

Ergómetros para pruebas de esfuerzo

Bicicletas ergométricas y «Tapiz sin fin» o Treadmill

Isabel Sánchez Zaplana*, Amparo Buj**

Resumen

Conocer la capacidad del individuo para realizar esfuerzos es importante. En las personas sanas, porque indica su forma física; en las enfermas, porque permite identificar el deterioro físico seguido a su dolencia. Generalmente es la enfermera quien determina aquella capacidad a través de la práctica de pruebas de esfuerzo. Puesto que este profesional sanitario juega un importante rol en todo el proceso, la Ficha correspondiente a este mes trata de las indicaciones, métodos de realización, instrumentos, etc., relacionados con las pruebas de esfuerzo.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la prueba de esfuerzo es cuantificar la *capacidad funcional*, es decir, la capacidad de un individuo para realizar un esfuerzo. Este parámetro resulta útil en sujetos sanos y deportistas, porque es un índice fiable de su forma física. Por otro lado, en individuos enfermos, permite conocer el grado de deterioro físico que provoca su dolencia —el aporte de oxígeno a los músculos en actividad supone una perfecta interacción entre los sistemas respiratorio y cardiocirculatorio.

La metodología habitual consiste en la *realización continuada de un trabajo físico hasta que el sujeto queda exhausto o aparecen signos patológicos que aconsejen su detención*.

Las pruebas ergométricas constituyen desde hace años una exploración básica para el diagnóstico de la cardiopatía isquémica. Su aplicación se ha extendido considerablemente debido a que se trata de un método objetivo, seguro y relativamente económico.

Habitualmente la enfermera es quien realiza esta exploración y suele ocuparse de la preparación, realización y valoración del estado del paciente durante

la misma. También se encarga de los aspectos educativos. Así mismo debe exigirse la presencia de un médico durante la realización del test por los riesgos que éste comporta.

En la presente Ficha de Utillaje nos ocuparemos de las indicaciones, contraindicaciones y métodos de realización de las pruebas de esfuerzo, del material necesario, y de sus ventajas e inconvenientes.

LOS PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE UNA PRUEBA DE ESFUERZO SON: LA FRECUENCIA CARDÍACA, LA TENSIÓN ARTERIAL Y EL E.C.G. EL COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE LOS DOS PRIMEROS Y LA AUSENCIA DE ALTERACIONES ELECTROCARDIOGRÁFICAS, SUGIERE UNA FUNCIÓN CARDIOVASCULAR CORRECTA CUANDO EL PUNTO FINAL ES EL AGOTAMIENTO O FC. PRÓXIMA A LA MÁXIMA. POR EL CONTRARIO, LA ADAPTACIÓN ANORMAL AL ESFUERZO INDICA POSIBLE DETERIORO DE LA FUNCIÓN CARDIOVASCULAR (ALTERACIONES EN EL ECG, DISNEA, MAREO...)

¿Cuándo está indicado realizar una prueba de esfuerzo?

1. Individuos supuestamente sanos:

- Dolor torácico **NO** típicamente isquémico.
- ECG sospechosos de isquemia.

*Enfermera. Profesora del Dpto. de Enfermería Fundamental y Médico-Quirúrgica E.U.E. de Barcelona.

**Enfermera Asistencial. Unidad Coronaria. Hospital Clínico y Provincial. Barcelona.

- Sujetos con factores de riesgo coronario.
- Estudio de arritmias.
- Estudio de la capacidad funcional —deportistas, seguros de vida—.
- Sujetos mayores de 30 años que inicien una actividad deportiva.
- Sujetos con profesiones de responsabilidad para terceros (pilotos, etc.).

2. Pacientes con cardiopatía isquémica:

- Confirmación diagnóstica y valoración en pacientes con Angor.
- Valoración del tratamiento médico o quirúrgico.
- Valoración precoz y / o tardía del paciente que ha sufrido infarto de miocardio —a partir del décimo día post-IAM—
- Diagnóstico de isquemia, indicaciones de tratamiento médico y / o quirúrgico y prescripción de programas de rehabilitación.
- Evaluación del paciente con bay-pass aorto-coronario.
- Evaluación de la acción de fármacos.

