

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



## REVISIÓN

# Respuesta de la tensión arterial a la prueba de esfuerzo

Miguel Chiacchio Sieira<sup>a,\*</sup>, Alberto Omar Ricart<sup>b</sup> y Rafael Suau Estrany<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Medicina del Deporte, Consultas Médicas Juaneda Bellver, Palma de Mallorca, Illes Balears, España

<sup>b</sup>Medicina del Deporte, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina

<sup>c</sup>Medicina de la Educación Física y el Deporte, Servicio de Medicina del Deporte, Consell de Mallorca, Palma de Mallorca, Illes Balears, España

Recibido el 7 de octubre de 2009; aceptado el 27 de enero de 2010

Disponible en Internet el 26 de marzo de 2010

### PALABRAS CLAVE

Tensión arterial;  
Prueba de esfuerzo;  
Reacción  
hipertensiva;  
Reacción hipotensiva;  
Hipertensión futura

### KEYWORDS

Blood pressure;  
Stress test;  
Exercise-induced  
hypertension;  
Exercise-induced  
hypotension;  
Future hypertension

### Resumen

Aunque en la práctica se mide la tensión arterial durante y en la recuperación de la prueba de esfuerzo, no hay cifras claramente establecidas de una respuesta anormal. Diferentes poblaciones y métodos estudiados explican las diversas definiciones. Estos datos conflictivos provocan una inadecuada apreciación de su significancia clínica y de la conducta a seguir. Este artículo revisa trabajos relevantes de la respuesta de la tensión arterial a la prueba de esfuerzo, y basándose en la evidencia, propone una serie de valores y conductas de significancia diagnóstica y pronóstica.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Blood pressure response to exercise testing

### Abstract

Although blood pressure is usually measured during and in recovery from a stress test, there are no clearly established figures of an abnormal response. Different methods and population studies give different definitions. This conflicting data had provoked an inadequate appreciation of clinical significance, and the conduct to follow. This article revises work relevant to blood pressure response in exercise testing, and based on evidence, proposes a series of values and conducts of diagnostic and prognostic significance.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: miguelchiacchio@medicodeldeporte.es (M. Chiacchio Sieira).

## Introducción

La prueba de esfuerzo es un test de estimulación cardiovascular que se realiza en cinta rodante o bicicleta monitorizando el electrocardiograma y la tensión arterial (TA). Tiene un coste relativamente bajo y se usa normalmente para estimar el pronóstico y determinar la capacidad funcional, para evaluar la probabilidad y extensión de una enfermedad coronaria y para evaluar los efectos del tratamiento o del entrenamiento físico.

Hay pocos estudios que brinden cifras de respuesta tensional normal al esfuerzo para adultos y adolescentes. Las que hay tienen en cuenta la edad y el sexo, lo que no es normalmente tomado en consideración a la hora de evaluar una respuesta tensional al esfuerzo.

La determinación manual de la TA sigue usándose habitualmente en la práctica. A veces puede ser difícil definir los valores de TA en reposo, sobre todo la tensión arterial diastólica (TAD), ya sea por problemas de audición, de definir o reconocer el quinto sonido de Korotkoff o por una laguna auscultatoria. En la práctica, aún con experiencia, frecuentemente puede ser aún más difícil definir las cifras de tensión arterial sistólica (TAS) y TAD durante una prueba de esfuerzo, sobre todo esta última. Por ejemplo, a veces la TAD en esfuerzo no puede definirse con el quinto sonido de Korotkoff debido a que se ausculta sonido casi hasta 0 mm Hg, debiendo utilizarse el cuarto para definir la TAD.

La determinación de la TA mediante aparatos automáticos, con la técnica correcta, brindan muchas ventajas sobre la técnica manual, habiéndose constatado su utilidad y validez clínica.

En cuanto a lo que es una respuesta anormal de la TA en esfuerzo no hay cifras consensuadas claramente hoy en día. Las definiciones utilizan diferentes parámetros y los métodos para estudiarla también son diferentes. Generalmente se toman cifras absolutas, aunque puede no tener el mismo significado clínico una TA máxima en esfuerzo de 230 mm Hg en un adulto de 25 años que en uno de 65 años. Además, posiblemente su relevancia clínica y pronóstica no es valorada suficientemente, dejando probablemente algunas personas de riesgo sin un adecuado seguimiento o estudios adicionales.

Las respuestas de la TA anormales pueden desarrollarse durante la prueba y en su recuperación, incluso justo antes de la prueba de esfuerzo, teniendo significativo valor clínico. La respuesta hipertensiva (RH), hipotensiva, así como una respuesta insuficiente de la TA forman parte de las respuestas anormales durante la prueba de esfuerzo. La respuesta de la TA durante la recuperación, frecuentemente no valorada adecuadamente, puede aportar también información clínica de relevancia. También es importante tener en cuenta las cifras tensionales de seguridad durante la prueba de esfuerzo, tanto lo que son las contraindicaciones así como los criterios de suspensión de la misma.

La relevancia del estudio de la TA en esfuerzo radica en su potencial diagnóstico, no solo de HTA, sino de reflejo de otras patologías que pueden alterar la hemodinámica, como puede ser una miocardiopatía hipertrófica. También tiene un potencial pronóstico, sobre HTA futura, eventos cardiovasculares, ictus y mortalidad.

Este artículo, resume evidencias de los últimos años de estudios sobre la respuesta anormal de la TA en la prueba de esfuerzo, mencionando cifras orientativas de carácter

diagnóstico y pronóstico, con el objetivo de mejorar la interpretación y su aplicación en la práctica diaria.

## Respuesta normal

En la respuesta normal de la TA a la prueba de esfuerzo progresiva, la TAS aumenta mientras que la TAD se mantiene o desciende ligeramente.

La respuesta normal de la TAS en pruebas progresivas son de aproximadamente 7–10 mm Hg por MET, unos 25 W, aunque no hay valores estandarizados<sup>1–4</sup>.

La respuesta tensional al esfuerzo a nivel submáximo, máximo y en la recuperación tiene dependencia de la edad, sexo y condición física, lo cual debería ser tomado en consideración a la hora de evaluar una respuesta normal en la prueba de esfuerzo (tabla 1 y 2)<sup>5–7</sup>.

## Edad

A mayor edad mayores valores de TAS y TAD al esfuerzo submáximo, máximo y en recuperación<sup>6,8,9</sup>.

## Sexo

En general los hombres tienen una valores de TAS máximos (TASmáx) más altos, así como una recuperación más rápida que la mujer<sup>8,10</sup>.

## Condición física

En sujetos entrenados la respuesta de la TAS es menor en esfuerzo submáximo que en los no entrenados, alcanzando TASmáx mayores, con valores normales de 225–240 mm Hg en alto nivel. Al aumentar la condición física, aumenta la TASmáx<sup>4,8,11,12</sup>. Así, la diferencia entre la TASmáx y la TASreposo (TAS máxima) alcanza valores mayores en deportistas.

