

La prueba de esfuerzo (PE) o ergometría consiste en someter al paciente a un esfuerzo físico controlado médicamente que obliga a desencadenar alteraciones cardiovasculares no presentes en reposo y que pueden manifestarse con el ejercicio. También nos permite estudiar el comportamiento de diversas variables (TA, FC, etc.) durante la realización de la prueba.

Las alteraciones del ECG son algunos de los datos más relevantes en este tipo de exploración.^{1, 2}

Indicaciones

Valorar el dolor torácico en pacientes con coronariografía normal. Como valoración pronóstica de pacientes tras un episodio de IAM y para predecir la posibilidad de que repitan los episodios de angina. Estudiar el comportamiento de determinadas arritmias. Evaluar la eficacia de diversos tratamientos (farmacológico, quirúrgico, intervencionista). Estudiar la respuesta cronotrópica en pacientes con bradicardia o mareos. Valorar y estratificar el riesgo cardiológico antes de iniciar un programa de Rehabilitación Cardíaca. Valorar y cuantificar la CF de determinados grupos de pacientes (valvulares, coronarios, candidatos a trasplante). Y valorar origen cardíaco o pulmonar de disnea.^{3, 4, 5}

Recursos materiales

Cicloergómetro o bicicleta ergométrica (bicicleta estática con freno mecánico o electrónico) o bien el *tapiz rodante* o "treadmill". Este último es el método más ampliamente utilizado. Consiste en una cinta sin fin movida por un motor, sobre la que el paciente debe caminar a distintas velocidades y pendientes según diferentes protocolos

Electrocardiógrafo de 12 derivaciones. Camilla, toma de O₂ y mascarilla, y esfigmomanómetro. Desfibrilador y material necesario para RCP.^{1, 6}

Procedimiento

La duración de la prueba depende del protocolo aplicado. Al inicio se enseñará al paciente a caminar sobre el tapiz (*Fig. 8*) o pedalear en el cicloergómetro, indicándole que debe comunicar cualquier síntoma que aparezca durante el ejercicio.

Se realizará un ECG y se registrará FC y TA, previos a la prueba, en decúbito y en ortostatismo (será el basal durante el procedimiento) prosiguiendo, durante la prueba, con monitorización continua de la señal, al menos en 3 canales, realizando registro de 12 derivaciones, FC y TA, en el momento de máximo esfuerzo, en cualquier momento en el que se produzca un acontecimiento clínico importante y al finalizar la prueba, bien sea por la aparición de síntomas (dolor precordial, fatiga muscular, dolor gemelar, disnea), por haber alcanzado la frecuencia cardíaca máxima estima-

da para la edad ($220 - \text{edad en años}$, ej.: $220 - 60 (\text{años}) = 160$), aparición de arritmias ventriculares o respuesta inadecuada de la TA.

El registro de ECG y el control de TA se prolongarán durante 3-5 minutos, hasta la recuperación de la situación basal del sujeto.^{1, 6, 7}

En la práctica, el nivel de ejercicio realizado o el trabajo externo se expresa como consumo de O_2 máximo (VO_2 máx.) o en METS (las veces que se aumenta el VO_2 con el ejercicio). Cada protocolo dispone de fórmulas para estimar los METS alcanzados con un margen de error que es más importante en los protocolos discontinuos.⁷



Figura 8

Complicaciones

A pesar de ser una prueba segura, con un índice de mortalidad del 1 por 10.000 y de morbilidad del 2 por 10.000, entraña ciertos riesgos, complicaciones que se pueden clasificar, según su gravedad, en menores y mayores (*tabla 2*).^{5, 7}

Tabla 2

COMPLICACIONES DE LA PE	
Complicaciones menores	Complicaciones mayores
Taquicardia supraventricular	Taquicardia ventricular
Insuficiencia cronotrópica	Fibrilación ventricular
Insuficiencia cardiaca congestiva	Accidente cerebrovascular
Respuesta cronotrópica excesiva	Síncope
Extrasistolia ventricular	Infarto Agudo de Miocardio
Hipotensión arterial	Muerte

