

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

[www.apunts.org](http://www.apunts.org)



TREBALL ORIGINAL

## Diferència de la resposta hemodinàmica i autònoma a l'estrès simpàtic entre els jugadors de futbol professional potents i els resistents: estudi transversal

Carlos Fernando Ospina Uribe<sup>a,b</sup>, Jaime Alberto Gallo Villegas<sup>a,b,c,\*</sup>,  
Daniel Camilo Aguirre Acevedo-Acevedo<sup>a,d</sup>, Jon Kepa Balparda Arias<sup>c</sup>,  
José Dagnovar Aristizabal Ocampo<sup>c,e</sup>

<sup>a</sup> *Docent, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colòmbia*

<sup>b</sup> *Grupo de Investigación en Medicina Aplicada a la Actividad Física y al Deporte - GRINMADE, Universidad de Antioquia, Medellín, Colòmbia*

<sup>c</sup> *Centro Clínico y de Investigación SICOR, Medellín, Colòmbia*

<sup>d</sup> *Grupo Académico de Epidemiología Clínica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colòmbia*

<sup>e</sup> *Grupo de Investigación Biología Celular y Molecular - CIB, Universidad de Antioquia, Medellín, Colòmbia*

Rebut el 21 d'abril de 2014; acceptat el 27 de juny de 2014

### PARAULES CLAU

Esport;  
Futbol;  
Sistema nerviós autònom;  
Cardiografia d'impedància;  
Cor d'atleta

### Resum

**Introducció:** Tot i que es coneixen les adaptacions funcionals i estructurals cardíques dels esportistes de potència i resistència aeròbica, es desconeix si hi ha diferències cardiovasculars segons les seves característiques metabòliques.

**Objectiu:** Comparar la resposta hemodinàmica i autònoma a l'estimulació simpàtica entre jugadors professionals de futbol «potents» i els «resistents».

**Materials i mètodes:** Els jugadors van ser classificats com a «potents» o «resistents» amb proves de camp, mitjançant l'anàlisi de classes latents. Després, se'ls mesurà simultàniament les variables hemodinàmiques i de resposta del sistema nerviós autònom (Task Force® Monitor, CNSystems, Àustria) amb un protocol en posició decúbit, inclinació a 70° i amb prova de pressió en fred.

**Resultats:** S'incloueren 22 individus: 9 classificats com a «potents» i la resta com a «resistents». A 70° d'inclinació, els jugadors «resistents» mostraren una freqüència cardíaca menor (68,3 vs 76,3 batecs/min; diferència -8,0; IC 95%, -14,5 a -1,5; p < 0,05), menor pressió arterial diastòlica (84,9 vs 91,0 mmHg; diferència -6,5; IC 95%, -12,4 a

\* Treball presentat al XXIV Congreso Panamericano de Medicina del Deporte, Guadalajara, México, 2011. Rebé el premi al millor treball d'investigació entre els presentats en el marc del congrés.

\*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: [jagallo2000@yahoo.com](mailto:jagallo2000@yahoo.com) (J.A. Gallo Villegas).

-1,5;  $p < 0,05$ ), a més d'un índex d'ejecció menor (41,1 vs 34,5 ml·m<sup>2</sup>; diferència 6,6; IC 95%, 2,0 a 11,2;  $p < 0,05$ ), un índex de contractilitat major (47,5 vs 36,8 [1.000/s]; diferència 10,7; IC 95%, 2,7 a 18,7;  $p < 0,05$ ) i un índex de volum de final de diàstole major (73,4 vs 62,2 ml·m<sup>2</sup>; diferència 11,1; IC 95%, 2,4 a 19,8;  $p < 0,05$ ). A la prova de pressió en fred s'obtingueren resultats similars.

**Conclusions:** Els jugadors de futbol professional «resistents» tenen una funció ventricular esquerra més efectiva (sistòlica i diastòlica) i una modulació autònoma millor que els «potents» durant una estimulació simpàtica.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

## KEYWORDS

Sports;  
Soccer;  
Autonomic  
nervoussystem;  
Impedance  
cardiography;  
Athlete's heart

## Hemodynamic and autonomic differences to sympathetic stimulation between power and endurance professional soccer players: A cross sectional study

### Abstract

**Introduction:** Although it is recognized that there are structural and functional cardiac adaptations in power athletes and endurance athletes, it is unknown if there are cardiovascular differences among the soccer players according to their metabolic characteristics.