La presión de pulso (TAS-TAD) máxima en ejercicio, también es mayor en deportistas que en no deportistas, generalmente superando los 100 mm Hg<sup>13</sup>.

Los deportistas llegan a TAD en esfuerzo más bajas<sup>4</sup>. En los jóvenes sanos, algunas veces no se puede determinar la TAD porque se sigue escuchando casi hasta cero.

Una baja condición física está asociada con más altas respuestas tensionales al esfuerzo submáximo y máximo<sup>14</sup>.

Normalmente hay una hipotensión postejercicio (valores por debajo de los iniciales) tanto en normotensos como en hipertensos que puede durar varias horas<sup>1</sup>.

Los individuos adultos y adolescentes hipertensos o los que tienen un IMC alto, tienen respuestas más altas de TA al esfuerzo<sup>7,15</sup>. La respuesta de la TAS es mayor en adolescentes con obesidad indicando una mayor reactividad al esfuerzo físico<sup>16</sup>.

## Métodos de auscultación

En esfuerzo, el método manual sigue siendo recomendado, aunque hay que recordar que la TA central o su equivalente, la arteria braquial, es la que está validada para un adecuado

**Tabla 1** Tensión arterial máxima y percentiles por edad y sexo

Edad (años)	Hombre		Mujer	
	Sistólica (mm Hg)	Diastólica (mm Hg)	Sistólica (mm Hg)	Diastólica (mm Hg)
<b>20-29</b>				
Media $\pm$ DS	182 $\pm$ 21	71 $\pm$ 12	156 $\pm$ 20	70 $\pm$ 12
Percentil 5°	146	50	124	49
Percentil 95°	218	89	188	89
<b>30-39</b>				
Media $\pm$ DS	184 $\pm$ 20	76 $\pm$ 12	160 $\pm$ 22	74 $\pm$ 11
Percentil 5°	150	58	24	52
Percentil 95°	218	94	196	90
<b>40-49</b>				
Media $\pm$ DS	188 $\pm$ 21	80 $\pm$ 12	167 $\pm$ 23	78 $\pm$ 11
Percentil 5°	154	60	130	59
Percentil 95°	224	98	208	96
<b>50-59</b>				
Media $\pm$ DS	193 $\pm$ 23	83 $\pm$ 12	177 $\pm$ 24	81 $\pm$ 12
Percentil 5°	157	62	138	60
Percentil 95°	233	101	215	99
<b>60-69</b>				
Media $\pm$ DS	197 $\pm$ 24	84 $\pm$ 12	186 $\pm$ 24	81 $\pm$ 13
Percentil 5°	159	66	148	60
Percentil 95°	239	105	228	100
<b>70-79</b>				
Media $\pm$ DS	196 $\pm$ 27	84 $\pm$ 13	185 $\pm$ 25	83 $\pm$ 10
Percentil 5°	151	60	144	63
Percentil 95°	243	105	222	100

DS: desvío standard.  
Adaptado de Daida et al<sup>6</sup>.

**Tabla 2** Respuesta hipertensiva y riesgo de futura hipertensión

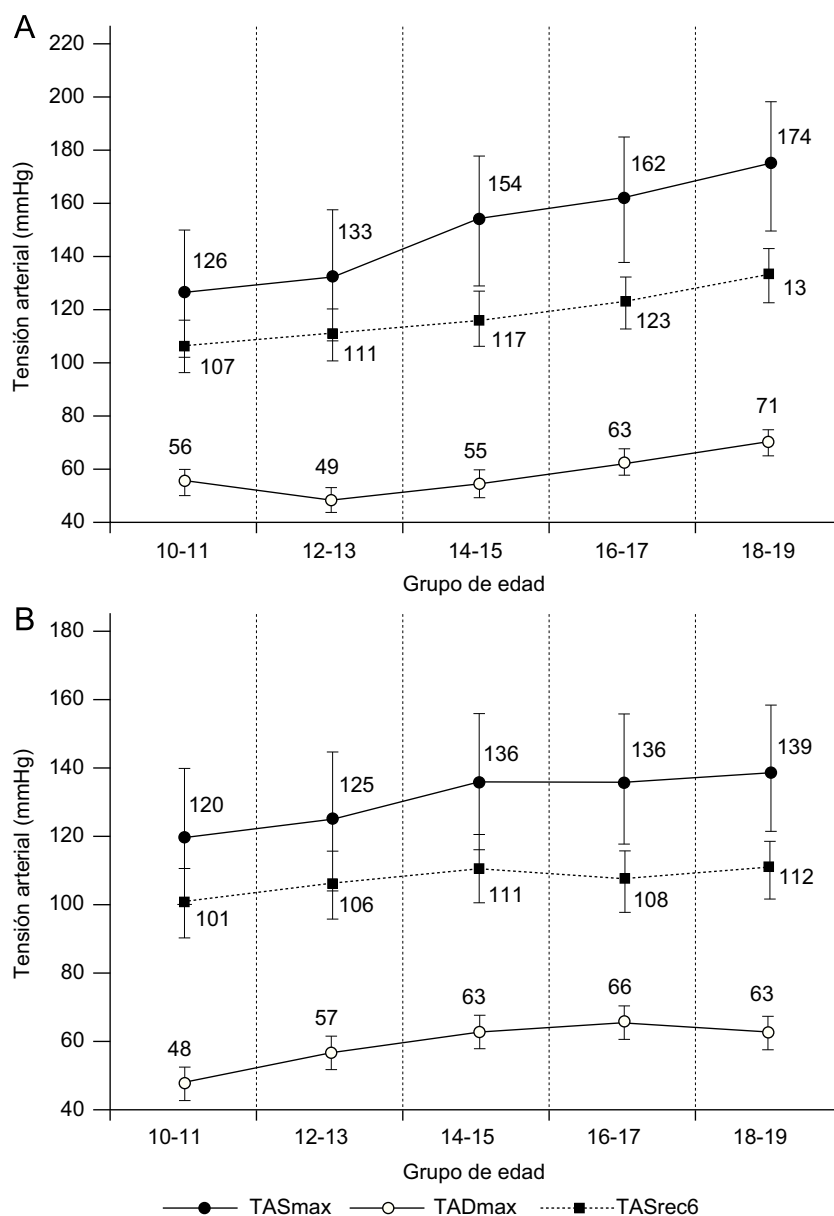
Año (fuente)	Población (número)	Seguimiento (años)	Ergómetro/ Protocolo	Definición RH (mm Hg)
1994 (21)	Normotensos (3.741)	5	Bruce	TASmáx >210 hombre y 190 mujer
2001 (27)	Normotensos (190)	5,7 (5-8)	Bruce	TASmáx >200 y TADmáx >100
1999 (23)	Normotensos (150)	7,7 $\pm$ 2,9	Bruce	TASmáx >214
1998 (32)	Normotensos (5.386)	4 $\pm$ 5	Balke	Aumento deltaTAS >60/6,3 MET, >70/8,1 MET, deltaTAD >10
2000 (34)	TA normal alta (239)	5,1	Bicicleta 12,5 w/min	Cuartil superior (deltaTAS=33-59 al 50% de la FCres)
2002 (33)	Normotensos (1.033)	4,7 (3,6-6,9)	Bicicleta 12,5 w/min	Percentil 90 (según % FCres)
1999 (31)	Normotensos (2.310)	8	Bruce	TASrec y TADmáx > percentil 95
2004 (34)	Normotensos (75)	1	Bruce	TASmáx > / =11 mm Hg/MET

