

**apunts**

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



## REVISIÓ

# Resposta de la pressió arterial a la prova d'esforç

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

<sup>a</sup> Unitat de Medicina de l'Esport, Consultes Mèdiques Juaneda Bellver, Palma de Mallorca, Illes Balears, Espanya

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

<sup>c</sup> Medicina de l'Educació Física i l'Esport, Servei de Medicina de l'Esport, Consell de Mallorca, Palma de Mallorca, Illes Balears, Espanya

Rebut el 7 d'octubre de 2009; acceptat el 27 de gener de 2010

### PARAULES CLAU

Pressió arterial;  
Prova d'esforç;  
Reacció hipertensiva;  
Reacció hipotensiva;  
Hipertensió futura

### KEYWORDS

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

### Resum

Malgrat que en la pràctica es mesura la pressió arterial durant la prova i en la recuperació de l'esforç, no hi ha xifres clarament establertes de resposta anormal. Diverses poblacions i mètodes estudiats expliquen les diverses definicions. Aquestes dades conflictives provoquen una inadequada consideració de la seva significança clínica i de la conducta que cal seguir. Aquest article revisa treballs rellevants de la resposta de la pressió arterial a la prova d'esforç i, basant-se en l'evidència, proposa una sèrie de valors i conductes de significació diagnòstica i pronòstica.

© 2009 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

### Blood pressure response to exercise test

### 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 stress tests, 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 per a correspondència.

Correu electrònic: miguelchiacchio@medicodeldeporte.es (M. Chiacchio Sieira).

## Introducció

La prova d'esforç és un test d'estimulació cardiovascular que es du a terme en cinta contínua o bicicleta amb monitoratge de l'electrocardiograma i la pressió arterial (PA). Té un cost relativament baix i normalment s'utilitza per considerar el pronòstic i determinar la capacitat funcional, per avaluar la probabilitat i l'extensió d'una malaltia coronària, i per avaluar els efectes del tractament o de l'entrenament físic.

Hi ha pocs estudis que ofereixin xifres de resposta tensional normal a l'esforç en adults i adolescents. Les que hi ha tenen en compte l'edat i el sexe, la qual cosa no és normalment considerat a l'hora d'avaluar una resposta tensional a l'esforç.

La determinació manual de la PA continua sent una pràctica habitual. De vegades pot ser difícil definir els valors de PA en repòs, sobretot la pressió arterial diastòlica (PAD), ja sigui per problemes d'audició, de definir o reconèixer el cinquè soroll de Korotkov, o per una llacuna d'auscultació. En la pràctica, tot i l'experiència, sovint pot ser més difícil definir les xifres de pressió arterial sistòlica (PAS) i de PAD durant una prova d'esforç, sobretot aquesta darrera. Per exemple, de vegades la PAD en esforç no es pot definir amb el cinquè soroll de Korotkov per causa de sentir soroll fins a 0 mmHg, per la qual cosa cal utilitzar el quart per definir la PAD.

La determinació de la PA mitjançant aparells automàtics, amb la tècnica correcta, ofereix molts avantatges sobre la tècnica manual, després d'haver-se'n constatat la utilitat i la validesa clínica.

Respecte del que és una resposta anormal de la PA en esforç, a hores d'ara no hi ha xifres clarament consensuades. Les definicions empen diversos paràmetres, i els mètodes per estudiar-la també són diferents. Generalment, es prenen xifres absolutes, malgrat que pot no tenir el mateix significat clínic una PA màxima en esforç de 230 mmHg en un adult de 25 anys respecte d'un de 65 anys. A més, possiblement la seva rellevància clínica i pronòstica no és prou valorada, i potser algunes persones de risc es queden sense un seguiment escaient o sense estudis addicionals.

Les respostes de la PA anormals es poden desenvolupar durant la prova i en la recuperació, fins i tot just abans de la prova d'esforç, i tenint un significatiu valor clínic. La resposta hipertensiva (RH), hipotensiva, com també una resposta insuficient de la PA formen part de les respostes anormals durant la prova d'esforç. La resposta de la PA durant la recuperació, sovint no valorada adequadament, també pot aportar informació clínica de rellevància. Igualment és important tenir en compte les xifres tensionals de seguretat durant la prova d'esforç, tant el que són les contraindicacions com els criteris de suspensió de la prova.

La rellevància de l'estudi de la PA en esforç rau en el seu potencial diagnòstic, no solament d'hipertensió arterial (HTA), sinó de reflex d'altres patologies que poden alterar l'hemodinàmica, com pot ser una miocardiopatia hipertròfica. Així mateix té un potencial pronòstic sobre HTA futura, episodis cardiovasculars, ictus i mortalitat.

Aquest article resumeix evidències dels darrers anys d'estudis sobre la resposta anormal de la PA en la prova d'esforç, tot esmentant xifres orientatives de caràcter diag-

nòstic i pronòstic, amb l'objectiu de millorar la interpretació i la seva aplicació a la pràctica diària.

