prescripción de cargas de trabajo y valoración de la progresión tras un programa de entrenamiento físico.
  - Deportistas con sospecha de asma inducida por el ejercicio.
- Clase IIa:
  - Deportistas asintomáticos, mayores de 35 años y con dos o más factores de riesgo, como valoración de la aptitud para la práctica deportiva.
  - Deportistas asintomáticos menores de 35 años con historia familiar de muerte súbita inexplicable relacionada con el ejercicio en familiares de primer grado jóvenes.
- Clase IIb:
  - Orientación sobre el ritmo de competición en deportistas que preparan una prueba de larga duración.
- Clase III:
  - Deportistas menores de 35 años para detección de cardiopatía.

Las indicaciones específicas de pruebas de esfuerzo en deportistas con relación al entrenamiento físico son las siguientes:

- Determinar y controlar la evolución de la capacidad de rendimiento físico en base a las variables máximas y submáximas que la definen.
- Prescribir las variables que definen las cargas de entrenamiento.
- Ajustar el ritmo de competición en pruebas de larga duración.
- Valoración fisiológica del rendimiento inapropiado.
- Estudio y seguimiento de deportistas con cardiopatías que no impiden inicialmente la realización de ejercicio físico.
- Evolución y comportamiento en esfuerzo de cambios electrocardiográficos en reposo típicos del deportista.
- Reconocimiento médico-deportivo de aptitud para la práctica deportiva.

### ¿Qué protocolos se utilizan más frecuentemente en Medicina del Deporte?

La elección de los protocolos de esfuerzo depende de la indicación para realizar la prueba, del deporte específico que realice el sujeto y de los medios y experiencia de que se disponga.

De forma general, la elección del protocolo en base a las indicaciones responde a dos objetivos: valoración funcional del rendimiento y control de salud.

Para que la valoración funcional sea lo más acertada posible se utilizan distintos tipos de protocolos en cuanto a intensidad (maximales para conocer las capacidades de esfuerzo máximas, o submaximales si se quieren evaluar

variables relacionadas con los umbrales metabólicos o respiratorios) y al incremento de las cargas (de carga constante para valorar las modificaciones de las respuestas a lo largo del tiempo, o de cargas incrementales para valorar los valores máximos y las intensidades a las que se establecen los umbrales aeróbico y anaeróbico).

Cuando la finalidad de la prueba es clínico-diagnóstica se eligen protocolos que permitan una medición precisa de las respuestas y de las cargas a las que se producen. Por ejemplo, en el caso de una prueba de provocación de broncoespasmo en la que se precisa alcanzar un nivel de ventilación alto, la elección suele ser la de protocolos en cinta rodante con elevada velocidad e inclinación que provoquen en el deportista las respuestas respiratorias que se suelen producir a intensidades altas de esfuerzo en donde se manifiesta clínicamente el broncoespasmo.

Sin embargo, cuando la finalidad es la valoración funcional, los protocolos se deben ajustar al deporte practicado (ergómetro específico, protocolos en rampa con incrementos muy progresivos no escalonados que faciliten la detección de las intensidades correspondientes a los umbrales, etc.). En la actualidad se dispone de un conjunto de ergómetros que pueden simular los gestos deportivos de un amplio número de modalidades deportivas:

#### Tapiz rodante

El tapiz es el ergómetro más utilizado, ya que la carrera es el gesto más utilizado en la mayoría de los deportes. En el tapiz existen protocolos en los que se varía la velocidad y el grado de inclinación iniciales, así como la progresión de las velocidades, la duración y la inclinación del tapiz según la edad, el nivel de condición física y la finalidad de la prueba.

En los deportistas de nivel medio de condición el protocolo se inicia con velocidades que permitan caminar y pendiente fija al 1%, para simular la resistencia del viento, y con incrementos de 0,5-1 km/h cada 30 segundos/1 min para conseguir una duración óptima de 10-15 min de duración total. En los deportistas de mayor nivel la velocidad inicial es de carrera (8-9 km/h) y los incrementos se hacen de forma progresiva similar al caso anterior.

#### Cicloergómetro

El cicloergómetro es una bicicleta estática donde se mide la resistencia al pedaleo. Puede ser de freno mecánico o electrónico, y la intensidad del esfuerzo se mide en vatios (W).

Este ergómetro evidentemente se usa más en ciclistas y triatletas, y permite una valoración más exacta del esfuerzo.

#### Piscina ergométrica

Este ergómetro permite a los nadadores simular su deporte en piscinas de corta longitud (4-6 m) contracorriente (canal de natación), al existir un dispositivo a motor que crea una corriente de agua contra el nadador a velocidades que se pueden incrementar de forma progresiva.

En todas las pruebas de esfuerzo en el ámbito de la Medicina del Deporte se definen tres fases: el calentamiento previo a la prueba, la propia fase de esfuerzo y la fase de

recuperación, siendo todas ellas importantes para que la valoración sea adecuada y completa.

### Test discontinuo con escalones largos

Ergómetro	Tapiz
Reposo	Registro de 1 min
Calentamiento	3 min a 8 km/h (hombres) y 7 km/h (mujeres)
Inicio prueba	8 km/h (mujeres), 9 km/h (hombres)
Incrementos	2 km/h cada 3, 5 o 4 min (ver observaciones)
Recuperación	Mantener el registro de gases hasta que: 1) se establezca el descenso de $VO_2$ , o 2) la FC llegue a 120, o 3) el RER comience a descender Tomar lactatos en los minutos 1, 3, 5, 8 y 12
Observaciones	Los escalones son de 3 min de carrera y de 0,5 a 1 min de parada para la toma de muestras

Este test es de utilidad para la realización de curvas de lactato en tapiz rodante.