deltaTAD: delta tensión arterial diastólica (diferencia entre TADmáx-TADreposo); deltaTAS: delta tensión arterial sistólica (diferencia entre TASmáx-TASreposo); FCres: frecuencia cardiaca de reserva; TADmáx: tensión arterial diastólica máxima; TAS: tensión arterial sistólica; TASmáx: tensión arterial sistólica máxima; TASrec: tensión arterial sistólica de recuperación.

diagnóstico y pronóstico de morbilidad y mortalidad cardiovascular<sup>17</sup>.

En general los aparatos automáticos de medición de la TA en esfuerzo se correlacionan bien con el método manual y

tienen una diferencia absoluta aceptable clínicamente. En general hay una infraestimación con la TAD de esfuerzo a medida que aumenta la intensidad; algunos validados clínicamente (Schiller AG, BP-200 plus, Baar, Switzerland;



**Figura 1** A) Valores de TA en ejercicio máximo y recuperación a los 6 min por edad (hombres). B) Valores de TA en ejercicio máximo y recuperación a los 6 min por edad (mujeres).

Colin Medical Instruments, Colin 630, San Antonio, Texas)<sup>18,19</sup>, otros, específicos de esfuerzo, han sido recomendados y validados con catéter intraarterial (SunTech Medical Inc., Tango+, Eynsham, UK)<sup>20</sup>.

Lógicamente, y más en la prueba de esfuerzo, por el ruido ambiental y movimiento del paciente, es importante tener en cuenta las posibles causas más frecuentes de error en la evaluación de la TA como son un inapropiado manómetro o tamaño inadecuado del manguito, mal estado de las olivas, tubo demasiado largo, la velocidad de inflado y desinflado del manguito, la experiencia del que mide, sitio o presión inadecuada del estetoscopio, ruido de fondo, mantener presionada la mano y antebrazo o flexión del codo durante la toma.

Los aparatos automáticos de esfuerzo mejoran algunos de estos inconvenientes, aunque es necesario un correcto ajuste previo a la prueba, como son la ubicación correcta del

micrófono así como la adecuada colocación de los electrodos, ya que necesitan de la señal del electrocardiograma para su medición. Se necesita un breve tiempo de entrenamiento, pero resulta fiable clínicamente y es práctico, ya que podemos automatizar los tiempos de toma de la TA incluyendo la recuperación y tenemos gráficos y mediciones integradas en la mayoría de los software de esfuerzo (tabla 1 y fig. 1).

## Respuesta anormal

### Durante el esfuerzo

#### a) Respuesta hipertensiva

No hay definición de RH en normotensos estandarizada, aunque si hay cifras tensionales propuestas.

La mayoría habla de TAS<sub>máx</sub> al esfuerzo<sup>3,21-30</sup> pero también hay cifras a diferentes niveles submáximos<sup>31,32</sup>, algunas que tienen en cuenta el sexo y otras no, otras que tienen en cuenta percentiles o que la relacionan con un porcentaje de esfuerzo fijo o variable: frecuencia cardiaca de reserva (FR<sub>res</sub>)<sup>33,34</sup>, mm Hg/MET<sup>35</sup>, mm Hg/min<sup>30,36</sup>, otros tienen en cuenta la TAS de reposo y su variación en mm Hg (TAS)<sup>32,37</sup>, otros incluyen la TAD máxima (TAD<sub>máx</sub>) o la definen solo por ella<sup>25-27,30,38</sup>.

Aunque la relevancia del diagnóstico y el pronóstico de una RH no está totalmente aclarada, algunos de estos pacientes tienen un riesgo aumentado de HTA futura<sup>1,21,25,27-29,31-35,38-42</sup>, hipertrofia ventricular izquierda o movilidad anormal<sup>24,26,43-45</sup>, accidente cerebrovascular<sup>23,36</sup>, eventos cardiovasculares<sup>23,30</sup>, mayor mortalidad<sup>46,47</sup>, y disfunción endotelial<sup>48</sup>.

Se mencionan otros hallazgos relacionados con la RH: hipercolesterolemia<sup>49</sup>, aumento de angiotensina II<sup>50</sup>, marcadores inflamatorios como los leucocitos<sup>51</sup>, aterosclerosis carotídea<sup>22</sup>, rigidez arterial y albuminuria<sup>52</sup>. La prevalencia oscila entre el 3-4% o más, según los estudios<sup>41</sup>.

## Hipertensión futura

La detección precoz de una HTA puede prevenir un daño crítico de órganos diana. Varios estudios observaron que una respuesta exagerada de la TA al esfuerzo es un factor pronóstico de HTA, incluso en niños<sup>53</sup>. En general los trabajos presentan una baja sensibilidad (25-40%) con una alta especificidad (73-90%)<sup>23,32,34</sup>.

Singh et al<sup>31</sup>, en el Framingham Heart Study, ponen como referencia el percentil 95 de la TAS y TAD en el segundo estadio de un Bruce, y no encuentran la TAS<sub>máx</sub> predictora de HTA futura (RR=1 en hombre y RR=1,4 en mujer), pero sí la TAD<sub>máx</sub> (RR=4,2 en hombre, RR=2,2 en mujer), y la TAS de recuperación (TAS<sub>rec</sub>) en el hombre (RR=1,9).

Matthews et al<sup>32</sup>, con la participación del Instituto Cooper, tienen en cuenta la TAS y la relacionan con el nivel de esfuerzo realizado en MET, considerando también el aumento de la TAD. Refiere un RR=3,0 ajustado con varios factores.

Miyai et al<sup>34</sup>, en individuos con tensión normal alta, también tiene en cuenta la TAS a un nivel de esfuerzo del 50% de la FR<sub>res</sub>, es decir, a un nivel submáximo. Mencionan un RR de futura HTA de 2,3.

En otro trabajo<sup>33</sup>, con normotensos, establece curvas por percentiles de la TAS<sub>máx</sub> y la TAD<sub>máx</sub> en relación a la FR<sub>res</sub>. Más allá del percentil 90 refiere un RR=3,8.