## Resposta normal

En la resposta normal de la PA a la prova d'esforç progressiva, la PAS augmenta, mentre que la PAD es manté o davalla lleument.

La resposta normal de la PAS en proves progressives és aproximadament de 7-10 mmHg per MET, uns 25 W, malgrat que no hi ha valors estandarditzats<sup>1-4</sup>.

La resposta tensional a l'esforç a nivell submàxim, màxim i en la recuperació té dependència de l'edat, del sexe i de la condició física, la qual cosa hauria de ser presa en consideració a l'hora d'avaluar una resposta normal en la prova d'esforç (taules 1 i 2)<sup>5-7</sup>.

## Edat

Com més edat, valors més alts de PAS i PAD a l'esforç submàxim, màxim i en recuperació<sup>6,8,9</sup>.

## Sexe

En general, els homes tenen uns valors de PAS màxims ( $PAS_{\max}$ ) més alts, com també una recuperació més ràpida que no pas la dona<sup>8-10</sup>.

## Condició física

En subjectes entrenats, la resposta de la PAS és menor en esforç submàxim que no pas en els no entrenats, tot assolint  $PAS_{\max}$  més elevades, amb valors normals de 225-240 mmHg en alt nivell. En augmentar la condició física, augmenta la  $PAS_{\max}$ <sup>4,8,11,12</sup>. Així, la diferència entre la  $PAS_{\max}$  i la  $PAS_{\text{repòs}}$  assoleix valors més grans en esportistes.

La pressió de pols (PAS-PAD) màxima en exercici també és més elevada en esportistes que en no esportistes, generalment superant els 100 mmHg<sup>13</sup>.

Els esportistes arriben a PAD en esforç més baixes<sup>4</sup>. En els joves sans, algunes vegades no es pot determinar la PAD perquè se segueix escoltant fins a prop de zero.

Una baixa condició física està associada amb més altes respostes tensionals a l'esforç submàxim i màxim<sup>14</sup>.

Normalment hi ha una hipotensió postexercici (valors per sota dels inicials) tant en normotensos com en hipertensos, que pot durar diverses hores<sup>1</sup>.

Els individus adults i adolescents hipertensos o els que tenen un índex de massa corporal (IMC) alt, tenen respostes més altes de PA a l'esforç<sup>7,15</sup>. La resposta de la PAS és més gran en adolescents amb obesitat, tot indicant una més gran reactivitat a l'esforç físic<sup>16</sup>.

## Mètodes d'auscultació

En esforç, el mètode manual continua sent recomanat, malgrat que cal recordar que la PA central o el seu equivalent, l'artèria braquial, és la que està validada per a un diagnòstic i pronòstic adequats de morbiditat i mortalitat cardiovascular<sup>17</sup>.

**Taula 1** Pressió arterial màxima i percentils per edat i sexe

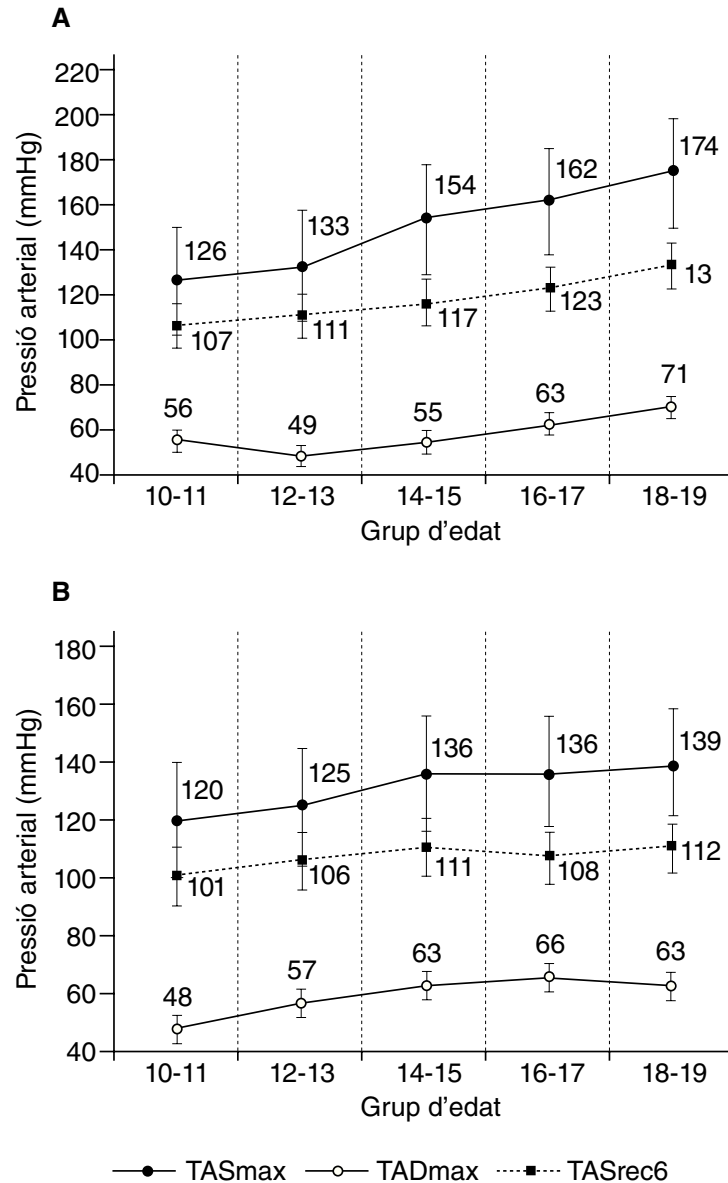
Edat (anys)	Home		Dona	
	Sistòlica (mmHg)	Diastòlica (mmHg)	Sistòlica (mmHg)	Diastòlica (mmHg)
<b>20-29</b>				
Mitjana ± DS	182 ± 21	71 ± 12	156 ± 20	70 ± 12
Percentil 5°	146	50	124	49
Percentil 95°	218	89	188	89
<b>30-39</b>				
Mitjana ± DS	184 ± 20	76 ± 12	160 ± 22	74 ± 11
Percentil 5°	150	58	24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