3. Otras cardiopatías:

- Valoración funcional y terapéutica en pacientes portadores de valvulopatías.
- Algunas cardiopatías congénitas.
- Sujetos con hipertensión arterial.
- Pacientes con arritmias.
- Miocardiopatías.
- Insuficiencia cardíaca controlada.

Contraindicaciones

A. Contraindicaciones absolutas:

- Infarto agudo de miocardio (IAM) (durante los 10 primeros días).
- Angina evolutiva.
- Arritmias graves: taquicardia paroxística supraventricular, taquicardia ventricular o bloqueo A-V completo mal tolerado.
- Pericarditis o miocarditis aguda.
- Insuficiencia cardíaca descompensada.
- Estenosis aórtica severa.
- Hipertensión arterial severa no controlada.

B. Contraindicaciones relativas:

- Incapacidad física significativa.
- Anemia severa.
- Estenosis aórtica moderada.
- Extrasistolia ventricular compleja.
- Marcapasos artificial, a frecuencia fija.

ESTÁN PROTOCOLIZADOS LOS REQUISITOS QUE DEBE REUNIR UN LABORATORIO DE ERGOMETRÍA: SUPERFICIE MÍNIMA (10 A 12 m²); UBICACIÓN DEL APARELLAJE DE MODO QUE POSIBILITE LA OBSERVACIÓN SIMULTÁNEA DEL PACIENTE Y DEL MONITOR; TEMPERATURA AMBIENTAL DE 20 A 23 °C.; HUMEDAD RELATIVA NO SUPERIOR AL 60%, SUFICIENTE VENTILACIÓN E ILUMINACIÓN



Figura 1.

¿Cómo analizar la capacidad de esfuerzo?

A través de un ergómetro: cicloergómetro o bicicleta estacionaria, tapiz rodante o treadmill, escalera mecánica...

El principio fisiológico importante, en cualquier sistema, consiste en usar un tipo de ejercicio «familiar» que comprenda grandes masas musculares y que no requiera un entrenamiento previo o habilidad adicional.

Existen diversos tipos de protocolos para realizar el test de esfuerzo. Las pruebas pueden ser:

- de una sola etapa con carga constante, o bien
- de varias etapas con trabajo progresivo o intermitente —en el que se intercalan períodos de reposo entre los niveles de esfuerzo—

La duración de cada una de las etapas es, generalmente, de 3 minutos. El protocolo más utilizado es el de BRUCE aunque se dispone de otros: NAUGHTON, STANFORD...

Tipos de ergómetro

El ergómetro debe permitir un esfuerzo progresivo con amplia gama de in-

tensidades de ejercicio dinámico. Los más utilizados son el cicloergómetro o bicicleta ergométrica y el tapiz rodante o treadmill. Ambos son igualmente válidos.

La elección de uno u otro sistema depende, en cada caso, de la mayor familiaridad del paciente para pedalear o correr.

¿Cómo es una bicicleta ergométrica?

(Figura 1)

Se trata de una bicicleta estática convencional. Las de moderno diseño están controladas por microprocesador y en los modelos eléctricos la carga permanece estable, manteniéndose el número de revoluciones al pedalear. Las bicicletas deben ser de freno eléctrico y no mecánico.

Otra característica de la bicicleta consiste en que el manillar y el sillín es regulable y se adapta a las necesidades individuales de cada paciente. El manillar, a su vez, dispone de un cuentarrevoluciones panorámico y de un indicador de potencia.

Algunos modelos llevan incorporado un mando a distancia (fig. 2).

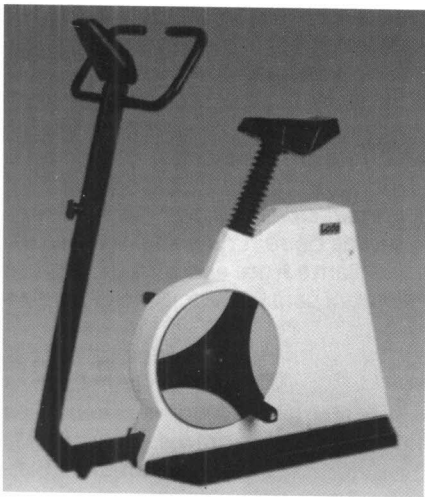


Figura 2.