Manolio et al<sup>21</sup> establecieron como punto de corte solo un valor fijo de la TAS<sub>máx</sub>. Encontró una prevalencia de 18% y

una incidencia de 4,9%. El OR de predicción de una futura HTA fue de 1,7 ( $p < 0,001$ ), igualmente incluyendo eventos cardiovasculares.

Zanetti et al<sup>35</sup> estudiaron 75 normotensos mediante un test ergométrico de Bruce durante un año, encontrando que individuos con una RH tienen un IMC más alto, una pared izquierda ventricular posterior más gruesa y una TAS más alta en la medición ambulatoria. Concluyen que la detección de la RH es mejor detectada que el valor de 210 mm Hg, si la variación de la TA se corrige por la cantidad de trabajo hecho. El punto de corte sería  $> / = a$  11 mm Hg/MET.

Varios han visto que la respuesta de la TAD al ejercicio tiene similar o mayor fuerza predictora que la TAS para HTA futura, con valores de TAD<sub>máx</sub> mayor que 90/100 mm Hg o un aumento  $>$  de 10 mm Hg (tabla 2)<sup>26,27,31,38</sup>.

## Evento cardiovascular

Laukkanen et al<sup>30</sup> estudiaron 1.731 hombres de edad media, aparentemente sanos, en cicloergómetro, con un seguimiento de 12,7 años. La TAS<sub>máx</sub> mayor de 230 mm Hg se asoció a un RR ajustado de 2,47 para riesgo de infarto de miocardio. Entre los que tenían TA elevada en reposo, un aumento excesivo de la curva de TA, mayor de 9,4 mm Hg por minuto de ejercicio, tuvieron un RR de infarto de 4,31.

Kurl et al<sup>36</sup> estudiaron 1.026 hombres sanos, con un seguimiento de 10,4 años, en cicloergómetro a 20 W/min, y observaron que una RH durante el ejercicio y en la recuperación fueron directamente e independientemente asociada con el riesgo de accidente cerebrovascular (tabla 3).

### b) Respuesta hipotensiva

Aunque tampoco hay acuerdo consensuado sobre su definición, las dos más frecuente son: a) una caída de la TAS por debajo de los valores de reposo estando de pie, y b) aumento inicial de la TAS con una posterior caída igual o mayor de 20 mm Hg<sup>54-56</sup>.

La primera tiene un RR significativo de 3,2 para eventos cardiovasculares, mientras que la segunda el valor predictivo es menor. La prevalencia oscila entre el 5-8% siendo mayor en pacientes con enfermedad coronaria<sup>41</sup>. Una respuesta hipotensiva puede reflejar una miocardiopatía hipertrófica lo mismo que una respuesta plana. En estudios en pacientes con miocardiopatía hipertrófica los patrones de hipotensión observados fueron o una continua caída desde el primer minuto del ejercicio en la TAS  $>$  20 mm Hg o un aumento inicial con caída posterior de 20 mm Hg o mayor. Una respuesta plana fue definida como un cambio en la TAS durante todo el esfuerzo menor de 20 mm Hg comparado con la TAS de reposo<sup>57,58</sup>.

**Tabla 3** Respuesta hipertensiva y riesgo de evento cardiovascular

Año (fuente)	Población (número)	Seguimiento (años)	Ergómetro/Protocolo	Definición RH (mm Hg)
2006 (30)	Normotensos (1.731)	12.7	Bicicleta 25 w/2min	TAS <sub>máx</sub> $>$ 230 $>$ 9.4 mm Hg/min
2001 (36)	Normotensos (1.026)	10.4	Bicicleta 20 w/2min	19,7 mm Hg/min

TAS<sub>máx</sub>: tensión arterial sistólica máxima

### c) Respuesta insuficiente

Las personas activas tienen una TAS menor en reposo, durante el ejercicio y también en la TAS. La amplitud de la respuesta de la TAS<sub>máx</sub> en esfuerzo parece ser un factor de riesgo de mortalidad independiente de la TA de reposo<sup>12</sup>.

Hedberg et al<sup>37</sup> estudiando 382 personas mayores de ambos sexos (edad media de 75 años) observó que una respuesta aumentada de la TAS durante el esfuerzo está asociada con una mejor supervivencia a largo plazo en adultos mayores. A mayor aumento (> 55 mm Hg) menor tasa de mortalidad por todas las causas (RR de 2,6 y para los de < /=30 mm Hg un RR de 5,1). Por cada 10 mm Hg de aumento en la TAS el RR para todas las causas se redujo un 13% y por mortalidad cardiovascular un 26%, después de ajustar para varios factores.

Gupta et al<sup>46</sup> estudiaron 6.145 hombres con edad media de 53 ± 12 años que hicieron una prueba de esfuerzo limitada por síntomas.

Un aumento en la TAS < /=44 mm Hg fue un significativo predictor de mortalidad, independiente de otros factores como edad, segmento ST, y capacidad de ejercicio, con un RR de 1,2. Un aumento > /=a 44 mm Hg en la prueba de esfuerzo se asoció con un 23% de mejoría en la supervivencia sobre una media de seguimiento mayor de 6 años, e independiente de varios factores (edad, historia de HTA o coronariopatía, capacidad funcional o anomalías del ST).

Naughton et al<sup>47</sup> estudió 641 hombres con historia de infarto de miocardio durante 3 años. Concluye que una pobre TAS<sub>máx</sub> < /=140 mm Hg está asociada a una alta mortalidad. El ejercicio no redujo la mortalidad.

Sadrzadeh et al<sup>59</sup> han concluido en un estudio retrospectivo de 1.959 hombres durante un seguimiento de 5.4 ± 2.1 años, que el doble producto de reserva (doble producto máximo menos el de reposo) parece tener mayor potencia pronóstica de mortalidad que los MET, la frecuencia cardíaca máxima, TAS máxima, o la frecuencia cardíaca de recuperación. Un doble producto de reserva menor a 10.000 fue un predictor de mortalidad (OR=4,1).

## Durante la recuperación

Huang et al<sup>60</sup> estudiaron retrospectivamente 3.054 pacientes enviados para prueba de esfuerzo, con un seguimiento de 10 años. Un paradójico aumento de la TAS después del ejercicio (TAS a los 3 min de recuperación = / > que a 1 min de recuperación) es un importante y significativo predictor de mortalidad cardiovascular, con un OR ajustado de 1,80.

Nakashima et al<sup>39</sup> estudiaron durante un promedio de 12 años 138 hombres y 76 mujeres con una edad media de 19 años al principio. Hicieron una prueba de esfuerzo de 5 min en cicloergómetro y registraron la TA inmediatamente después del ejercicio, calculando también la TA al 50% de la intensidad del ejercicio. La TAS y la TAD inmediatamente después del ejercicio en varones mostró ser un fuerte predictor de HTA futura, más que la TA de reposo. En cambio, en las mujeres la TAS de reposo mostró ser el mejor predictor.