DS: desviació estàndard.  
Adaptat de Daida et al<sup>6</sup>.

**Taula 2** Resposta hipertensiva i risc d'hipertensió futura

Any (font)	Població (nombre)	Seguiment (anys)	Ergòmetre/protocol	Definició RH (mmHg)
1994 (21)	Normotensos (3.741)	5	Bruce	PAS <sub>màx</sub> >210 home i 190 dona
2001 (27)	Normotensos (190)	5,7 (5-8)	Bruce	PAS <sub>màx</sub> >200 i PAD <sub>màx</sub> >100
1999 (23)	Normotensos (150)	7,7 ± 2,9	Bruce	PAS <sub>màx</sub> >214
1998 (32)	Normotensos (5.386)	4 ± 5	Bruce	Augment deltaPAS >60/6,3 MET, >70/8,1 MET, deltaPAD >10
2000 (34)	PA normal alta (239)	5,1	Bicicleta 12,5 w/min	Quartil superior (deltaPAS = 33-59 al 50% de la FC <sub>res</sub> )
2002 (33)	Normotensos (1.033)	4,7 (3,6-6,9)	Bicicleta 12,5 w/min	Percentil 90 (segons% FC <sub>res</sub> )
1999 (31)	Normotensos (2.310)	8	Bruce	PAS <sub>rec</sub> i PAD <sub>màx</sub> > percentil 95
2004 (34)	Normotensos (75)	1	Bruce	PAS <sub>màx</sub> ≥11 mmHg/MET

deltaPAD: delta pressió arterial diastòlica (diferència entre PAD<sub>màx</sub>-PAD<sub>repòs</sub>); deltaPAS: delta pressió arterial sistòlica (diferència entre PAS<sub>màx</sub>-TAS<sub>repòs</sub>); FC<sub>res</sub>: freqüència cardíaca de reserva; PAD<sub>màx</sub>: pressió arterial diastòlica màxima; PAS: pressió arterial sistòlica; PAS<sub>màx</sub>: pressió arterial sistòlica màxima; PAS<sub>rec</sub>: pressió arterial sistòlica de recuperació.



**Figura 1** A) Valors de PA en exercici màxim i recuperació als 6 min per edat (homes). B) Valors de PA en exercici màxim i recuperació als 6 min per edat (dones).

En general, els aparells automàtics de mesurament de la PA en esforç es correlacionen bé amb el mètode manual i tenen una diferència absoluta acceptable clínicament. En general, hi ha una infraestimació amb la PAD en esforç a mesura que augmenta la intensitat; alguns validats clínicament (Schiller AG, BP-200 plus, Baar, Suïssa; Colin Medical Instruments, Colin 630, San Antonio, Texas)<sup>18,19</sup>, d'altres específics d'esforç, han estat recomanats i validats amb catèter intraarterial (SunTech Medical Inc., Tango+, Eynsham, Regne Unit)<sup>20</sup>.

Lògicament, i més en la prova d'esforç, pel soroll ambiental i pel moviment del pacient, és important tenir en compte les possibles causes més freqüents d'error en l'avaluació de la PA, com són un manòmetre inapropiat o una mida inadequada del maneguet, el mal estat de les

olives, un tub massa llarg, la velocitat de la inflada i desinflada del maneguet, l'experiència de qui fa el mesurament, el lloc o la pressió inadequats de l'estetoscopi, soroll de fons, mantenir fent pressió la mà i l'avantbraç o en flexió de colze durant la presa.

Els aparells automàtics d'esforç milloren alguns d'aquests inconvenients, malgrat que cal un ajustament correcte previ a la prova, com són una col·locació correcta del micròfon i també dels elèctrodes, ja que necessiten el senyal de l'electrocardiògraf per al mesurament. Cal un temps breu d'entrenament, però resulta fiable clínicament i és pràctic, ja que podem automatitzar els temps d'obtenció de la PA, incloent-hi la recuperació, i tenim gràfics i mesuraments integrades en la majoria de programaris d'esforç (taula 1 i figura 1).