**Objective:** To compare the hemodynamic and autonomic responses to sympathetic stimulation between a group of "power" professional soccer players and a group of "endurance" ones.

**Materials and methods:** Using field tests and latent class analysis, players were classified as "power" or "endurance" players. Then, hemodynamic and autonomic responses were measured simultaneously (Task Force® Monitor, CNSystems, Austria) during supine position, 70° tilting, and sympathetic stimulation with a cold-water pressor test.

**Results:** A total of 22 professional soccer players were included, 9 of whom were classified as "power" and the rest as "endurance" ones. In the 70° tilting test, "endurance" players showed a lower heart rate than "power" ones (68.3 vs 76.3 beats/min; difference -8.0; 95% CI, -14.5 to -1.5;  $P < .05$ ), diastolic blood pressure (84.9 vs 91.0 mmHg; difference -6.5; 95% CI, -12.4 to -1.5;  $P < .05$ ). In addition, "endurance" players showed higher stroke index (41.1 vs 34.5 mL·m<sup>2</sup>; difference 6.6; 95% CI, 2.0 to 11.2;  $P < .05$ ), contractility index (47.5 vs 36.8 [1000/sec]; difference 10.7; 95% CI, 2.7 to 18.7;  $P < .05$ ), and end-diastole volume index (73.4 vs 62.2 mL·m<sup>2</sup>; difference 11.1; 95% CI, 2.4 to 19.8;  $P < .05$ ). Similar outcomes were found with the cold-water pressor test.

**Conclusions:** "Endurance" professional football players have a more effective left ventricular function (systolic and diastolic) and better autonomic modulation in response to sympathetic stimulation than do "power" ones.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducció

L'entrenament físic regular genera canvis hemodinàmics, vasculars, endocrins i del sistema nerviós autònom<sup>1,2</sup>. Els esportistes d'alt rendiment tenen bradicàrdia sinusal<sup>3-4</sup>, una funció ventricular esquerra millor, tant sistòlica com diastòlica<sup>1,5</sup>, increment de la xarxa vascular coronària<sup>1</sup> i activitat simpàtica menor<sup>6</sup>, fins i tot davant una estimulació amb estrès ortostàtic, quan es compara amb subjectes sans no esportistes. Tanmateix, la naturalesa i la magnitud d'aquests canvis fisiològics estan relacionades amb la intensitat i el volum d'entrenament, el tipus d'esport que es practica<sup>7-8</sup> (individual o d'equip) i les característiques genètiques<sup>9-10</sup> de cada esportista.

D'acord amb les adaptacions aeròbiques i anaeròbiques que es presenten, degudes a l'entrenament físic, els esports

poden ser classificats com de potència, de resistència aeròbica i combinats. L'efecte d'aquests tipus d'esport sobre el volum de les cavitats i l'espessor de la paret ventricular, a més de sobre la funció sistòlica i diastòlica del ventricle esquerre, ha estat descrit en el «cor d'atleta»<sup>11-12</sup>. Els estudis han demostrat que hi ha diferències en les adaptacions morfològiques i funcionals, entre els individus que practiquen esports de potència, resistència aeròbica, i els classificats com a combinats<sup>11,13-14</sup>.

Els esports d'equip, com el futbol, impliquen accions amb diferents demandes metabòliques (anaeròbiques i aeròbiques) depenent principalment de la posició en el camp de joc i de la funció del jugador dins l'esquema tàctic plantejat per l'entrenador. Tenint en compte les característiques genètiques i adaptacions metabòliques i fisiològiques producte de l'entrenament, els jugadors de futbol

poden ser classificats com a predominantment «potents» o «resistents»<sup>15</sup>.