Yosefy et al<sup>61</sup> estudiaron 86 pacientes aparentemente sanos que acudieron para control de rutina, con edad media de 60 ± 4,1 (46–75) años, con test de Bruce, midiendo la TAS y la TAD a los 5 min de recuperación. Después de 5 años de seguimiento, aquellos que tuvieron una RH, definida como > 160/90 mm Hg (pequeña TAS de 46,9 ± 3,1 mm Hg) desarrollaron un peor perfil cardiovascular y de eventos adversos (colesterol anormal, HTA y enfermedad cardiovascular y cerebrovascular combinada) con un RR de 1,32.

Tsumura et al<sup>62</sup> estudiaron 6.557 hombres, de 35–63 años, con un período de seguimiento de 63.696 personas-año. Realizaron una prueba de esfuerzo en escalón (test de Master) y observaron que la TAS y la TAD a los 4 min después del ejercicio se asoció con un aumento del riesgo de HTA en normotensos y en individuos con tensión normal alta. El RR para la TAS y la TAD después del ejercicio fue de 1,55 por cada 10 mm Hg. Fue independiente de la TA de reposo.

Laukkanen et al<sup>63</sup> estudiaron 2.336 individuos en cicloergómetro con una edad media de 52,9 ± 5,1 con un seguimiento de 13,1 años. La TAS<sub>máx</sub> media fue de 202 mm Hg y a los 2 min de 183 mm Hg. La TAS > 195 mm Hg a los 2 min de la recuperación fue relacionado con un riesgo de infarto de miocardio de 1,7 veces. El RR ajustado fue de 1,45 para mortalidad cardiovascular y 1,68 para infarto de miocardio.

Singh et al<sup>31</sup> estudiaron 1.026 hombres y 1.284 mujeres con edad media de 42 ± 10 años del Framingham Offspring Study, normotensos, con un seguimiento de 8 años. Encontraron que una TAS<sub>rec</sub> a los 3 min fue predictiva de HTA en hombres, con un RR ajustado de 1,92 (media de TAS<sub>rec</sub> a los 3 min de 142 ± 19 mm Hg) (tabla 4).

## Seguridad de la prueba de esfuerzo

El riesgo de la prueba de esfuerzo es en general bajo y depende de las características clínicas del paciente.

El riesgo general en una población mixta es de aproximadamente de 6 eventos (infarto de miocardio, fibrilación ventricular, otras importantes arritmias o muerte) cada 10.000 pruebas<sup>3</sup>

**Tabla 4** Recuperación y eventos cardiovasculares

Año (fuente)	Población (número)	Seguimiento (años)	Ergómetro/Protocolo	Definición RH (mm Hg)
2008 (60)	3.054	10	Bruce	TAS <sub>rec</sub> 3' > 1'
2006 (61)	Normotensos (86)	5	Bruce	TA > 160/90 a los 5'
2004 (63)	Normotensos (2.336)	13.1	Bicicleta	TAS > 195 a los 2'
1999 (31)	Normotensos (2.310)	8	Bruce	TAS 142+ > -19 a los 3'

TAS: tensión arterial sistólica; TAS<sub>rec</sub>: tensión arterial sistólica de recuperación.

Las complicaciones en general, mayores y menores, en gente aparentemente sana y deportistas, es menor, estimándose aproximadamente en 1/10.000 pruebas; la morbilidad varía entre 1–5 según los estudios y la mortalidad de 0–0,4<sup>64</sup>.

En cuanto a la TA, y sin que haya evidencias definidas, es conveniente a fin de evitar complicaciones serias, seguir las recomendaciones actuales de contraindicación y de finalización de una prueba de esfuerzo.

Una de las principales guías que sirve de referencia es la del American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, las cuales también sigue el American College of Sports Medicine<sup>3,25</sup>.

### Contraindicación para prueba de esfuerzo

La guía americana no refiere ninguna contraindicación absoluta en cuanto a la TA de reposo aunque en la guía española mencionan una TA de 240/130 mm Hg<sup>42</sup>.

En la guía ponen como contraindicación relativa la HTA severa, considerando la misma cifras mayores de 200/110 mm Hg en reposo<sup>25</sup>.

### Indicaciones para terminar la prueba de esfuerzo

Se considera una indicación absoluta para interrumpir la prueba una caída en la TAS de >10 mm Hg desde el valor inicial de la TA a pesar de un aumento en la carga de trabajo, cuando se acompaña de otra evidencia de isquemia.

Dentro de las relativas, se considera la anterior, pero cuando no hay evidencia de isquemia. También consideran una indicación relativa la RH, que a falta de evidencia definitiva, la definen como una TAS mayor de 250 mm Hg y/o una TAD mayor de 115 mm Hg (tabla 5).

### Discusión

Es indudable que el registro de la TA durante y después del esfuerzo nos puede dar información valiosa clínicamente. El problema reside en que hay pocas cifras de referencia, y que además, a veces en la práctica no se tiene en cuenta las variaciones que hay con la edad, el sexo, la condición física y el IMC.

En la práctica muchas veces se tiene en cuenta la TASmáx solamente como patrón de referencia, entendiendo que a veces puede ser difícil determinar la TADmáx.

Muchas veces no se tiene en cuenta la presión del pulso, la TAS ni se completan las tomas de TA en la recuperación, lo cual hemos visto que también puede brindar datos clínicamente relevantes.

Indudablemente la realización de una prueba de esfuerzo es la única forma de determinar una respuesta anormal al esfuerzo.

La guía del American College of Cardiology/American Heart Association, mencionan la elevación exagerada tanto de la TAS como TAD durante el ejercicio como un indicador de riesgo de HTA futura en asintomáticos normotensos, así como una TASmáx mayor que 214 mm Hg o elevada TAS o TAD a los 3 min de recuperación<sup>25</sup>, y también refieren como reacción hipertensiva a la cifra de 250/115 mm Hg, indicación relativa para detener una prueba de esfuerzo.

La referencia de RH de la TA a veces la marca la TASmáx solamente, como las cifras de Manolio et al<sup>21</sup> de 210/190 mm Hg en hombre y mujer respectivamente, o también refieren la TASmáx y la TADmáx, como las de Sharabi et al<sup>27</sup> de 200/100 mm Hg respectivamente. Asimismo, otros trabajos como el de Framingham, encuentran solo a la TADmáx o la TASrec predictoras de HTA<sup>31</sup>. Presenta tablas de referencia de valores previstos del percentil 95, específicos del sexo y la edad, aunque son valores derivados del segundo estadio del test de Bruce. Así, tenemos valores de TASmáx para hombres de 20–70 años que van de 190–218 mm Hg y de mujeres de igual rango de edad de 165–203 mm Hg. Por lo tanto, no ponen cifras máximas fijas para todos sino tienen en cuenta la edad y el sexo.