## Resposta anormal

### Durant l'esforç

#### a) Resposta hipertensiva

No hi ha definició d'RH en normotensos estandarditzada, malgrat que sí hi ha proposta de xifres tensionals.

La majoria parla de  $PAS_{m\grave{a}x}$  a l'esforç<sup>3,21-30</sup>, però també hi ha xifres a diferents nivells submàxims<sup>31,32</sup>, algunes que tenen en compte el sexe i d'altres que no, d'altres que tenen en compte percentils o que la relacionen amb un percentatge d'esforç fix o variable: freqüència cardíaca de reserva ( $FR_{res}$ )<sup>33,34</sup>, mmHg/MET<sup>35</sup>, mmHg/min<sup>30,36</sup>, d'altres tenen en compte la PAS de repòs i la seva variació en mmHg (PAS)<sup>32,37</sup>, d'altres inclouen la PAD màxima ( $PAD_{m\grave{a}x}$ ) o la defineixen solament per si mateixa<sup>25-27,30,38</sup>. Malgrat que la rellevància del diagnòstic i el pronòstic d'una RH no està del tot aclarida, alguns d'aquests pacients tenen un risc augmentat d'HTA futura<sup>1,21,25,27-29,31-35,38-42</sup>, hipertrofia ventricular esquerra o mobilitat anormal<sup>24,26,43-45</sup>, accident cerebrovascular<sup>23,36</sup>, episodis cardiovasculars<sup>23,30</sup>, més mortalitat<sup>46,47</sup> i disfunció endotelial<sup>48</sup>.

S'esmenten altres troballes relacionades amb l'RH: hipercolesterolèmia<sup>49</sup>, augment d'angiotensina II<sup>50</sup>, marcadors inflamatoris com els leucòcits<sup>51</sup>, aterosclerosi carotídia<sup>22</sup>, rigidesa arterial i albuminúria<sup>52</sup>. La prevalença oscil·la entre el 3-4% o més, segons els estudis<sup>41</sup>.

### Hipertensió futura

La detecció precoç d'una HTA pot prevenir un dany crític d'òrgans diana. Diversos estudis van observar que una resposta exagerada de la PA a l'esforç és un factor pronòstic d'HTA, fins i tot en nens<sup>53</sup>. En general, els treballs presenten una baixa sensibilitat (25-40%) amb una alta especificitat (73-90%)<sup>23,32,34</sup>.

Singh et al<sup>31</sup>, en el Framingham Heart Study, posen com a referència el percentil 95 de la PAS i PAD en el segon estadiatge d'un Bruce, i no troben  $PAS_{m\grave{a}x}$  predictora d'HTA futura (RR = 1 en l'home i RR = 1,4 en la dona), però sí la  $PAD_{m\grave{a}x}$  (RR = 4,2 en l'home, RR = 2,2 en la dona) i la PAS de recuperació ( $PAS_{rec}$ ) en l'home (RR = 1,9).

Matthews et al<sup>32</sup>, amb la participació del Cooper Institute, tenen en compte la PAS i la relació amb el nivell d'esforç realitzat en MET, tot considerant també l'augment de la PAD. Esmenten una RR = 3,0 ajustada amb diversos factors.

Miyai et al<sup>34</sup>, en individus amb pressió normal alta, també tenen en compte la PAS a un nivell d'esforç del 50% de la

$FR_{res}$  és a dir, a un nivell submàxim. Esmenten una RR d'HTA futura de 2,3.

En un altre treball<sup>33</sup>, amb normotensos, estableix corbes per percentils de la  $PAS_{m\grave{a}x}$  i la  $PAD_{m\grave{a}x}$  en relació amb l' $FR_{res}$ . Més enllà del percentil 90 esmenta una RR = 3,8.

Manolio et al<sup>21</sup> van establir com a punt de tall només un valor fix de la  $PAS_{m\grave{a}x}$ . Van trobar una prevalença del 18% i una incidència del 4,9%. L'Odds ratio (OR) de predicció d'una HTA futura va ser d'1,7 ( $p < 0,001$ ), igualment incoherent-hi episodis cardiovasculars.

Zanettini et al<sup>35</sup> van estudiar 75 normotensos mitjançant test ergomètric de Bruce durant un any, i van trobar que individus amb RH tenen un IMC més alt, una paret esquerra ventricular posterior més gruixuda i una PAS més alta en el mesurament ambulatori. I conclouen que la detecció de l'RH és més ben detectada que el valor de 210 mmHg, si la variació de la PA es corregeix per la quantitat de treball fet. El punt de tall seria  $\geq 11$  mmHg/MET.

Diversos autors han vist que la resposta de la PAD a l'exercici té una força predictora semblant o més gran que la PAS per a HTA futura, amb valors de  $PAD_{m\grave{a}x}$  superior a 90/100 mmHg o un augment  $> 10$  mmHg (taula 2)<sup>26,27,31,38</sup>.