Diferents estudis han avaluat les adaptacions estructurals i funcionals cardíques en repòs entre els jugadors de futbol segons la posició de joc a través de ressonància magnètica nuclear i altres tècniques, però els resultats són inconsistents<sup>16-17</sup>. No s'han reportat diferències en paràmetres funcionals en repòs, com la freqüència cardíaca, la fracció d'ejecció i l'índex cardíac entre jugadors segons la seva posició de joc<sup>16-17</sup>. És possible que les adaptacions del sistema cardiovascular (hemodinàmiques i autònomes) dels futbolistes depenguin fonamentalment de les característiques metabòliques i genètiques individuals, i dels canvis fisiològics producte de l'entrenament, més enllà de la posició de joc en què se situen.

Malgrat que actualment hi ha mètodes no invasius per estudiar el sistema cardiovascular durant l'activitat física, encara hi ha limitacions en l'adquisició dels senyals. Algunes maniobres, com l'estrès ortostàtic, la prova de pressió en fred i el *handgrip*, entre altres, han estat utilitzades per estimular el sistema nerviós simpàtic i han permès l'avaluació del funcionament del sistema cardiovascular amb mètodes no invasius<sup>18-19</sup>. Un estímul simpàtic pot generar respostes agudes del sistema cardiovascular i desemmascarar canvis hemodinàmics i autònoms que no s'observen en repòs. És probable que els futbolistes «potents» i els «resistents» presentin diferències adaptatives del sistema cardiovascular. Per aquest motiu, és inadequat pretendre comparar l'estructura i la funció cardíques en repòs, segons la posició de joc, sense tenir en compte aspectes genètics, metabòlics i fisiològics individuals. Actualment no hi ha estudis de jugadors de futbol professional que hagin descrit les característiques hemodinàmiques i autònomes durant l'activitat física segons les adaptacions físiques.

L'objectiu d'aquest estudi fou comparar la resposta hemodinàmica i autònoma enfront de l'estimulació del sistema nerviós autònom simpàtic entre futbolistes professionals, segons la condició física.

## Materials i mètodes

Es féu un estudi transversal que inclogué 22 futbolistes professionals de la *Corporación Deportiva Independiente Medellín*, que pertany a la primera divisió de la lliga colombiana, de Medellín, Colòmbia. A l'inici de la temporada del segon semestre de 2010 se'ls féu la història clínica, una revisió mèdica, una antropometria, proves físiques de camp i la valoració de l'estat hemodinàmic autònom i de la sensibilitat baroreflexa.

L'avaluació antropomètrica inclogué la mesura del pes amb una bàscula digital calibrada, marca Beurer Living® i registrada en quilograms fins a una dècima, l'alçada fou mesurada per mètodes estandarditzats. L'índex de massa corporal (IMC) es calculà amb la fórmula de pes/alçada<sup>2</sup>, i es valorà el percentatge de greix corporal amb els plecs de greix subcutanis<sup>20</sup>.

S'obtingué el consentiment informat dels participants. Es promulgà el respecte, la justícia i el benefici ètic de les persones, d'acord amb les normes científiques, tècniques i

administratives en la investigació de la salut, del *Ministerio de la Protección Social de Colombia, Resolución 008430 de 1993*. A més, es tingué en compte l'última revisió dels principis de la declaració d'Hèlsinki<sup>21</sup>.

## Participants

S'inclogueren els subjectes inscrits a la plantilla de l'equip professional, d'edat igual o superior als 18 anys. S'excloueren els esportistes amb lesió osteomuscular, amb antecedent personal de malaltia cardiovascular, malaltia crònica o els que prenién algun medicament amb efectes sobre el sistema cardiovascular. S'informà els esportistes que no havien de consumir tabac, licor o substàncies al·lucinògenes, com a mínim 72 h abans de l'avaluació clínica; a més, no havien de fer cap mena d'activitat física 24 h abans de la valoració hemodinàmica i autònoma. En el moment de l'avaluació els futbolistes es trobaven a la fase inicial de la pretemporada, i no presentaven signes ni símptomes suggestius de síndrome de sobreentrenament.

## Avaluació de la condició física

La potència anaeròbica fou avaluada a partir de proves de salt en laboratori, com l'*squat jump* (SJ), el *countermovement jump* (CMJ) i el salt lliure, d'acord amb els protocols descrits anteriorment<sup>22</sup>. També s'aplicà el test d'esprint de 20 m, per mesurar la velocitat de reacció i desplaçament, utilitzant metodologies validades<sup>23</sup>.