Por otro lado, hay otros autores que como riesgo de HTA futura proponen cifras que tienen en cuenta otros parámetros relacionando el comportamiento de la TA con el esfuerzo. Por ejemplo, el trabajo de Matthews et al<sup>32</sup>, en el Instituto Cooper, donde tienen en cuenta la variación de la TAS durante el esfuerzo, la TAS y lo relacionan con el nivel de esfuerzo según los MET. Al igual, Miyai et al<sup>34</sup> que utiliza curvas de percentiles en relación al esfuerzo, en este caso la FRres. También Zanettini et al<sup>35</sup> establece que es mejor que una cifra fija, en este caso 210 mm Hg, relacionar la variación de la TA con el trabajo realizado en MET. Laukkanen et al<sup>30</sup> y Kurl et al<sup>36</sup> también refieren cifras de aumento del riesgo, en este caso de evento cardiovascular, pero en relación del aumento de la TAS en el tiempo, por minuto.

Una respuesta hipotensiva tiene un alto grado de significación pronóstica ya que puede reflejar una disminución del gasto cardíaco o una enfermedad coronaria grave<sup>54–56</sup>, aunque puede representar otras patologías, como una miocardiopatía, arritmias, o alteraciones como una reacción

**Tabla 5** Indicaciones de seguridad en la prueba de esfuerzo

	Absoluta	Relativa
Contraindicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Criterio clínico</li> <li>● 240/130 mm Hg de reposo</li> </ul>	>200/100 mm Hg de reposo
Suspensión	Caída de la TAS >10 mm Hg de la inicial más evidencia de isquemia	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Caída de la TAS &gt;10 mm Hg sin evidencia de isquemia</li> <li>● TAS &gt;250/115 mm Hg</li> </ul>

TAS: tensión arterial sistólica.

vasovagal o la producida por medicación. La hipotensión que puede ocurrir inmediatamente después del ejercicio, debido a una vasodilatación periférica y caída del retorno venoso, no debería considerarse una respuesta hipotensiva<sup>41</sup>.

Una respuesta insuficiente de la TAS al esfuerzo, la TAS, también debe ser medida y considerada como una predictora significativa de mortalidad. A medida que la respuesta de la TAS al esfuerzo es menor aumenta el riesgo. Las cifras consideradas insuficientes como respuesta de la TAS al esfuerzo oscilan entre 20–45 mm Hg<sup>37,46,47</sup>.

En cuanto a la TA durante la recuperación, los estudios muestran una relación entre una respuesta anormal e HTA futura y mortalidad cardiovascular. Hay estudios que comprenden una población significativa así como un seguimiento de varios años<sup>60–63</sup>, aunque difieren también en los métodos de determinación así como en la definición, con cifras sugeridas desde el primer minuto hasta el minuto 5. En un estudio reciente de Huang et al<sup>60</sup> refiere la relevancia de un aumento paradójico de la TASrec a los 3 min mayor que en el primero, siendo un predictor significativo de mortalidad. La mayoría de los otros estudios proponen cifras específicas, siendo una de las más mencionadas la del estudio de Framingham (142 mm Hg a los 3 min) como predictora de HTA futura en hombres.

Se evidencia la necesidad de futuros estudios, que contemplen la edad y el sexo, pudiendo ser conveniente considerar el establecer percentiles y relacionarlos con el nivel de esfuerzo en el que se establecen las cifras tensionales.

## Conclusiones

Existen muchos trabajos sobre el diagnóstico y el pronóstico de una respuesta anormal de la TA al esfuerzo, tanto durante como en la recuperación del ejercicio, incluso antes del inicio del mismo<sup>65</sup>.

Sin embargo, no se han determinado valores estandarizados que sean aceptados globalmente, quizás en parte, debido a los diferentes métodos realizados en los estudios.

En general, la respuesta de la TA anormal al esfuerzo se relaciona con un aumento del riesgo de HTA futura o eventos y mortalidad cardiovascular.

En el caso de una respuesta anormal en un paciente asintomático se debe considerar un estudio de HTA primaria, control clínico más frecuente de la TA en reposo, un ecocardiograma, un holter de 24h como prueba más dinámica, e incluso la repetición de la prueba de esfuerzo, ya que la misma puede no ser reproducible<sup>66</sup>. En el caso de una respuesta hipotensiva o insuficiente hay que estudiar una posible cardiopatía isquémica y la función ventricular.

Indudablemente son necesarios más estudios y consensos en cuanto a la respuesta anormal de la TA al esfuerzo. Mientras tanto, en base a los trabajos mencionados, sin poder fijar cifras tensionales definitorias, y debiendo tener en cuenta también la edad, sexo y condición física del paciente, y sobretodo su contexto clínico, podemos considerar una respuesta anormal de la TA al esfuerzo en los siguientes casos:

- Valores de TASmáx mayor que 230 mm Hg pueden ser considerados de mayor riesgo. Valores de TAS > 250 mm Hg y de TAD > 115 mm Hg definen a una clara RH.
- Valores de TAD mayores de 100–105 mm Hg o aumento > de 10 mm Hg en cualquier momento de la prueba.
- Una respuesta hipotensiva, es decir, una caída de la TAS debajo de los valores iniciales, una caída igual o mayor de 20 mm Hg, o un aumento menor de 20 mm Hg durante todo el esfuerzo.
- Una TASmáx baja, igual o menor que 140 mm Hg
- Una TAS reducida, menor de 45 mm Hg
- Doble producto de reserve < de 10.000
- Aumento brusco, empujado, mayor de 10–12 mm Hg/MET puede ser considerado anormal. Podría ser conveniente medir rutinariamente la TAS entre los MET alcanzados en la prueba.
- Aumento paradójico de la TAS en la recuperación, es decir, una TAS a los 3 min mayor que la del primer minuto
- TASrec lenta, es decir, manteniendo valores elevados en los primeros minutos de recuperación (Ver tabla 5). Podría ser conveniente medir rutinariamente la TA de recuperación 2–3 veces durante los primeros minutos de la recuperación.