### Episodi cardiovascular

Laukkanen et al<sup>30</sup> van estudiar 1.731 homes de mitjana edat, aparentment sans, en cicloergòmetre, amb un seguiment de 12,7 anys. La  $PAS_{m\grave{a}x}$  més elevada de 230 mmHg es va associar a una RR ajustada de 2,47 per a risc d'infart de miocardi. Entre els que tenien PA alta en repòs, un augment excessiu de la corba de PA, superior a 9,4 mmHg per minut d'exercici, van tenir una RR d'infart de 4,31.

Kurl et al<sup>36</sup> van estudiar 1.026 homes sans, amb un seguiment de 10,4 anys, en cicloergòmetre a 20 W/min, i van observar que una RH durant l'exercici i en la recuperació estava directament i independentment associada amb el risc d'accident cerebrovascular (taula 3).

#### b) Resposta hipotensiva

Malgrat que tampoc hi ha acord consensuat sobre la seva definició, les dues més freqüents són: a) una caiguda de la PAS per sota dels valors de repòs estant dempeus, i b) un augment inicial de PAS amb una caiguda posterior igual o superior a 20 mmHg<sup>54-56</sup>.

La primera té una RR significativa de 3,2 per a episodis cardiovasculars, mentre que en la segona el valor predictiu és menor. La prevalença oscil·la entre el 5 i el 8%, que és més alta en pacients amb malaltia coronària<sup>41</sup>.

Una resposta hipotensiva pot reflectir una miocardiopatia hipertròfica de la mateixa manera que una resposta

**Taula 3** Resposta hipertensiva i risc d'episodi cardiovascular

Any (font)	Població (nombre)	Seguiment (anys)	Ergòmetre/protocol	Definició RH (mmHg)
2006 (30)	Normotensos (1.731)	12,7	Bicicleta 25 w/2 min	$PAS_{m\grave{a}x} > 230 > 9,4$ mmHg/min
2001 (36)	Normotensos (1.026)	10,4	Bicicleta 20 w/2 min	19,7 mmHg /min

$PAS_{m\grave{a}x}$ : pressió arterial sistòlica màxima.

plana. En estudis en pacients amb miocardiopatia hipertrofica, els patrons d'hipotensió observats van ser o bé una caiguda contínua des del primer minut de l'exercici en la PAS >20 mmHg o bé un augment inicial amb caiguda posterior de 20 mmHg o més. Una resposta plana va ser definida com un canvi en la PAS durant tot l'esforç inferior a 20 mmHg comparat amb la PAS en repòs<sup>57,58</sup>.

### c) Resposta insuficient

Les persones actives tenen una PAS menor en repòs, durant l'exercici i també en la PAS. L'amplitud de la resposta de la PAS<sub>màx</sub> en esforç sembla un factor de risc de mortalitat independentment de la PA de repòs<sup>12</sup>.

Hedberg et al<sup>37</sup>, a l'estudiar 382 persones grans d'ambdós sexes (edat mitjana de 75 anys) van observar que una resposta augmentada de la PAS durant l'esforç està associada amb una millor supervivència a llarg termini en adults grans. Com més augmenta (>55 mmHg), menys taxa de mortalitat per totes les causes (RR de 2,6 i per als de ≤30 mmHg una RR de 5,1). Per cada 10 mmHg d'augment en la PAS, l'RR per totes les causes es va reduir un 13% i per mortalitat cardiovascular un 26%, després d'ajustar per diversos factors.

Gupta et al<sup>46</sup> van estudiar 6.145 homes amb edat mitjana de 53 ± 12 anys que van fer una prova d'esforç limitada per símptomes.

Un augment de la PAS ≤44 mmHg va ser un predictor significatiu de mortalitat, independent d'altres factors, com ara edat, el segment ST i la capacitat d'exercici, amb una RR d'1,2. Un augment ≥44 mmHg en la prova d'esforç es va associar amb un 23% de millora en la supervivència respecte d'una mitjana de seguiment superior a 6 anys, i independent de diversos factors (edat, història d'HTA o coronariopatia, capacitat funcional o anormalitats de l'ST).

Naughton et al<sup>47</sup> van estudiar 641 homes amb història d'infart de miocardi durant 3 anys. Van concloure que una pobra PAS<sub>màx</sub> ≤140 mmHg està associada amb una alta mortalitat. L'exercici no va reduir la mortalitat.

Sadrzadeh et al<sup>59</sup> han conclòs en un estudi retrospectiu de 1.959 homes durant un seguiment de 5,4 ± 2,1 anys, que el doble producte de reserva (doble producte màxim menys el de repòs) sembla que té més potència pronòstica de mortalitat que els MET, la freqüència cardíaca màxima, la PAS<sub>màx</sub> o la freqüència cardíaca de recuperació. Un doble producte de reserva inferior a 10.000 va ser un predictor de mortalitat (OR = 4,1).

## Durant la recuperació

Huang et al<sup>60</sup> van estudiar retrospectivament 3.054 pacients enviats per a prova d'esforç, amb un seguiment de 10 anys. Un paradoxal augment de la PAS després de l'exercici (PAS als 3 min de recuperació ≥1 min de recuperació) és un predictor important i significatiu de mortalitat cardiovascular, amb un OR ajustat d'1,80.