VENTAJAS

1. El coste de la bicicleta es relativamente bajo en comparación con el tapiz rodante.
2. Funcionamiento silencioso.
3. Ocupa poco espacio para su ubicación.
4. Resulta familiar para gran parte de la población.
5. Permite la toma de la tensión arterial, con mayor facilidad que el tapiz, durante el ejercicio.
6. Permite mejor estabilidad del torso que asegura un buen trazado del ECG.
7. Facilita la posición cómoda del paciente, al estar sentado. También puede realizarse en decúbito supino, —el nivel de trabajo es superior y los cambios en el ECG en caso de isquemia resultan más acusados—.

INCONVENIENTES

1. Imposibilidad de su utilización en pacientes que no saben pedalear.
2. En individuos sedentarios, la fatiga muscular y la falta de coordinación no permiten alcanzar niveles óptimos de trabajo.
3. El esfuerzo depende de la motivación del paciente.
4. A iguales requerimientos aeróbicos, el registro de la T.A. es más elevado.
5. La aparición de dolor y debilidad en el cuádriceps supone un síndrome limitante.



Figura 3.

¿Cómo es un tapiz rodante o treadmill?

(Figura 3)

Consiste en una plataforma rodante de dimensiones variables 451 cm de ancho y 1,40 a 1,65 m de largo. La cinta es de poliéster, de gran duración y escaso mantenimiento. En algunos casos está almohadillada, lo cual mejora su estabilidad. Dispone de una baranda frontal que a la vez puede servir de soporte para diversos accesorios (panel de mandos, equipo de oxigenoterapia para evaluaciones pulmonares...).

En caso necesario, pueden acoplarse unas barandas laterales que aumentan la seguridad y estabilidad del paciente pero disminuyen el esfuerzo (figura 4). Este sistema puede soportar una carga variable según los diferentes modelos; el peso máximo suele ser de unos 190 kg. La cinta rodante es impulsada por uno o varios motores que se accionan por conexión a la red eléctrica.

El paciente camina sobre el «tapiz sin fin» simulando la deambulación o mar-

cha normal. El trabajo se realiza a expensas de la velocidad y de la pendiente. Ambos parámetros pueden ser regulados:

- velocidad de rodamiento: oscila entre 2,4 a 24 km/hora.
- elevación de 0° a 14°.

VENTAJAS

1. En general, los individuos se hallan más acostumbrados a caminar que a pedalear.
2. El ejercicio de correr es *más fisiológico*, lo que permite *mayor trabajo y alcanzar cifras de consumo de oxígeno más elevadas con sobrecargas hemodinámicas ligeramente menores*.
3. El esfuerzo es independiente de factores voluntarios.
4. El Treadmill está indicado tanto para tests rigurosos como para entrenamiento deportivo.
5. El E.C.G. es más estable.
6. La sintomatología que provoca resulta más similar al «dolor anginoso».

INCONVENIENTES

1. Coste superior a la bicicleta.
2. Ocupa más espacio.
3. Mayor dificultad de registro de la T.A., especialmente en los esfuerzos que requieran correr.
4. Ciertos factores influyen en la realización de la prueba —edad, entrenamiento físico, comida previa, fármacos...—

No existe ninguna ventaja decisiva para elegir un sistema u otro de ergómetro. Los nuevos modelos, muy perfeccionados y de reducidas dimensiones, incluso portátiles, hacen que el sistema Treadmill sea el tipo predominante de ergómetro más utilizado en la práctica clínica. Además, su ventaja esencial consiste en que se da una mayor movilización de grupos musculares y el consumo de oxígeno máximo alcanzado es un 5% superior al de la bicicleta.

Para realizar una PRUEBA DE ESFUERZO se necesita un material adicional (figura 5).

1. Electrocardiógrafo

Preferentemente de varios canales para registrar un trazado de 12 derivaciones antes y después de la prueba.

2. Osciloscopio

Absolutamente necesario con objeto de visualizar en todo momento el trazado ECG y observación detallada de aparición de arritmias. Es preferible dis-

poner de un osciloscopio de tres canales de ECG que nos permitan visualizar la cara anterior, lateral e inferior del corazón. Cuando sólo se dispone de una derivación es mejor monitorizar V₅ —cara anterior—.

Actualmente se dispone de sistemas computarizados que permiten la selección del protocolo adecuado, crear protocolos propios, almacenamiento de datos y análisis de éstos, etc.

