

VALORACIÓN FUNCIONAL Y CARDIOLÓGICA MEDIANTE LA PRUEBA DE ESFUERZO EN LOS BOMBEROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

*MARÍA RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ
MÉDICO DEL SERVICIO MÉDICO DEL CUERPO
DE BOMBEROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID*

INTRODUCCION

Como todos conocemos, la prueba de esfuerzo convencional o electrocardiográfica, constituye un procedimiento ampliamente utilizado en la valoración diagnóstica y pronóstica de pacientes con cardiopatía isquémica en estudio o ya conocida. En los últimos años este procedimiento es cada vez más utilizado en otros grupos de sujetos, tanto sanos, que es el colectivo que nos ocupa, como pacientes diagnosticados de otras cardiopatías.

Dentro de la batería de pruebas que componen el examen de salud periódico que se realiza a los bomberos de la Comunidad de Madrid, la prueba de esfuerzo tiene dos objetivos de evaluación principales:

- Evaluación clínica: como procedimiento de control en individuos asintomáticos para determinar el riesgo de cardiopatía y hacer despistaje de enfermedad cardiaca oculta.
- Evaluación funcional: para conocer y determinar la capacidad física y de rendimiento durante el esfuerzo.

HISTORIA

La evaluación del rendimiento motor en general o de las partes que lo integran tiene su origen en Egipto y Grecia, inicialmente como valoración de condiciones fundamentalmente antropométricas.

Es en el siglo XIX cuando se comienza a aplicar estas mediciones con base científica con el fin de valorar la habilidad o la eficacia del movimiento. Dentro del proceso cronológico de estas mediciones, los test cardiovasculares, hacen su aparición entre 1900 y 1925.

El origen de las modernas pruebas de esfuerzo puede fecharse en 1956, cuando Robert Bruce de Seattle describe una PE en tapiz ergométrico.

Por otro lado, Astrand y Ryhming demostraron que la máxima captación de oxígeno podía predecirse por la frecuencia cardiaca durante un ejercicio submáximo, estableciéndose los fundamentos necesarios de las pruebas de esfuerzo progresivo como valoración de la tolerancia al ejercicio.

En la actualidad, la realización de las modernas pruebas de esfuerzo nos permite obtener datos a los siguientes niveles:

- Cardiológico: frecuencia cardiaca, tensión arterial, registro electrocardiográfico
- Respiratorio: umbral anaeróbico

- Mixto: consumo máximo de O₂, pulso máximo de O₂, umbral aeróbico
- Metabólico: equilibrio ácido-básico

A estos aspectos se han dedicado décadas de investigación y perfeccionamiento desde necesidades demandadas por la medicina convencional y medicina rehabilitadora, medicina deportiva, medicina de empresa con el fin de valorar cargas de trabajo y medicina de seguros para valoración de deterioro funcional.

TIPOS DE PRUEBAS DE ESFUERZO

Las pruebas de esfuerzo se clasifican, según la intensidad en:

- Máximas: hasta el agotamiento o hasta alcanzar valores máximos de frecuencia cardiaca o consumo máximo de oxígeno.
- Submáximas: finalizan antes del mismo.

Según la graduación del esfuerzo:

- Constante: la carga se mantiene durante la prueba de esfuerzo
- Creciente: aumenta con el tiempo. Dentro de ésta puede ser en rampa donde el aumento de intensidad se hace de forma continua, o escalonado.

En líneas generales el programa para la realización de las pruebas de esfuerzo es de ejercicio dinámico y de intensidad creciente realizado en cicloergómetro o en tapiz rodante.

PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Las pruebas de esfuerzo que se realizan a los bomberos de la Comunidad de Madrid son ergoespirometrías, es decir pruebas de esfuerzo con análisis de gases espirados. Los parámetros que cuantificamos nos aportan información acerca de los aparatos cardiovascular y respiratorio y del metabolismo energético durante el ejercicio físico.

Es importante hacer una valoración de los datos de forma integrada, en relación con la historia médica del individuo, el rendimiento y el estado de entrenamiento.