Nakashima et al<sup>39</sup> van estudiar durant una mitjana de 12 anys 138 homes i 76 dones amb una edat mitjana de 19 anys al principi. Van fer una prova d'esforç de 5 min en cicloergòmetre i van registrar la PA immediatament després de l'exercici, i calculant també la PA al 50% de la intensitat de l'exercici. La PAS i la PAD immediatament després de l'exercici en homes va mostrar-se com un fort predictor d'HTA futura, més que no pas la PA en repòs. En canvi, en les dones la PAS en repòs es va mostrar com el millor predictor.

Yosefy et al<sup>61</sup> van estudiar 86 pacients aparentment sans presentats per a control de rutina, amb una edat mitjana de 60 ± 4,1 (46-75) anys, amb un test de Bruce, tot mesurant la PAS i la PAD als 5 min de recuperació. Després de 5 anys de seguiment, els que van tenir una RH, definida com >160/90 mmHg (petita PAS de 46,9 ± 3,1 mmHg) van desenvolupar un pitjor perfil cardiovascular i d'episodis adversos (colesterol anormal, HTA i malaltia cardiovascular i cerebrovascular combinada) amb una RR d'1,32.

Tsumura et al<sup>62</sup> van estudiar 6.557 homes, de 35-63 anys, amb un període de seguiment de 63.696 persones-any. Van fer una prova d'esforç en esglaó (test de Master) i van observar que la PAS i la PAD als 4 min després de l'exercici es va associar amb un augment del risc d'HTA en normotensos i en individus amb pressió normal alta. L'RR per a la PAS i la PAD després de l'exercici va ser d'1,55 per cada 10 mmHg. Va ser independent de la PA en repòs.

Laukkanen et al<sup>63</sup> van estudiar 2.336 individus en cicloergòmetre amb una edat mitjana de 52,9 ± 5,1 amb un seguiment de 13,1 anys. La PAS<sub>màx</sub> mitjana va ser de 202 mmHg i, als 2 min, de 183 mmHg. La PAS >195 mmHg als 2 min de la recuperació va ser relacionada amb un risc d'infart de miocardi d'1,7 vegades. L'RR ajustada va ser d'1,45 per a mortalitat cardiovascular i de 1,68 per a infart de miocardi.

Singh et al<sup>31</sup> van estudiar 1.026 homes i 1.284 dones amb edat mitjana de 42 ± 10 anys del Framingham Offspring Study, normotensos, amb seguiment de 8 anys. Van trobar que una PAS<sub>rec</sub> als 3 min era predictiva d'HTA en homes, amb una RR ajustada d'1,92 (mitjana de PAS<sub>rec</sub> als 3 min de 142 ± 19 mmHg) (taula 4).

**Taula 4** Recuperació i episodis cardiovasculars

Any (font)	Població (nombre)	Seguiment (anys)	Ergòmetre/protocol	Definició RH (mmHg)
2008 (60)	3.054	10	Bruce	PAS <sub>rec</sub> 3 min > 1 min
2006 (61)	Normotensos (86)	5	Bruce	PA >160/90 als 5 min
2004 (63)	Normotensos (2.336)	13,1	Bicicleta	PAS >195 als 2 min
1999 (31)	Normotensos (2.310)	8	Bruce	PAS 142 ± 19 als 3 min

PAS: pressió arterial sistòlica; PAS<sub>rec</sub>: pressió arterial sistòlica de recuperació.

## Seguretat de la prova d'esforç

El risc de la prova d'esforç és en general baix i depèn de les característiques clíniques del pacient.

El risc general en una població mixta és aproximadament de 6 episodis (infart de miocardi, fibril·lació ventricular, altres importants arítmies o mort) cada 10.000 proves<sup>3</sup>.

Les complicacions en general, grans o petites, en gent aparentment sana i esportista són menors, i apareixen aproximadament en 1/10.000 proves; la morbiditat varia entre 1 i 5, segons els estudis, i la mortalitat és d'entre 0 i 0,4<sup>64</sup>.

Quant a la PA, i sense que hi hagi evidències definides, és convenient, per tal d'evitar complicacions serioses, seguir les recomanacions actuals de contraindicació i de finalització d'una prova d'esforç.

Una de les guies principals que serveix de referència és la de l'American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, que és la que també segueix l'American College of Sports Medicine<sup>3,25</sup>.

### Contraindicació per a prova d'esforç

La guia americana no refereix cap contraindicació absoluta quant a la PA en repòs, per bé que en la guia espanyola s'esmenta una PA de 240/130 mmHg<sup>42</sup>.

En la guia es posa com a contraindicació relativa l'HTA greu, tot considerant per a aquesta xifres superiors a 200/100 mmHg en repòs<sup>25</sup>.

### Indicacions per acabar la prova d'esforç

Es considera una indicació absoluta per interrompre la prova una caiguda de la PAS de >10 mmHg des del valor inicial de la PA malgrat un augment en la càrrega de treball, quan s'acompanya d'una altra evidència d'isquèmia.