La potència aeròbica fou avaluada amb el test de camp indirecte de 2000 m. Els esportistes foren prèviament informats perquè fessin el recorregut de 2000 m (1,24 milles) al més ràpidament possible, en una pista atlètica de forma el·líptica. El temps per fer aquesta distància fou mesurat amb un cronòmetre digital i posteriorment es calculà el consum màxim d'oxigen ( $VO_{2max}$ ), tal com s'ha descrit prèviament<sup>24-25</sup>.

## Avaluació hemodinàmica i autònoma

Es realitzà amb l'equip Task Force® Monitor (CNSystems; Graz, Àustria), havent estat 8 h en dejú, en un ambient de 20 °C, sense distractors visuals ni auditius. L'esportista fou col·locat en una taula basculant per fer-li l'enregistrament continu de la freqüència cardíaca batec a batec, la pressió arterial, la freqüència respiratòria i els canvis de resistència del tòrax en el cicle cardíac (cardioimpedància), després d'un període de repòs de 5 min, estigué 7 min en la posició de decúbit supí, 7 min en posició a 70° d'inclinació, 1 min submergint la mà dreta en un recipient amb aigua freda a una temperatura de 4 °C i, finalment, 3 min en posició de decúbit supí (fase de recuperació).

La freqüència cardíaca fou mesurada per electrocardiografia amb un equip integrat d'alta fidelitat, i la pressió arterial s'obtingué de forma no invasiva i contínua mitjançant un sensor del dit índex o anular amb la tècnica de *vascular unloading*<sup>26</sup>. El volum batec s'obtingué a partir de 3 elèctrodes tipus banda (referència 1616, CNSystems; Graz, Àustria), un a la part posterior del coll i els altres 2 a ambdós costats, per sota la caixa toràcica, per obtenir la corba d'impedància<sup>27</sup>. A partir dels mesuraments descrits es

féu l'estimació de les variables hemodinàmiques (despesa cardíaca, resistència vascular sistèmica, índex de contractilitat, índex d'acceleració, índex de treball del ventricle esquerre, volum final de diàstole, contingut del líquid toràcic), autònomes (component de baixa freqüència [LF] de l'espectre de la variabilitat de pressió arterial, component d'alta freqüència [HF] de l'espectre de la variabilitat de la freqüència cardíaca, la relació LF/HF) i de sensibilitat baroreflexa amb el mètode del pendent (en ascens, descens i total), que foren indexades respecte a l'àrea de superfície corporal.

L'equip utilitzat fou validat prèviament i mostrà bona precisió per mesurar els paràmetres hemodinàmics en comparar-lo amb altres tècniques *gold standard*<sup>28-29</sup>.

Els registres de cada esportista individual foren traslladats en temps real a un ordinador portàtil amb Windows, a partir del qual s'obtingueren les dades per analitzar-les posteriorment amb el programari TFM versió 2.2.22.2 (CNSystems; Graz, Àustria) i, finalment, s'exportaren a un arxiu Microsoft Office Excel 2007 per ser revisades. Com que es tracta d'un sistema tancat, s'utilitzaren equacions definides per l'empresa propietària, així com la topografia per col·locar els elèctrodes que recomana la pròpia empresa<sup>27</sup>.

## Anàlisi estadística

La descripció de les variables qualitatives nominals es féu mitjançant freqüències i proporcions. S'utilitzà la prova de Shapiro-Wilk per valorar si la distribució de les variables quantitatives, en tota la mostra i en els diferents subgrups, provenia d'una població amb distribució normal. Es féu a tota la mostra, i segons les característiques fisiològiques, la descripció de les variables clíniques, antropomètriques, físiques i relacionades amb l'entrenament dels esportistes.