La interpretación de la prueba de esfuerzo se hace desde dos puntos de vista diferentes pero absolutamente complementarios:

1. Respuesta del sistema cardiovascular
2. Valoración funcional.

1. Respuesta del sistema cardiovascular: consideramos los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardiaca: es el mejor indicador de la intensidad del esfuerzo. Se valora la FC máxima alcanzada y la relación a lo largo del esfuerzo entre la intensidad de carga y la FC correspondiente que debe ser lineal.

- Presión arterial: con pequeñas variaciones, la respuesta normal conlleva una elevación gradual de la PA sistólica (hasta 200-220) y la PA diastólica debe mantenerse o disminuir ligeramente respecto a valores iniciales.

- Parámetros electrocardiográficos: al tratarse de población sana, normalmente el ECG no se ve alterado, salvo los cambios correspondientes al aumento de FC, ligeras variaciones de la onda P, disminución de voltaje de la onda R, ligero desnivel del ST y cambios inespecíficos en la onda T.

Estos tres parámetros en conjunto nos informan sobre el estado cardio-circulatorio de forma global y concretamente sobre aspectos parciales de la adaptación cardiovascular al esfuerzo.

2. Valoración funcional: nos permite conocer el rendimiento y obtener datos que puedan ser aplicables en la programación y control del entrenamiento. El análisis de una prueba ergométrica se realiza en función de parámetros máximos y submáximos, siendo el parámetro máximo fundamental el consumo máximo de oxígeno (VO_2 max) y el submáximo la transición aeróbica anaeróbica o determinación de los umbrales aeróbico y anaeróbico. Para ello las pruebas de esfuerzo se realizan con análisis de gases espirados que permiten cuantificar parámetros ergoespirométricos que aportan información sobre el comportamiento de los aparatos cardiovascular y respiratorio y del metabolismo energético durante el ejercicio físico.

A continuación vamos a detenernos en los parámetros de valoración funcional.

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

El consumo máximo de oxígeno es el indicador de la máxima cantidad de oxígeno que el organismo puede extraer de la atmósfera y utilizar en los tejidos y que determina la potencia aeróbica máxima. Representa la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber de la atmósfera, transportar a los tejidos y consumir por unidad de tiempo ($ml/kg/min$). Constituye un excelente parámetro de valoración del sistema de transporte de oxígeno siendo el más representativo del funcionamiento integral del organismo durante el esfuerzo físico e integra la función de diferentes aparatos y sistemas: aparato respiratorio, cardiovascular y muscular.

El criterio más importante para su determinación, es la meseta alcanzada en la curva de VO_2 en un ejercicio incremental, de forma que aunque se aumente la carga de trabajo, el VO_2 no continúa aumentando, lo cual representa la máxima capacidad de obtener energía por vía aeróbica. Aporta datos de gran valor para determinar el estado de forma física general y la salud cardiopulmonar del deportista. La constitución energética, la edad, el sexo, la masa muscular en ejercicio, el entrenamiento y la motivación, son parámetros que determinan el VO_2 máximo.

Otro parámetro es el VO_2 pico que representa el máximo valor de VO_2 alcanzado en una prueba incremental. Este es el parámetro a determinar en

sujetos no entrenados y en cardiópatas a los que se somete a una ergoespirometría.

Otros parámetros a tener en cuenta en la realización de pruebas de esfuerzo con análisis de gases son:

- Ventilación pulmonar por minuto: es el volumen de aire espirado en litros por minuto y hace referencia a la capacidad ventilatoria del individuo y a su adaptación física al esfuerzo.
- Producción de CO₂ (VCO₂): indica la cantidad de CO₂ eliminado en la respiración por unidad de tiempo e informa sobre los procesos cuantitativos del metabolismo aeróbico y anaeróbico.