En resumen, aumentos importantes de la TAS y TAD en esfuerzo, valores bajos o caídas de la TAS en esfuerzo, poca amplitud de la TAS y recuperaciones lentas de la TAS son consideradas respuestas anormales de la TA y tienen un valor pronóstico significativo de HTA futura y/o de evento cardiovascular, pudiendo ser necesario evaluar la necesidad de estudios adicionales o seguimiento más estrecho del paciente.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sport Exerc.* 2004;36:533–53 Review.
2. American College of Sports Medicine. ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5° ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
3. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
4. De Araujo WB. Ergometria & Cardiologia Desportiva Medsdi. Rio de Janeiro: Editora Médica e Científica Ltda; 1986.
5. Michelsen S, Otterstad JE. Blood pressure response during maximal exercise in apparently healthy men and women. *J Intern Med.* 1990;227:157–63.
6. Daida H, Allison TG, Squires RW, Miller TD, Gau GT. Peak exercise blood pressure stratified by age and gender in apparently healthy subjects. *Mayo Clin Proc.* 1996;71:445–52.
7. De Moraes Chaves Becker M, Barbosa e Silva O, Gonçalves Moreira IE, Guimarães Victor E. Pressão Arterial em Adolescentes Durante Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol.* 2007;88: 329–33.

- Unos valores de TASmáx mayores de 210/190 mm Hg en hombre y mujer respectivamente, pudiendo representar una respuesta exagerada en adultos.



8. Martin 3rd WH, Ogawa T, Kohrt WM, Malley MT, Korte E, Kieffer PS, et al. Effects of aging, gender, and physical training on peripheral vascular function. *Circulation*. 1991;84:654–64.
9. Dimkpa U, Ugwu AC. Influence of age on blood pressure recovery after maximal effort ergometer exercise in non-athletic adult males. *Eur J Appl Physiol*. 2009.
10. Dimkpa U, Ugwu A, Oshi D. Assessment of sex differences in systolic blood pressure responses to exercise in healthy, non-athletic young adults. *JEPonline*. 2008;11:18–25.
11. Tanaka H, Bassett Jr DR, Turner MJ. Exaggerated Blood Pressure Response to Maximal Exercise in Endurance-Trained Individuals. *Am J Hypertens*. 1996;9:1099–103.
12. Filipovsky J, Ducimetière P, Safar ME. Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle-aged men. *Hypertension*. 1992;20:333–9.
13. Kasikçioğlu E, Oflaz H, Akhan H, Kayserilioglu A, Umman S. Peak pulse pressure during exercise and left ventricular hypertrophy in athletes. *Anadolu Karadiyol Derg*. 2005;5:64–5.
14. Kokkinos PF, Andreas PE, Coutoulakis E, Colleran JA, Narayan P, Dotson CO, et al. Determinants of exercise blood pressure response in normotensive and hypertensive women: role of cardiorespiratory fitness. *J Cardiopulm Rehabil*. 2002;22:178–83.
15. Skinner JS. *Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases. Theoretical Basis and Clinical Application*, 3<sup>o</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
16. Carletti L, Rodrigues AN, Perez AJ, Vassallo DV. Blood Pressure Response to Physical Exertion in Adolescents: Influence of Overweight and Obesity. *Arq Bras Cardiol*. 2008;91:24–8.
17. O'Rourke MF, Seward JB. Central arterial pressure and arterial pressure pulse: new views entering the second century after Korotkov. *Mayo Clin Proc*. 2006;81:1057–68.
18. Griffin SE, Robergs RA, Heyward VH. Blood pressure measurement during exercise: a review. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;1:149–59.
19. Lightfoot JT, Tankersley C, Rowe SA, Freed AN, Fortney SM. Automated blood pressure measurements during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1989;21:698–707.
20. Cameron JD, Stevenson I, Reed E, McGrath BP, Dart AM, Kingwell BA. Accuracy of automated auscultatory blood pressure measurement during supine exercise and treadmill stress electrocardiogram-testing. *Blood Press Monit*. 2004;9:269–75.
21. Manolio TA, Burke GL, Savage PJ, Sidney S, Gardin JM, Oberman A. Exercise blood pressure response and 5-year risk of elevated blood pressure in a cohort of young adults: the CARDIA study. *Am J Hypertens*. 1994;7:234–41.
22. Jae SY, Fernhall B, Heffernan KS, Kang M, Lee MK, Choi YH, et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with carotid atherosclerosis in apparently healthy men. *J Hypertens*. 2006;24:881–7.
23. Allison TG, Cordeiro MA, Miller TD, Daida H, Squires RW, Gau GT. Prognostic significance of exercise-induced systemic hypertension in healthy subjects. *Am J Cardiol*. 1999;83:371–5.
24. Lauer MS, Levy D, Anderson KM, Plehn JF. Is there a relationship between exercise systolic blood pressure response and left ventricular mass? The Framingham Heart Study *Ann Intern Med*. 1992;116:203–10.
25. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *J Am Coll Cardiol*. 2002;40:1531–40.
26. Ha JW, Juracan EM, Mahoney DW, Oh JK, Shub C, Seward JB, et al. Hypertensive response to exercise: a potential cause for new wall motion abnormality in the absence of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39:323–7.
27. Sharabi Y, Ben-Cnaan R, Hanin A, Martonovitch G, Grossman E. The significance of hypertensive response to exercise as a predictor of hypertension and cardiovascular disease. *J Hum Hypertens*. 2001;15:353–6.
28. Fletcher GF, Mills WC, Taylor WC. Update on Exercise Stress Testing. *Am Fam Physician*. 2006;74:1749–54.
29. Farah R, Shurtz-Swirski R, Nicola M. High blood pressure response to stress ergometry could predict future hypertension. *Euro J Int Med*. 2008;19:e45–72 473–560.
30. Laukkanen JA, Kurl S, Rauramaa R, Lakka TA, Venäläinen JM, Salonen JT. Systolic blood pressure response to exercise testing is related to the risk of acute myocardial infarction in middle-aged men. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13:421–8.
31. Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, et al. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study. *Circulation*. 1999;99:1831–6.
32. Matthews CE, Pate RR, Jackson KL, Ward DS, Macera CA, Kohl HW, et al. Exaggerated blood pressure response to dynamic exercise and risk of future hypertension. *J Clin Epidemiol*. 1998;51:29–35.
33. Miyai N, Arita M, Miyashita K, Morioka I, Shiraiishi T, Nishio I. Blood pressure response to heart rate during exercise test and risk of future hypertension. *Hypertension*. 2002;39:761–6.
34. Miyai N, Arita M, Morioka I, Miyashita K, Nishio I, Takeda S. Exercise BP response in subjects with high-normal BP: exaggerated blood pressure response to exercise and risk of future hypertension in subjects with high-normal blood pressure. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36:1626–31.
35. Zanettini JO, Fuchs FD, Zanettini MT, Zanettini JP. Is Hypertensive Response in Treadmill Testing Better Identified with Correction for Working Capacity? A Study with Clinical, Echocardiographic and Ambulatory Blood Pressure Correlates Blood Pressure. 2004;13:225–9.
36. Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Salonen JT. Systolic Blood Pressure Response to Exercise Stress Test and Risk of Stroke. *Stroke*. 2001;32:2036–41.
37. Hedberg P, Ohrvik J, Lönnberg I, Nilsson G. Augmented blood pressure response to exercise is associated with improved long-term survival in older people. *Heart*. 2009 [Epub ahead of print].
38. Wentling VJ, Schubert CM, Bailey MW, Wurzbacher KA, Demerath EW, Czerwinski SA, et al. Peak blood pressure response to exercise is associated with future hypertension: estudio longitudinal FELS. *Med Sci Sport Exer*. 2003;35:S71.
39. Nakashima M, Miura K, Kido T, Saeki K, Tamura N, Matsui S, et al. Exercise blood pressure in young adults as a predictor of future blood pressure: a 12-year follow-up of medical school graduates. *J Hum Hypertens*. 2004;18:815–21.
40. Miyai N. Clinical Utility of Exaggerated Blood Pressure Response to Exercise in Evaluating Risk of Future Hypertension in Normotensive Adults. *Descence Sports Science*. 2002:134–41.
41. Le VV, Mitiku T, Sungar G, Myers J, Froelicher V. The blood pressure response to dynamic exercise testing: a systematic review. *Prog Cardiovasc Dis*. 2008;51:135–60.
42. Araceli Boraita P, Baño Rodrigo A, Berrazueta JR, Lamiel Alcaine R, Luengo Fernández E, Manonelles Marqueta P, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. *Rev Esp Cardiol*. 2000;53:684–726.
43. Longás Tejero MA, Casanovas Lenguas JA. Prevalence of hypertensive response to exercise in a group of healthy young male athletes. Relationship with left ventricular mass and prospective clinical implications. *Rev Esp Cardiol*. 1996;49:104–10.
44. Gottdiener JS, Brown J, Zoltick J, Fletcher RD. Left ventricular hypertrophy in men with normal blood pressure: relation to