Per classificar els futbolistes inclosos a l'estudi segons les característiques fisiològiques («potents» o «resistents»), es féu una anàlisi de classes latents (ACL)<sup>30</sup> amb el programa Latent Gold 3.0.01<sup>31</sup>. Per determinar el nombre òptim de classes latents es valorà des del model d'una classe (clúster) fins al de 10 classes. Es calcularen els índexs de bondat d'ajust de cada model, que permeteren determinar el model amb  $n$  classes que s'ajustava millor al comportament de la matriu de dades. Aquests índexs foren el «criteri d'informació d'Akaike» (AIC) i el «criteri d'informació bayesià» (BIC). La regla que s'usà per seleccionar el model consistí en elegir l'índex de menor valor<sup>30</sup>. Les variables fisiològiques incloses foren els resultats dels tests de camp ( $VO_{2max}$ , velocitat i salt). Es trobà un model amb 2 subgrups que permeté classificar els individus com a «potents» o «resistents». Es calculà la proporció d'individus classificats com a «potents» i «resistents». Per determinar si hi havia diferències entre els esportistes «potents» i «resistents», en les diferents variables hemodinàmiques, autònomes i de la sensibilitat baroreflexa, en decúbit supí, a 70° d'inclinació i en la prova de pressió de fred, s'utilitzà la prova  $t$  d'Student o la  $U$  de Mann Whitney, depenent del tipus de distribució de dites variables.

Es féu una anàlisi de covariància (ANCOVA) per ajustar diferències de les variables hemodinàmiques, autònomes i de la sensibilitat baroreflexa, en les 3 condicions descrites,

entre els futbolistes classificats com a «potents» i «resistents», per edat, índex de massa corporal, adipositat i posició de joc. Es valoraren les mitjanes i diferències de les mitjanes ajustades entre els grups; a més, es presentaren els intervals de confiança al 95%. En totes les anàlisis s'utilitzà un nivell de significació estadística  $\alpha = 0,05$  i s'emprà el programari d'estadística d'IBM, SPSS, versió 20.0.

## Resultats

S'inclogueren 22 jugadors; 13 individus (60%) pertanyien a la categoria de jugadors «resistents», i els 9 restants (40%) equivalien a la de jugadors «potents». La figura 1 mostra els resultats de l'anàlisi de classes latents, en què s'observa la probabilitat de pertànyer a un grup o a un altre de jugadors, segons el rendiment de cada prova física. Els participants tenien una mitjana d'edat de  $24,8 \pm 4,0$  anys, IMC de  $24,7 \pm 1,5$  kg/m<sup>2</sup> i percentatge de greix corporal d' $11,7 \pm 1,8\%$ .

No es trobaren diferències en les característiques demogràfiques i antropomètriques entre ambdós grups (taula 1). No s'observaren diferències en les variables hemodinàmiques en la posició de decúbit supí (taula 2). En aquesta mateixa posició els jugadors «resistents» presentaren valors més baixos de sensibilitat baroreflexa total que els «potents»:  $18,3$  vs  $34,5$  ms/mmHg (diferència  $-16,2$ ; IC 95%,  $-29,7$  a  $-2,7$ ) (taula 2).

En la posició a 70° d'inclinació, els jugadors «resistents» tingueren una freqüència cardíaca menor:  $68,3$  vs  $76,3$  batecs/min (diferència  $-8,0$ ; IC 95%,  $-14,5$  a  $-1,5$ ;  $p < 0,05$ ), pressió arterial diastòlica menor:  $84,9$  vs  $91$  mmHg (diferència  $-6,5$ ; IC 95%,  $-12,4$  a  $-1,5$ ;  $p < 0,05$ ), índex d'ejecció major:  $41,1$  vs  $34,5$  ml·m<sup>2</sup> (diferència  $6,6$ ; IC 95%,  $2,0$ - $11,2$ ;  $p < 0,05$ ). A més, es veié que els jugadors «resistents» tingueren un índex de contractilitat major:  $47,5$  vs  $36,8$  (1.000/s) (diferència  $10,7$ ; IC 95%,  $2,7$ - $18,7$ ;  $p < 0,05$ ), un índex d'acceleració major:  $67,2$  vs  $53,4$  (100/s<sup>2</sup>) (diferència  $13,8$ ; IC 95%,  $1,9$ - $24,9$ ;  $p < 0,05$ ) i un índex de volum de final de diàstole major:  $73,4$  vs  $62,2$  ml·m<sup>2</sup> (diferència  $11,1$ ; IC 95%,  $2,4$ - $19,8$ ;  $p < 0,05$ ). En aquesta mateixa posició no s'observaren diferències en els components de la variabilitat de la freqüència cardíaca ni en la sensibilitat baroreflexa (taula 3).