La pantalla osciloscópica —de tres canales— suministra, además, información constante de diversos parámetros —protocolo seleccionado, frecuencia cardíaca, elevación y declive segmento ST, tiempo de evolución del test...— (figura 6).

3. Esfingomanómetro

4. Desfibrilador —medida de seguridad ante posibles complicaciones—.

5. Material de reanimación —tubo de Mayo, Ambú, fármacos...—.

6. Camilla

No debe considerarse indispensable disponer de un utillaje computarizado para poder practicar ergometrías, dado que, además, su coste es elevado.

¿Qué preparación previa necesita el paciente?

1. Haberle dado a conocer la *historia e indicaciones* de la prueba en cada caso.

2. *Comentarle* la metodología a seguir.
3. Recomendar al paciente el uso de *calzado y vestido cómodos*.
4. Informar al paciente sobre los *síntomas* que pueden presentarse y sobre la necesidad de comunicarlos en el *momento de su aparición*.
5. *Preparación de la piel*: después de rasurada debe reducirse su resistencia mediante frote enérgico de gasa con alcohol para facilitar la mejor conducción.
6. Colocación de electrodos: los *electrodos de las extremidades se colocan en el tórax* para facilitar la prueba —en lugar de en los brazos se sitúan en la región infraclavicular y los de las piernas, en el bajo vientre—.
7. *Electrocardiograma y toma de constantes* —T.A., F.C. ...—. Cuando se realice la prueba sobre el tapiz, deberá registrarse previamente la derivación que será monitorizada durante la prueba, tanto en decúbito supino como en bipedestación.

¿Cuándo debe darse por finalizada una prueba de esfuerzo?

Es correcto detener una prueba cuando se dispone de información suficiente para establecer un juicio clínico válido.

Como ya hemos visto, las pruebas de esfuerzo se basan en la secuencia de car-

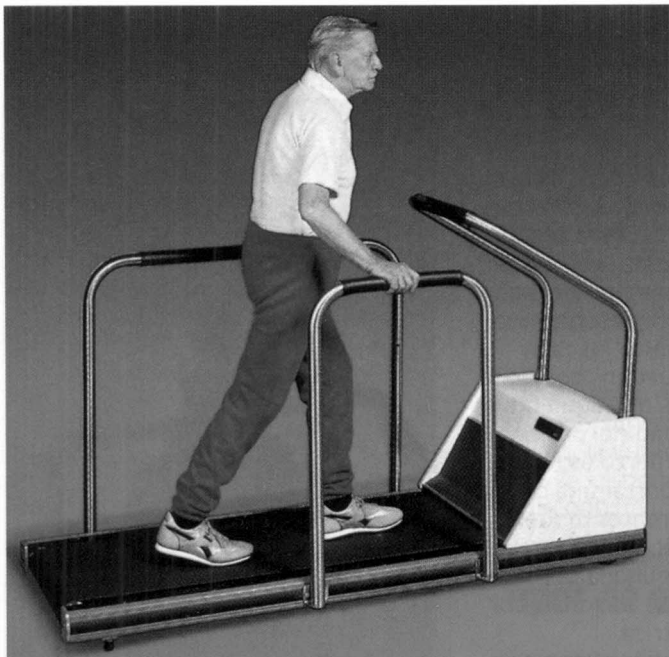


Figura 4. Treadmill con barandillas laterales

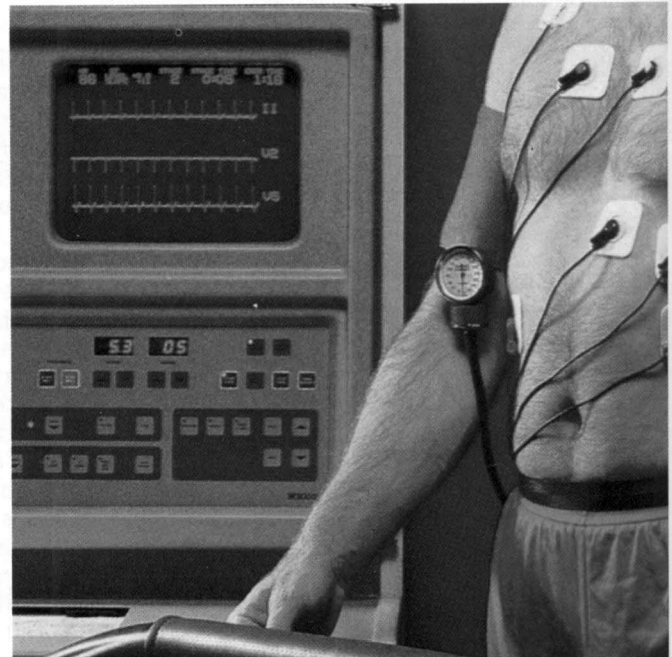


Figura 5.