Entre les relatives, es considera l'anterior, però quan no hi ha evidència d'isquèmia. També s'hi considera una indicació relativa l'RH, que per manca d'evidència definitiva, es defineix com una PAS superior a 250 mmHg i/o una PAD superior a 115 mmHg (taula 5).

## Discussió

És indubtable que el registre de la PA durant i després de l'esforç ens pot donar informació valuosa clínicament. El

problema rau en el fet que hi ha poques xifres de referència, i que a més, a vegades en la pràctica no es tenen en compte les variacions que hi ha amb l'edat, el sexe, la condició física i l'IMC.

En la pràctica, moltes vegades es té en compte la PAS<sub>màx</sub> solament com a patró de referència, entenent que de vegades pot ser difícil determinar la PAD<sub>màx</sub>.

En molts casos no es té en compte la pressió del pols, la PAS, ni es completen les preses de PA en la recuperació, la qual cosa també hem vist que pot aportar dades clínicament rellevants.

Indubtablement, la realització d'una prova d'esforç és l'única manera de determinar una resposta anormal a l'esforç.

La guia de l'American College of Cardiology/American Heart Association esmenta l'elevació exagerada tant de la PAS com PAD durant l'exercici com un indicador de risc d'HTA futura en asimptomàtics normotensos, com també una PAS<sub>màx</sub> superior a 214 mmHg o PAS o PAD elevades als 3 min de recuperació<sup>25</sup>, i també proposa com a reacció hipertensiva la xifra de 250/115 mmHg, indicació relativa per aturar una prova d'esforç.

La referència d'RH de la PA, a vegades la marca la PAS<sub>màx</sub> solament, com les xifres de Manolio et al<sup>21</sup> de 210/190 mmHg en l'home i la dona, respectivament, o també s'esmenten la PAS<sub>màx</sub> i la PAD<sub>màx</sub>, com les de Sharabi et al<sup>27</sup> de 210/100 mmHg, respectivament. Així mateix, altres treballs, com el de Framingham, troben sols la PAD<sub>màx</sub> o la PAS<sub>rec</sub> com a predictors d'HTA<sup>31</sup>. Presenten taules de referència de valors previstos del percentil 95, específics del sexe i l'edat, malgrat que són valors derivats del segon estadiatge del test de Bruce. Així, tenim valors de PAS<sub>màx</sub> per a home de 20-70 anys que van de 190 a 218 mmHg i de dones amb el mateix rang d'edat de 165 a 203 mmHg. Per tant, no posen xifres màximes fixes per a tots, sinó que tenen en compte l'edat i el sexe.

D'altra banda, hi ha altres autors que com a risc d'HTA futura proposen xifres que tenen en compte altres paràmetres que relacionen el comportament de la PA amb l'esforç. Per exemple, el treball de Matthews et al<sup>32</sup>, al Cooper Institute, on tenen en compte la variació de la PAS durant l'esforç, la PAS, i ho relacionen amb el nivell d'esforç segons els MET. Igualment, Miyai et al<sup>34</sup> utilitzen corbes de percentils en relació amb l'esforç, en aquest cas la FR<sub>res</sub>. També Zanettini et al<sup>35</sup> estableixen que és millor que no pas una xifra fixa, en aquest cas 210 mmHg, relacionar la variació de la PA amb el treball realitzat en MET. Laukkanen et

**Taula 5** Indicacions de seguretat en la prova d'esforç

	Absoluta	Relativa
Contraindicació	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criteri clínic</li> <li>• 240/130 mmHg de repòs</li> </ul>	>200/100 mmHg de repòs
Suspensió	Caiguda de la PAS >10 mmHg de la inicial més evidència d'isquèmia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caiguda de la PAS &gt;10 mmHg sense evidència d'isquèmia</li> <li>• PAS &gt;250/115 mmHg</li> </ul>

PAS: pressió arterial sistòlica.



al<sup>30</sup> i Kurl et al<sup>36</sup> també donen xifres d'augment del risc, en aquest cas d'episodi cardiovascular, però en relació amb l'augment de la PAS en el temps, per minut.

Una resposta hipotensiva té un alt grau de significació pronòstica, ja que pot reflectir una disminució de la despesa cardíaca o una malaltia coronària greu<sup>54-56</sup>, malgrat que pot representar altres patologies, com ara una miocardiopatia, arítmies, o alteracions com una reacció vasovagal o la produïda per medicació. La hipotensió que pot produir-se immediatament després de l'exercici, a causa d'una vasodilatació perifèrica i caiguda del retorn venós, no s'hauria de considerar una resposta hipotensiva<sup>41</sup>.

Una resposta insuficient de la PAS a l'esforç, la PAS, també ha de ser mesurada i considerada com una predictora significativa de mortalitat. A mesura que la resposta de la PAS a l'esforç és menor, augmenta el risc. Les xifres considerades insuficients com a resposta de la PAS a l'esforç oscil·len entre 20 i 45 mmHg<sup>37,46,47</sup>.