Protocolos para PE

La PE puede ser *máxima* cuando el sujeto supera el 85% de la FC máxima o el VO_2 máximo, y *submáxima* cuando no alcanza la FC máxima teórica, o el consumo de O_2 equivalente a 5 Mets, o aparecen síntomas o signos que obliguen a suspender la prueba.^{4, 8}

Dependiendo de la continuidad del ejercicio durante la prueba, los protocolos pueden ser *discontinuos* si alternan periodos de esfuerzo con periodos de reposo de duración similar, y *continuos* cuando no interrumpen el esfuerzo una vez iniciado hasta finalizada la prueba, permiten mejor adaptación física y psicológica y es posible adaptar la intensidad de forma individualizada.⁷

Según del tipo de PE, cicloergómetro o tapiz, se utilizan varios protocolos. El más

utilizado en el cicloergómetro consiste en realizar ejercicio por etapas de 3 minutos, comenzando por 25W y aumentando progresivamente la carga de trabajo en 25W cada etapa.⁵ En el tapiz el más utilizado es el de *Bruce*, que consta de siete etapas de tres minutos de duración cada una y en el que cada etapa aumenta tanto la velocidad como la inclinación de la cinta rodante. Este protocolo suele ser bien tolerado por personas de edad media y capaces de realizar una actividad física normal, aunque inclinaciones superiores al 20% son difíciles de alcanzar. En el caso de personas mayores o con capacidad física disminuida el protocolo más utilizado es el de *Naughton*, que se realiza por etapas de dos minutos, aumentando progresivamente la inclinación pero no la velocidad. En algunos casos se utilizan los protocolos de Bruce o Naughton modificados.^{1, 4, 9}

PROTOCOLO DE BRUCE					PROTOCOLO DE NAUGHTON				
Etapas	Tiempo	Velocidad (mph-km/hr)	Pendiente	METS	Etapas	Tiempo	Velocidad (mph-km/hr)	Pendiente	METS
1	3 min	1,7 - 2,7	10%	4,8	1	2 min	1,6 - 2,6	0%	2,6
2	3 min	2,5 - 4,0	12%	6,8	2	2 min	2,4 - 3,8	0%	2,6
3	3 min	3,4 - 5,4	14%	9,6	3	2 min	3,2 - 5,1	3,5	3,8
4	3 min	4,2 - 6,7	16%	13,2	4	2 min	3,2 - 5,1	7,0	4,7
5	3 min	5,0 - 8,0	18%	16,1	5	2 min	3,2 - 5,1	10,5%	5,4
6	3 min	5,5 - 8,8	20%	20	6	2 min	4,8 - 7,7	7,5%	6,2
7	3 min	6 - 9,6	22%		7	2 min	4,8 - 7,7	10%	6,9
					8	2 min	4,8 - 7,7	12,5%	7,9
					9	2 min	4,8 - 7,7	15%	8,7

Una forma subjetiva de medir la CF es utilizando la *Escala de Borg* (da valor de 0 a 10, siendo 0 = nada y 10 = extremadamente intenso) mediante la cual el paciente evalúa su propia percepción de esfuerzo durante el ejercicio, coincidiendo casi siempre con la FC.^{6, 1}

La elección del protocolo vendrá condicionada principalmente por la información que se pretende obtener. Secundariamente se considerarán estado físico, sexo y posibles déficit físicos o psíquicos, siendo la edad un factor decisivo solamente en edades pediátricas y en edades avanzadas.⁷

Ergometría con consumo de O₂ o ergoespirometría

Es el análisis directo del intercambio de los gases respiratorios durante la realización de una ergometría tradicional, lo que permite obtener información, además, del aparato respiratorio y del metabolismo energético durante el ejercicio, precisando para ello de un equipo analizador de gases.