- exaggerated blood pressure response to exercise. *Ann Intern Med.* 1990;112:161–6.
45. Sung J, Ouyang P, Silber HA, Bacher AC, Turner KL, DeRegis JR, et al. Exercise blood pressure response is related to left ventricular mass. *J Hum Hypertens.* 2003;17:333–8.
  46. Gupta MP, Polena S, Coplan N, Panagopoulos G, Dhingra C, Myers J, et al. Prognostic significance of systolic blood pressure increases in men during exercise stress testing. *Am J Cardiol.* 2007;100:1609–13.
  47. Naughton J, Dorn J, Oberman A, Gorman PA, Cleary P. Maximal exercise systolic pressure, exercise training, and mortality in myocardial infarction patients. *Am J Cardiol.* 2000;85:416–20.
  48. Chang HJ, Chung J, Choi SY, Yoon MH, Hwang GS, Shin JH, et al. Endothelial dysfunction in patients with exaggerated blood pressure response during treadmill test. *Clin Cardiol.* 2004;27:421–5.
  49. Kavey RE, Kveselis DA, Gaum WE. Exaggerated blood pressure response to exercise in children with increased low-density lipoprotein cholesterol. *Am Heart J.* 1997;133:162–8.
  50. Shim CY, Ha JW, Park S, Choi EY, Choi D, Rim SJ, et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with augmented rise of angiotensin II during exercise. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:287–92.
  51. Jae SY, Fernhall B, Lee M, Heffernan KS, Lee MK, Choi YH, et al. Exaggerated blood pressure response to exercise is associated with inflammatory markers. *J Cardiopulm Rehabil.* 2006;26:145–9.
  52. Tsioufis C, Dimitriadis K, Thomopoulos C, Tsiachris D, Selima M, Stefanadi E, et al. Exercise blood pressure response, albuminuria, and arterial stiffness in hypertension. *Am J Med.* 2008;121:894–902.
  53. Lauer RM, Burns TL, Clarke WR, Mahoney LT. Childhood predictors of future blood pressure. *Hypertension.* 1991;18(3 Suppl):174–81.
  54. Sanmarco ME, Pontius S, Selvester RH. Abnormal blood pressure response and marked ischemic ST-segment depression as predictors of severe coronary artery disease. *Circulation.* 1980;61:572–8.
  55. Morris CK, Morrow K, Froelicher VF, Hideg A, Hunter D, Kawaguchi T, et al. Prediction of cardiovascular death by means of clinical and exercise test variables in patients selected for cardiac catheterization. *Am Heart J.* 1993;125:1717–26.
  56. Dubach P, Froelicher VF, Klein J, Oakes D, Grover-McKay M, Friis R. Exercise-induced hypotension in a male population. Criteria, causes, and prognosis. *Circulation.* 1988;78:1380–7.
  57. Frenneaux MP, Counihan PJ, Caforio AL, Chikamori T, McKenna WJ. Abnormal blood pressure response during exercise in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation.* 1990;82:1995–2002.
  58. Sadoul N, Prasad K, Elliott PM, Bannerjee S, Frenneaux MP, McKenna WJ. Prospective Prognostic Assessment of Blood Pressure Response During Exercise in Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy. *Circulation.* 1997;96:2987–91.
  59. Sadrzadeh Rafie AH, Sungar GW, Dewey FE, Hadley D, Myers J, Froelicher VF. Prognostic value of double product reserve. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2008;15:541–7.
  60. Huang CL, Su TC, Chen WJ, Lin LY, Wang WL, Feng MH, et al. Usefulness of paradoxical systolic blood pressure increase after exercise as a predictor of cardiovascular mortality. *Am J Cardiol.* 2008;102:518–23.
  61. Yosefy C, Jafari J, Klainman E, Brodtkin B, Handschumacher MD, Vaturi M. The prognostic value of post-exercise blood pressure reduction in patients with hypertensive response during exercise stress test. *Int J Cardiol.* 2006;111:352–7.
  62. Tsumura K, Hayashi T, Hamada C, Endo G, Fujii S, Okada K. Blood pressure response after two-step exercise as a powerful predictor of hypertension: the Osaka Health Survey. *J Hypertens.* 2002;20:1507–12.
  63. Laukkanen JA, Kurl S, Salonen R, Lakka TA, Rauramaa R, Salonen JT. Systolic blood pressure during recovery from exercise and the risk of acute myocardial infarction in middle-aged men. *Hypertension.* 2004;44:820–5.
  64. Chiacchio M. Complicaciones de la prueba de esfuerzo. Disponible en: <http://www.medicodeldeporte.es> Marzo 2009.
  65. Everson SA, Kaplan GA, Goldberg DE, Salonen JT. Anticipatory blood pressure response to exercise predicts future high blood pressure in middle-aged men. *Hypertension.* 1996;27:1059–64.
  66. Sharabi Y, Almer Z, Hanin A, Messerli FH, Ben-Cnaan R, Grossman E. Reproducibility of exaggerated blood pressure response to exercise in healthy patients. *Am Heart J.* 2001;141:1014–7.