Quant a la PA durant la recuperació, els estudis mostren una relació entre una resposta anormal i HTA futura i mortalitat cardiovascular. Hi ha estudis que comprenen una població significativa, juntament amb un seguiment de diversos anys<sup>60-63</sup>, malgrat que difereixen també en els mètodes de determinació, com també en la definició, amb xifres suggerides des del primer minut fins al minut 5. En un estudi recent de Huang et al<sup>60</sup> s'indica la rellevància d'un augment paradoxal de la PAS<sub>rec</sub> als 3 min més gran que en el primer, essent un predictor significatiu de mortalitat. La majoria dels altes estudis proposen xifres específiques, essent una de les més indicades la de l'estudi de Framingham (142 mmHg als 3 min) com a predictora d'HTA futura en homes.

Es demostra la necessitat de futurs estudis, que incloguin l'edat i el sexe, i pot ser convenient considerar l'establiment de percentils i relacionar-los amb el nivell d'esforç en què s'estableixen les xifres tensionals.

## Conclusions

Hi ha molts treballs sobre el diagnòstic i el pronòstic d'una resposta anormal de la PA a l'esforç, tant durant l'exercici com en la recuperació d'aquest, i fins i tot abans de començar-lo<sup>65</sup>.

Però no s'han determinat valors estandaritzats que siguin acceptats globalment, potser en part a causa dels diversos mètodes seguits en els estudis.

En general, la resposta de la PA anormal a l'esforç es relaciona amb un augment del risc d'HTA futura o episodis i mortalitat cardiovascular.

En el cas d'una resposta anormal en un pacient asimptomàtic cal considerar un estudi d'HTA primària, control clínic més freqüent de la PA en repòs, un ecocardiograma, un holter de 24 h com a prova més dinàmica, i fins i tot la repetició de la prova d'esforç, ja que pot no ser reproduïble<sup>66</sup>. En el cas d'una resposta hipotensiva o insuficient, cal estudiar una possible cardiopatia isquèmica i la funció ventricular.

Indubtablement, calen més estudis i consensos quant a la resposta anormal de la PA a l'esforç. Mentrestant, d'acord amb els treballs esmentats, sense poder determinar xifres

tensionals definitòries, i havent de tenir-hi en compte també l'edat, el sexe i la condició física del pacient, i sobretot el seu context clínic, podem considerar una resposta anormal de la PA a l'esforç en els casos següents:

- Valors de PAS<sub>màx</sub> superiors a 210/190 mmHg en l'home i la dona, respectivament, tot podent representar una resposta exagerada en adults.
- Valors de PAS<sub>màx</sub> superiors a 230 mmHg poden ser considerats de més risc. Valors de PAS >250 mmHg i de PAD >115 mmHg defineixen un clara RH.
- Valors de PAD que depassin els 100-105 mmHg o un augment >10 mmHg en qualsevol moment de la prova.
- Una resposta hipotensiva, és a dir, una caiguda de la PAS per sota dels valors inicials, una caiguda igual o superior a 20 mmHg, o un augment inferior a 20 mmHg durant tot l'esforç.
- Una PAS<sub>màx</sub> baixa, igual o inferior a 140 mmHg.
- Una PAS reduïda, inferior a 45 mmHg.
- Doble producte de reserva <10.000.
- Un augment brusc, costerut, superior a 10-12 mmHg /MET pot ser considerat anormal. Podria ser convenient mesurar rutinàriament la PAS entre els MET absoluts en la prova.
- Augment paradoxal de la PAS en la recuperació, és a dir, una PAS als 3 min superior a la del primer minut.
- PAS<sub>rec</sub> lenta, és a dir, mantenint valors alts en els primers minuts de recuperació (v. taula 5). Podria ser convenient mesurar rutinàriament la PA de recuperació 2-3 vegades durant els primers minuts de la recuperació.

En resum, augments importants de PAS i PAD en esforç, valors baixos o caigudes de la PAS en esforç, poca amplitud de la PAS i recuperacions lentes de la PAS són considerades respostes anormals de la PA i tenen un valor pronòstic significatiu d'HTA futura i/o d'episodi cardiovascular, que poden fer necessari avaluar la necessitat d'estudis addicionals o un seguiment més estret del pacient.

## Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

## Bibliografia

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 Sports Exerc.* 2004;36:533-53. Revisió.
2. American College of Sports Medicine ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 5a. 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 Meds. 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.
8. Martin WH 3rd, 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, Oshi D. Influence of age on blood pressure recovery after maximal effort ergometer exercise in non-athletic adult males. *Eur J Appl Physiol.* 2009;106:791-7.
10. Dimkpa U, Ugwu AC, Oshi DC. 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 DR Jr, 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, Ofiaz 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. 3a. 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;29:149-59.
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-e72, 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, Mecera 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;95:1072-8.
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: the Fels longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc.* 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. *Descende Sports Science.* 2002;23:134-41.
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 Suppl 3:174-181.
  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. *Març* 2009. Disponible en: <http://www.medicodeldeporte.es>
  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