Existen otros parámetros que facilitan información y que obtenemos con el analizador de gases, aunque en la práctica no nos detenemos en ellos en las pruebas que realizamos a los bomberos en nuestra rutina habitual:

- relación espacio muerto/volumen corriente (V_d/V_t): su análisis durante el ejercicio permite ver las alteraciones en el intercambio gaseoso y en la relación ventilación/perfusión. Permite realizar un diagnóstico diferencial entre una limitación al ejercicio de carácter cardiovascular o respiratorio.
- Cociente respiratorio: es la relación entre el VCO₂ y el VO₂. Es un índice de grado de fatiga en relación a los procesos metabólicos así como a las condiciones ventilatorias en cada nivel de ejercicio.
- Equivalentes ventilatorios para el O₂ y el CO₂ (Eq O₂, EqCO₂): representan los ml de aire que deben ventilarse para consumir 1 ml de oxígeno y eliminar 1 ml de CO₂. Son parámetros de la economía respiratoria o grado de eficiencia de la respiración.
- Pulso de oxígeno (VO₂/FC): es la cantidad de oxígeno consumido durante un ciclo cardiaco completo.

TRANSICIÓN AERÓBICA-ANAERÓBICA. UMBRAL ANAERÓBICO

Se habla generalmente de umbral aunque conceptualmente es más adecuado el término transición.

Wasserman en 1967 lo definió como "la intensidad de ejercicio o trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre a la vez que la ventilación se incrementa también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido". Es un indicador objetivo de la capacidad funcional independiente de la motivación del sujeto ya que no es necesario realizar un esfuerzo máximo para su determinación.

Dentro de esta definición hay dos conceptos a diferenciar:

- umbral láctico: punto en el cual la concentración de lactato se eleva por encima de los valores en reposo.
- Umbral ventilatorio: punto en el que la ventilación se intensifica de forma desproporcionada respecto al oxígeno consumido.

La determinación del valor del umbral anaeróbico tiene aplicación directa sobre el entrenamiento y constituye un criterio útil para diferenciar entre entrenamientos de fuerza y de resistencia, para evaluar los efectos del entrenamiento de resistencia, para indicar la intensidad del entrenamiento, para ver las adaptaciones del organismo en condiciones diferentes etc...

TIPOS DE PRUEBAS DE ESFUERZO QUE SE REALIZAN EN BOMBEROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID Y METODOLOGÍA

En la práctica general el cicloergómetro y el tapiz rodante son los dos métodos más usados para la realización de pruebas de esfuerzo. En nuestro servicio disponemos también de una máquina elíptica para realización de pruebas a bomberos con patología de aparato locomotor que desaconseje el impacto producido por la carrera en el tapiz.

Las ventajas de realizar las pruebas de esfuerzo en cicloergómetro son el fácil control y seguridad, mejor registro ECG, mejor toma de PA y menor coste. En cambio la realización de prueba de esfuerzo en tapiz representa que la carrera es un gesto biomecánico natural y por tanto un ejercicio más fisiológico que permite una mejor valoración global. Por otro lado los inconvenientes de la realización en cicloergómetro son que constituye un ejercicio de mayor fatiga muscular localizada en MMII, con menor consumo de O₂, frente a la cinta que representa un mayor coste, registros más artefactados y mayor dificultad para las mediciones de PA durante la prueba.

Por protocolo, en nuestro Servicio Médico realizamos las pruebas de esfuerzo en tapiz rodante ya que como se señalado anteriormente la carrera representa un gesto biomecánico natural que nos permite una valoración más completa. Reservamos la realización de pruebas de esfuerzo en elíptica o cicloergómetro para bomberos con patología de aparato locomotor que desaconseje el impacto de la carrera o antecedentes de HTA que precise control riguroso de la PA intraprueba, ya que las mediciones en el tapiz de esta constante son difíciles de realizar durante la carrera.

Tenemos programados tres protocolos de carrera en rampa, siendo el criterio de elección de uno u otro la historia previa del paciente, edad, peso, condición física basal en función de pruebas de esfuerzo previas y nivel de entrenamiento que refiere.

NIVEL 1: comienza con una fase de calentamiento de dos minutos a 4 km/hora y posteriormente un incremento de medio km/h cada treinta segundos y pendiente continua del 1% durante la totalidad de la prueba.

NIVEL 2: comienza con fase de calentamiento de dos minutos a 6km/h con un incremento posterior de medio km/h cada treinta segundos así como incremento de la pendiente del 1 al 3%.