El parámetro calculado es el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.), que se define como el máximo volumen de oxígeno captado por el organismo durante el ejercicio físico y que ya no modifica aunque se aumente la carga de trabajo. Esta prueba también permite medir la producción de CO₂ y calcular los equivalentes metabólicos (METS).^{7, 11}

Causas por las que se debe suspender la PE

Criterios absolutos

- Deseo reiterado del sujeto de suspender la prueba.
- Dolor torácico anginoso progresivo.
- Descenso o falta de incremento de la PA a pesar de aumentar la carga.
- Arritmias severas / malignas: arritmias ventriculares o fibrilación auricular.
- Síntomas del sistema nervioso central: mareo, síncope, ataxia.
- Signos de mala perfusión: cianosis, palidez.
- Mala señal electrocardiográfica, que impida correcto control.

Criterios relativos

- Cambios llamativos del segmento ST o QRS.
- Fatiga, cansancio, disnea o claudicación intermitente.
- Taquicardias no severas.
- Bloqueo de rama que simule taquicardia ventricular.
- PAS > 250 mm Hg y/o PAD >115 mm Hg.
- Cuando se haya alcanzado la FC máxima teórica.
- Descenso de la PAS >10 mm Hg sin acompañarse de otra evidencia de isquemia.^{1, 3, 7}

Actuación de enfermería

Cuando se cite al paciente para la prueba, se le entregará un listado de normas que debe seguir:

- Tomar algún alimento ligero, evitando café y alcohol, 2 o 3 horas antes de la prueba, en prevención de hipoglucemia.
- No fumar ni realizar actividad física intensa o inhabitual en las doce horas anteriores.
- Deberá llevar ropa confortable y calzado deportivo

La sala debe ser amplia, accesible, con temperatura próxima a los 21°C, y humedad relativa del 60%.

Antes de comenzar la prueba, informar al paciente sobre el procedimiento, transmitir seguridad, advirtiéndole que debe comunicar cualquier síntoma ó sensación en el momento. Cumplimentar el consentimiento informado. Preparar la piel limpiando con alcohol y rasurando, si fuera preciso, para la buena fijación de los electrodos, colocando las precordiales en su posición habitual, los de los brazos por debajo de la epifisis distal de la clavícula, y los de las piernas en las crestas iliacas anteriores y por debajo de la caja torácica, poner malla en forma de camiseta para asegurar la inmovilización de los electrodos y cables durante el ejercicio y evitar la aparición de artefactos. Realizar un ECG y medición de TA y FC en reposo, prosiguiendo con la monitorización continua durante todo el procedimiento.

Durante la prueba, observar la aparición de signos como palidez o sudoración, vigilar cambios en el ECG, y control y valoración de la respuesta de TA y FC incluso hasta unos minutos *después* de haber finalizado la prueba.^{1, 4}

Interpretación de la prueba

Las características que se analizan durante la ergometría son:

- 1.- *Clinica*: La aparición de dolor anginoso que puede ir acompañado de cortejo vegetativo asociado a bajo gasto cardíaco.
- 2.- *Hemodinámica*: La frecuencia cardíaca (FC) aumenta, de forma fisiológica, con el ejercicio y es un determinante principal de la capacidad del individuo para hacer ejercicio físico, considerando normal la ergometría en la que se supera el 85% de la FC máxima teórica, siendo un dato sugestivo de cardiopatía la aparición de síntomas antes de alcanzar el 85% de la FC máxima, motivo por el que se suspende la prueba.

La tensión arterial (TA) también aumenta fisiológicamente con el ejercicio, alcanzando la TA sistólica cifras de 200-220 mmHg, siendo mínimas las variaciones de TA diastólica. Una elevación de la TA por encima de estas cifras (respuesta hipertensiva) se asocia a HTA, mientras que una respuesta hipotensiva (incremento inferior al 10%, no supera valores de 120 mmHg, descenso respecto del reposo) se asocia a enfermedad coronaria grave, generalmente enfermedad del tronco o equivalente (enfermedad de tres vasos).