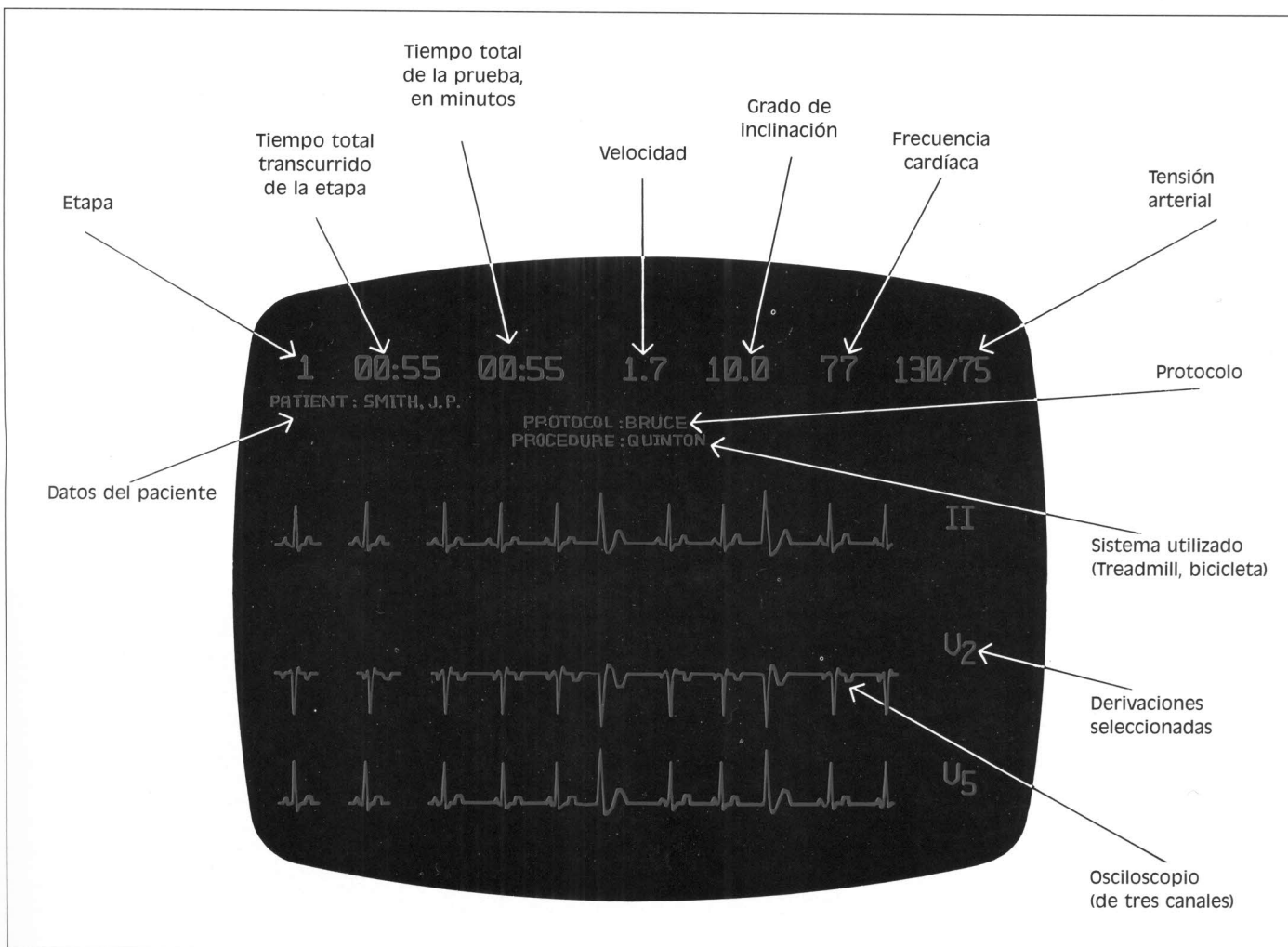


Figura 6. Pantalla con osciloscopio de tres canales e información varia.

gas, el nivel del esfuerzo, y la posición del paciente.