Durant la prova de pressió en fred, els jugadors «resistents» tingueren una freqüència cardíaca menor:  $67,8$  vs  $77,4$  batecs/min (diferència  $-9,6$ ; IC 95%,  $-17,5$  a  $-1,5$ ;  $p < 0,05$ ), índex d'ejecció major:  $40,3$  vs  $33,8$  ml·m<sup>2</sup> (diferència  $6,5$ ; IC 95%,  $2,7$ - $10,3$ ;  $p < 0,05$ ), índex de resistència vascular perifèrica menor:  $3.059$  vs  $3.444$  (dyne·s·m<sup>2</sup>/cm<sup>5</sup>) (diferència  $-385$ ; IC 95%,  $-760$  a  $-10,5$ ;  $p < 0,05$ ), índex de contractilitat major:  $45,6$  vs  $35,7$  (1.000/s) (diferència  $9,8$ ; IC 95%,  $3,8$  a  $15,9$ ;  $p < 0,05$ ), índex d'acceleració major:  $68,9$  vs  $53,0$  (100/s<sup>2</sup>) (diferència  $15,8$ ; IC 95%,  $7,4$ - $24,1$ ;  $p < 0,05$ ) i un índex de volum de final de diàstole major:  $71,8$  vs  $60,5$  ml·m<sup>2</sup> (diferència  $11,3$ ; IC 95%,  $4,7$ - $17,8$ ;  $p < 0,05$ ). En aquesta fase del protocol tampoc no es van observar diferències en els components de la variabilitat de la freqüència cardíaca ni en la sensibilitat baroreflexa (taula 4).

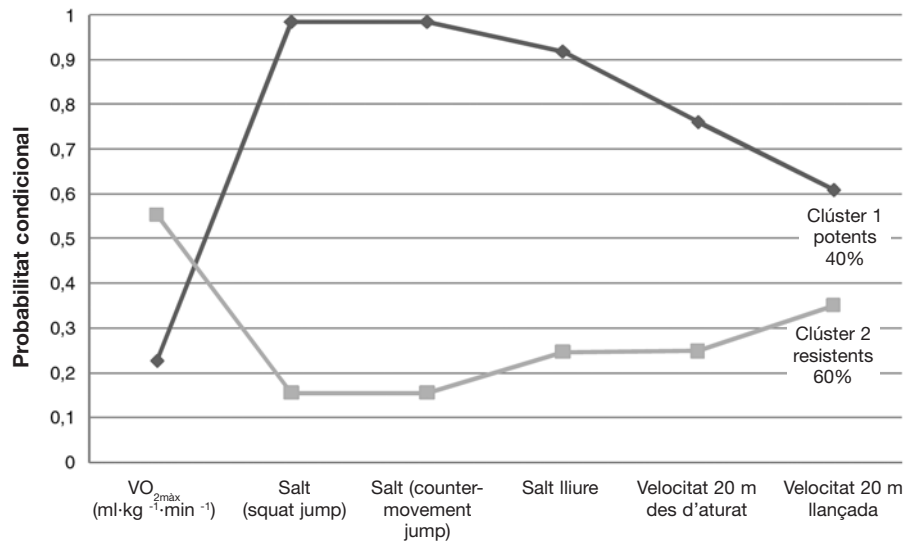


Figura 1 Perfil dels 2 clústers de l'anàlisi de classes latents dels tests físics en els futbolistes inclosos a l'estudi.

## Discussió

Els jugadors «resistents» van presentar una freqüència cardíaca menor i índexs d'eficiència ventricular esquerra major (sistòlica i diastòlica) que els jugadors «potents» durant un estímul simpàtic. Segons creuen els autors, aquest és el primer estudi que compara la resposta hemodinàmica i autònoma enfront d'un estímul simpàtic entre futbolistes, segons les seves característiques metabòliques.