- 3.- Cambios electrocardiográficos como el análisis del desplazamiento el segmento ST, siendo las derivaciones V4, V5 y V6 las que más información aportan sobre el descenso del segmento ST.^{1, 6, 7}

Prueba de estrés con imagen en cardiopatía isquémica

Además del registro electrocardiográfico se pueden obtener imágenes ecocardiográficas y gammagráficas del corazón en situación de estrés físico, permitiendo obtener datos más precisos, tanto diagnósticos como pronósticos, de la enfermedad coronaria.^{4, 7}

Tipos:

1. Ecocardiografía de estrés (*Ver apartado de Ecocardiograma*).
2. Estudios isotópicos en los que se emplea la perfusión de isótopos radioactivos, principalmente Talio y preparados con Tecnecio, para la obtención de imágenes por tomografía computerizada.²

Indicaciones

En el diagnóstico de la enfermedad coronaria cuando el ECG basal es anormal (hipertrofia ventricular izquierda, bloqueo de rama, síndromes de pre-excitación); Cuando la PE convencional ha sido indeterminada o limítrofe. Cuando existen otras cardiopatías (cardiopatía hipertensiva, miocardiopatías). En la evaluación de la extensión de la enfermedad coronaria. En la evaluación de la isquemia en presencia de infarto previo.⁴

Procedimiento

Se inicia como una prueba de esfuerzo convencional y, un minuto antes del máximo esfuerzo, se inyecta el radioisótopo elegido, prosiguiendo con el protocolo correspondiente de toma de imágenes gammagráficas, puesto que ambos isótopos tienen una farmacodinámica diferente.⁴

BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez Criado, Vicente; Martínez Castellano, Alberto; López Mediana, María Isabel. *La prueba de esfuerzo en el paciente con cardiopatía isquémica*. Rev. Enfermería Clínica. 1383:180-187. 2003 mayo-junio.
2. Romero Tarín, E.; *Cardiopatía isquémica crónica*. En: Romero Tarín, Enrique. Cardiología. Gijón: Gráficas Covadonga, 2007:133-151
3. Sección de Cardiopatía isquémica y Unidades Coronarias y Sociedad Española de Cardiología. Procedimientos diagnósticos en las unidades del dolor torácico. En: Unidades de dolor torácico. Barcelona: Reprodisseny S.A. 2001:15-36
4. Castellano, C.; Pérez de Juan, M.A.; Valcárcel, B.; Macaya, C.; Attie, F.; Prueba de Esfuerzo y tests farmacológicos. En: Castellano, C.; Pérez de Juan, M.A.; Attie, F.; Electrocardiografía clínica. Madrid: Elsevier España SA, 2004: 159 - 196.
5. Muela de Lara, A.; Pruebas de esfuerzo. En: Maroto Montero, J.M.; De Pablo Zarazosa, C.; Artigao Ramírez, R.; Morales Durán, M.D.; Rehabilitación Cardíaca. Barcelona: Hurope, S.L., 1999: 127-156.
6. Arós, Fernando (coordinador); Boraita, Araceli (coordinador), *et al. Guía de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo*. Rev. Española de cardiología Vol 53 Num. 8, Agosto 2000; 00-00
7. Cinza Sanjurjo, S.; Iglesias Careño, C.; Nieto Pol, E.; *Ergometría o prueba de esfuerzo*. Técnicas de A.P. 2006. Disponible en: www.fisterra.com
8. Íñigo, V.; *Metodología de las pruebas de esfuerzo*. Sociedad Española de Rehabilitación Cardiorespiratoria (SORECAR). Disponible en: www.sorecar.org
9. Serra Grima, J.R.; *Prueba de esfuerzo en Rehabilitación Cardíaca*. Sección de Cardiología Preventiva y Rehabilitación de la SEC. Disponible en: www.secpyr.org
10. Gielen, Stephan; Brutsaert, Dirk; Saner, Hugo; Hambrecht, Rainer. *Rehabilitación cardíaca*. En: Camm, A. John; Lüscher, Thomas F.; y Serruys, Patrick W. Tratado de Medicina Cardiovascular de la ESC. Versión española de la obra original The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine. Coslada (Madrid): Varoprinter, S.A. 2007: 845 – 870.
11. El médico interactivo diario electrónico de la sanidad: Aula Acreditada Insuficiencia cardíaca. Disponible en, <http://www.elmedicointeractivo.com/>