- Respecto a la secuencia de las cargas, actualmente se recomienda la prueba continua con cargas progresivamente crecientes.
- Respecto al nivel de esfuerzo alcanzado podemos distinguir:

1. Prueba de esfuerzo máxima

Cuando el individuo alcance el consumo máximo de oxígeno, o bien, la frecuencia cardíaca máxima teórica —se obtiene con un sencillo procedimiento: $220 - \text{edad del individuo}$ —. Corresponde al límite fisiológico del esfuerzo físico; niveles superiores de trabajo sólo pueden soportarse durante breves minutos y pronto aparecen signos de fatiga y agotamiento. Finaliza en este momento.

2. Limitación por síntomas

En pacientes coronarios o con otras cardiopatías, el final de la prueba se determina por la presencia de síntomas —la frecuencia cardíaca máxima o sub-

máxima no se consigue porque antes aparecen síntomas—. Si es posible, debe tenderse a realizar pruebas de esfuerzo máximas o limitadas por los síntomas. Tienen mayor sensibilidad diagnóstica.

3. Prueba de esfuerzo submáxima

Es un punto elegido arbitrariamente. Habitualmente se toma el 85-90% de la frecuencia cardíaca máxima.

UNO DE LOS PUNTOS FUNDAMENTALES DE LAS PRUEBAS DE ESFUERZO CONSISTE EN CONSEGUIR LA PREPARACIÓN PSICOLÓGICA DEL PACIENTE, DE MODO QUE EL COMPONENTE DE ANSIEDAD SEA MÍNIMO. ES RECOMENDABLE QUE NO ASISTAN FAMILIARES A LA PRUEBA PARA DISMINUIR EL TEMOR, ETCÉTERA.

¿Cómo valorar la respuesta al esfuerzo?

La interpretación de las respuestas al esfuerzo es difícil si previamente no se

conocen los estándares normales esperados y no se conocen las situaciones individuales del sujeto —situación personal, laboral, patológica...— y puede compararse la sintomatología aparecida con los datos objetivos obtenidos.

Valoración de los datos objetivos

Electrocardiograma

Debe registrarse, al menos, unos segundos durante cada minuto de esfuerzo y controlar de forma continua el trazado en el osciloscopio:

- *Elevación del segmento ST.* En ausencia de IAM previo, se asocia a cardiopatía isquémica.
- Las *anormalidades en segmento ST* durante la recuperación sugieren isquemia, especialmente si se acompañan de síntomas.

- **Aparición de onda U negativa.** Sugiere respuesta isquémica.
- **Depresión segmento ST.** Ha sido reconocida como indicador de esquemia miocárdica (depresión junto al punto J).

Frecuencia cardíaca

La FC es el parámetro que nos indicará el *nivel de trabajo del individuo*, ya que existe una *correlación entre la frecuencia y el consumo de oxígeno*. La incapacidad para incrementar adecuadamente la FC, a medida que progresa el esfuerzo, puede ser indicio de enfermedad coronaria.

Tensión arterial

Este parámetro, junto con el anterior, se registrará al inicio de la prueba, al final de cada carga, y durante el período de recuperación. La respuesta normal de la TA con el esfuerzo es un *aumento progresivo de la sistólica con ligeros cambios en la diastólica*. La TA es más elevada con la bicicleta ergométrica a iguales requerimientos aeróbicos, incluso cuando se sostiene el manillar.

Consumo de oxígeno

La *capacidad máxima de consumo de oxígeno* define el límite de la *función cardiovascular* y es el índice más apropiado para determinar la capacidad funcional. La determinación directa aumenta la incomodidad del paciente y representa un elevado costo de la prueba, por ello no suele realizarse. El consumo de oxígeno puede estimarse de forma indirecta, en función de la carga alcanzada.

Angina durante la prueba

Si aparece con el esfuerzo resulta altamente *significativa de isquemia*.