NIVEL 3: comienza con fase de calentamiento de 2 minutos a 8 km/h con un incremento de medio km/h cada treinta segundos y un incremento gradual de la pendiente del 1 al 5%.

Todos los protocolos terminan con una fase de recuperación caminando entre cuatro y cinco minutos, dependiendo de la frecuencia cardiaca que se haya alcanzado, con el fin de recuperar frecuencia y movilizar el ácido láctico. Se realizan tomas de tensión al finalizar la fase de ejercicio y cada 2 minutos durante la recuperación.

MEDIOS

- Materiales:

Se dispone de una sala amplia, bien ventilada y seca. Se recomienda que la temperatura esté entre 20°C y 23°C ya que variaciones ambientales de temperatura pueden modificar la respuesta del organismo al esfuerzo (principalmente por encima de los 25 °C)

Ergómetro (cinta rodante, cicloergómetro y elíptica)

Ergoespirómetro

Esfigmomanómetro

Equipo de emergencias cardiorrespiratorias: fuente de O₂, desfibrilador, material de intubación y ventilación, fármacos para reanimación cardiopulmonar y otras eventualidades.

- Humanos:

Médico: interpreta signos clínicos y datos ECG

Enfermera: prepara al paciente, mide PA y colabora en la interpretación de signos y síntomas.

PREPARACIÓN DEL PACIENTE

Se facilita al paciente información sobre la realización de la prueba y firma el consentimiento informado

La enfermera prepara la piel para la colocación de los electrodos, se rasura y se desengrasa con alcohol y se raspa con un método abrasivo para disminuir la resistencia de la piel.

Se coloca una malla a modo de camiseta para sujetar cables y electrodos.

En los tres protocolos que utilizamos se realiza sistemáticamente:

ECG en decúbito supino

ECG en ortostatismo

ECG en hiperventilación

Se hacen tomas de TA en decúbito supino y antes de iniciar la prueba.

Las mediciones de TA durante las fases de ejercicio no son fiables con los sistemas de los que actualmente se dispone y el método auscultatorio habitual es difícil durante la carrera; es por ello que a pacientes con HTA diagnosticada o sospechas de respuesta hipertensiva importante al ejercicio se les realiza la prueba de esfuerzo en cicloergómetro o elíptica para poder obtener un control adecuado de este parámetro.

Se realiza una toma de TA al finalizar la carrera y cada dos minutos durante las fases de recuperación.

La prueba de esfuerzo es incremental, continua y máxima, con análisis de gases y registro ECG de 12 derivaciones.

La duración óptima de la prueba, excluido el calentamiento debe estar comprendida entre 8 y 14 minutos.

CONCLUSIONES

- La realización de pruebas de esfuerzo de forma rutinaria dentro de los exámenes de salud periódicos que se llevan a cabo en el Cuerpo de Bomberos de la CAM, constituye un método eficaz para determinar el riesgo de cardiopatía y hacer despistaje de enfermedad cardíaca oculta.

- La evaluación periódica del nivel de rendimiento mediante estos test son de gran utilidad para determinar deterioros en la condición física del bombero y adaptar su actividad al trabajo.

- El VO₂ necesario para la ejecución de una determinada tarea física varía con su eficacia ergonómica, es decir con la mejor capacidad de ejecución de un determinado trabajo, cualidad que en fisiología del ejercicio recibe el nombre de eficiencia energética, siendo éste un parámetro de gran importancia para establecer la aptitud física de un individuo respecto a una determinada prueba o esfuerzo físico. La eficiencia energética mejora considerablemente con el entrenamiento, ya que a mayor eficacia biomecánica, menor coste metabólico. Es por ello que dentro del trabajo de bombero consideramos importante hacer una valoración funcional del rendimiento físico así como las recomendaciones de entrenamiento oportunas para mantener o mejorar dicha condición.

- El consumo máximo de oxígeno constituye el parámetro máximo fundamental dentro de la valoración funcional, por lo que es de gran utilidad su determinación y por tanto se considera de utilidad la realización a los bomberos de pruebas de esfuerzo con análisis de gases de forma rutinaria.

**ASOCIACIÓN DE SANITARIOS
DE BOMBEROS DE ESPAÑA**