### ¿Qué variables son las más utilizadas en la prueba de esfuerzo en Medicina del Deporte?

Además de las variables electrocardiográficas y de las respuestas cardiovasculares (frecuencia cardíaca, presión arterial, doble producto), las variables utilizadas para hacer la valoración funcional son las siguientes:

#### Consumo máximo de oxígeno

El consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) se define como el valor de  $VO_2$  que no puede ser superado a pesar de que continúe aumentando la carga de trabajo y se caracteriza en la PE por la aparición de una meseta en la fase final del ejercicio cuando se representa el  $VO_2$  frente a la carga de trabajo. Cualquier intensidad de ejercicio puede expresarse como porcentaje del  $VO_{2max}$ , designando así el  $VO_2$  necesario para esa actividad como porcentaje del consumo máximo.

#### Cociente respiratorio (RER o RQ)

El cociente respiratorio es la relación entre el oxígeno consumido y el dióxido de carbono producido. Los valores de esta variable, cuando varían entre 0,7 y 1,0, permiten calcular porcentualmente la utilización de los sustratos metabólicos (hidratos de carbono, lípidos y proteínas) y el gasto energético en cada fase del esfuerzo.

#### Umbral anaeróbico

El umbral anaeróbico es la intensidad de esfuerzo a partir de la cual aumentan progresivamente la ventilación y la concentración de lactato sanguíneo respecto al consumo de oxígeno, por el predominio del metabolismo anaeróbico. Esta variable es

muy reproducible y se puede utilizar para definir intensidades submáximas.

### Variables ventilatorias y espirométricas

La valoración de variables espirométricas como la ventilación (VE) o los equivalentes respiratorios del  $O_2$  y del  $CO_2$  ( $VO_2/VE$  y  $VCO_2/VE$ ) son variables que se utilizan para valorar el umbral anaeróbico.

### Lactatemia

Los valores de lactato se incrementan según aumentan las intensidades de esfuerzo, produciéndose un aumento exponencial a partir de una intensidad que corresponde al umbral anaeróbico. Los valores máximos de lactatemia definen la capacidad anaeróbica.

### ¿Cómo se valora una prueba de esfuerzo en un deportista?

La interpretación de estas pruebas debe responder a la indicación por la que se haya realizado la misma.

El las pruebas indicadas con fines diagnósticos, la interpretación debe centrarse en la detección o ausencia de alteraciones en las variables que definen la patología estudiada (por ejemplo, alteraciones ventilatorias en el caso de asma).

En las pruebas cuya indicación es la valoración funcional del deportista, la interpretación se basa en los valores de maximalidad ( $VO_{2max}$ , velocidad en km/h o potencia en vatios, frecuencia cardíaca, lactato y cociente respiratorio RER). Estas variables sirven para valorar tanto la capacidad aeróbica ( $VO_{2max}$ ) como la anaeróbica (lactatemia y RER máximos).

La primera interpretación debe tener en cuenta si los valores obtenidos en estas pruebas permiten hacer una valoración global o tan solo parcial del rendimiento en el deporte estudiado. Por ejemplo, en las carreras de fondo los valores de la prueba de esfuerzo son muy representativos del rendimiento de los fondistas, pero en los deportes de equipo el valor del  $VO_{2max}$  alcanzado valora la capacidad aeróbica o de resistencia, pero hay otras muchas variables que influyen determinadamente en el rendimiento de los futbolistas. En cualquier caso, la valoración de la prueba debe incluir la comparación con otros deportistas de la misma especialidad y con los valores alcanzados por un mismo sujeto en distintos momentos de la temporada o cuando se han sometido a diferentes tipos de entrenamiento.

Además de los valores de maximalidad, los datos que corresponden al umbral anaeróbico aportan una importante información para determinar a las intensidades submáximas a las que puede trabajar el deportista de forma continua, o los rangos de intensidades que se deben utilizar en el entrenamiento de tipo interválico.

Tanto los valores máximos como los correspondientes al umbral permiten hacer una prescripción del entrenamiento muy individualizada y efectuar un seguimiento de las

adaptaciones y modificaciones del rendimiento en base a los distintos entrenamientos utilizados.

Por otro lado, el  $VO_{2max}$  también tiene un valor predictivo sobre el rendimiento en las pruebas de fondo y en la detección precoz de talentos deportivos.

---

### Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

---

### Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

---

### BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

---

1. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Graded Exercise Testing and Prescription. 9th ed Lippincott: Williams & Wilkins; 2014.
2. Myers J, Arena R, Franklin B, et al. Recommendations for clinical exercise laboratories. A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2009;119:3144-61.
3. Naranjo J. El laboratorio de fisiología del ejercicio. Instrumentación. Protocolos de pruebas de esfuerzo. En: Naranjo J, Santalla A, Manonelles P, editores. Valoración del rendimiento del deportista en el laboratorio. Barcelona: Esmon Publicidad; 2013. p. 37-60.
4. Rabadán M, Boraita A. Las pruebas de esfuerzo en la valoración cardiológica y funcional del deportista. En: Manonelles P, Boraita A, Luego E, Boraita A, editores. *Cardiología del Deporte*. Barcelona: Nexus Médica; 2005. p. 79-123.
5. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128:2259-79.