Fármacos

Diversos fármacos pueden *afectar los resultados del ECG* —depresiones ST digitales, diuréticos +K, disminución FC y / o enmascarar cambios en el segmento ST: β bloqueadores, nitroglicerina, inhibidores del calcio—.

Máxima capacidad de esfuerzo

Una baja capacidad de esfuerzo por síntomas cardiovasculares —disnea, fatiga en general...— debe considerarse como indicio de enfermedad coronaria. *Una imposibilidad de alcanzar el 60 a 70% de la capacidad funcional teórica ha de considerarse normal*.

PRONÓSTICO DE LA PRUEBA DE ESFUERZO CON PACIENTES AFECTOS DE IAM:

LA PRUEBA SUBMÁXIMA SE PARA ANTES DE LLEGAR AL GRAN ESFUERZO Y SE DETECTAN DOS GRUPOS:

- a) INFARTO AGUDO DE MIOCARDIO CON PRUEBA DE ESFUERZO NEGATIVA: BUEN PRONÓSTICO.
- b) INFARTO AGUDO DE MIOCARDIO CON PRUEBA DE ESFUERZO POSITIVA: POSIBLEMENTE DESARROLLO DE MUERTE SÚBITA.

Mantenimiento

- Las condiciones de seguridad de estos aparatos son las usuales y se adaptan a la normativa legal.
- Los ergómetros descritos en esta ficha son de gran duración y escaso mantenimiento. Al ser la carga progresiva y variable, obliga a que los aparatos sean calibrados de forma periódica.
- Como todo aparato eléctrico, los electrocardiógrafos, osciloscopios, etc., deben limpiarse cuidadosamente. Se debe evitar al máximo las temperaturas húmedas. La limpieza se efectuará con una solución no alcohólica y extremando las precauciones en la parte frontal de la pantalla y en las conexiones eléctricas.

Recomendaciones prácticas

1. Debe explicarse bien al paciente el procedimiento a seguir y los aspectos técnicos del mismo. Es importante hacer demostraciones prácticas si el enfermo no conoce la prueba.
2. Se recomienda que el paciente tome una comida ligera antes de la prueba y que ésta no se realice antes de las dos horas después de la ingesta.
3. Es importante que el paciente deje de fumar, al menos dos horas antes de la prueba. Es fundamental para valorar la capacidad funcional.
4. En algunos casos la familia puede dar seguridad y tranquilidad al enfermo; si ello no está garantizado es preferible que no asistan a la prueba.
5. Si la prueba tiene fines diagnósticos y se sospecha que la medicación puede alterar el resultado, es recomendable suspender el fármaco.
6. En pacientes ya diagnosticados que realizan la prueba como valoración, no es necesario suspender la medicación, ya que de este modo se puede conocer la capacidad funcional en condiciones habituales.
7. Se informará al paciente de que, en la medida de lo posible, debe evitar apoyarse en la barandilla durante la prueba.
8. Los cables de los electrodos deben fijarse a la piel —especialmente en el sistema Treadmill—. Puede hacerse con cinta adhesiva, venda elástica, camiseta...
9. Es importante evitar la presencia de «artefactos» en el trazado electrocardiográfico —correcta colocación electrodos, pasta conductora...—
10. El período de recuperación debe durar hasta que la TA y el ECG han retornado a sus posiciones iniciales; el tiempo mínimo será de 5 a 6 minutos.
11. Para evitar un cuadro vagal post-esfuerzo, se recomienda que los pacientes no detengan el ejercicio bruscamente. —Bicicleta: deben seguir pedaleando con baja carga—.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNOLD, R., HABER, J.E., AUSTEN, W.G.: *Cardiología práctica*. Ed. Salvat, Barcelona, 1985.
- COHN, Peter: *Diagnóstico y tratamiento de las coronopatías*. Ed. Salvat, Barcelona, 1983.
- Sección de Cardiopatía Isquémica y Unidades Coronarias. Sociedad Española de Cardiología: *Informe de*

la Sección de Cardiopatía Isquémica y Unidades Coronarias. Las Pruebas de esfuerzo en Cardiología, Revista Española de Cardiología, nº 38, 1985, pág. 1-13.

SERRA, J.R., TRILLA, E.: *La prueba de esfuerzo en la valoración del paciente con cardiopatía*. Laboratorios BOI, S.A., 1985.