La resposta fisiològica a l'exercici és diferent segons el tipus d'esport que es practica. Els esportistes de resistència aeròbica experimenten uns períodes llargs d'activitat física d'intensitat moderada amb un augment del volum sistòlic, de la despesa cardíaca i de la freqüència cardíaca, a més d'una pujada de la pressió arterial mitjana modera-

da<sup>11,32</sup>. En canvi, en els esports de potència hi ha períodes curts d'activitat intensa amb un augment lleu de la despesa cardíaca i una marcada pujada de la pressió arterial mitjana<sup>11,32</sup>. A més, s'ha demostrat que les adaptacions cardíques, quant a estructura i funció, difereixen entre esportistes de resistència aeròbica i de potència<sup>14</sup>.

Diferents estudis que han inclòs atletes de fons, ciclistes i triatletes han manifestat que habitualment tenen uns índexs de funció sistòlica en repòs que no són diferents dels dels individus no actius<sup>33</sup>. Tanmateix, en alguns estudis els esportistes presenten una fracció d'escurçament en repòs més alta, i els paràmetres de funció sistòlica en la resposta a l'exercici mostren un increment major, si es comparen amb persones sedentàries<sup>11</sup>.

L'evidència actual suggereix que la funció diastòlica en repòs és similar en esportistes i en no esportistes<sup>33</sup>. No obs-

Taula 1 Descripció demogràfica, antropomètrica i física dels futbolistes inclosos a l'estudi

Variable	Resistents (n = 13), mitjana ± DE	Potents (n = 9), mitjana ± DE	Diferència (IC 95%)	p
Edat (anys)	25,8 (4,3)	24,1 (3,8)	1,7 (-1,9 a 5,4)	0,337
Pes (kg)	76,5 (5,7)	78,6 (5,2)	-2,1 (-7,0 a 2,7)	0,374
Talla (cm)	177,0 (7)	177,0 (5)	0,001 (-0,05 a 0,05)	0,951
Índex de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	24,4 (1,1)	24,9 (1,7)	-0,7 (-2,0 a 0,6)	0,306
Percentatge de greix (%)	12,0 (1,2)	11,6 (2,2)	0,4 (-1,3 a 2,1)	0,624
VO <sub>2màx</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	57,6 (2,2)	54,5 (3,6)	-3,0 (-6,2 a 0,11)	0,058
Salt ( <i>squat jump</i> ) (cm)	51,8 (2,2)	58,4 (4,0)	-6,5 (-9,8 a -3,3)	0,001*
Salt ( <i>countermovement jump</i> ) (cm)	52,6 (2,5)	60,8 (4,4)	-8,1 (-11,7 a -4,5)	0,001*
Salt lliure (cm)	61,7 (3,8)	71,3 (6,0)	-9,5 (-14,5 a -4,5)	0,001*
Velocitat 20 m des d'aturat (m/s)	6,31 (0,2)	6,63 (0,2)	0,31 (0,09-0,54)	0,008*
Velocitat 20 m llançada (m/s)	8,32 (0,5)	8,63 (0,4)	0,31 (-0,08-0,70)	0,115

VO<sub>2</sub>: consum d'oxigen.

\* p < 0,05.



**Taula 2** Diferències de les variables hemodinàmiques, autònomes i sensibilitat baroreflexa, entre futbolistes «potents» i «resistents» en decúbit, ajustades per edat, índex de massa corporal, percentatge de greix corporal i posició de joc

Variable	Decúbit			p
	Resistents (n = 13), mitjana ± ET	Potents (n = 9), mitjana ± ET	Diferència (IC 95%)	
Freqüència cardíaca (batecs/min)	54,3 (2,3)	59,0 (1,9)	-4,7 (-11,5 a 2,1)	0,166
Pressió arterial sistòlica (mmHg)	118,2 (2,6)	122,3 (2,1)	-3,8 (-11,6 a 3,8)	0,306
Pressió arterial diastòlica (mmHg)	72,4 (2,1)	77,9 (1,7)	-5,4 (-11,7 a 0,8)	0,086
Índex d'ejecció (ml/m <sup>2</sup> )	54,9 (4,3)	49,3 (3,5)	5,6 (-6,7 a 18,1)	0,348
Índex cardíac (l/[min·m <sup>2</sup> ])	2,96 (0,6)	2,91 (0,7)	0,04 (-0,7-0,8)	0,914
Índex de resistència perifèrica total (dyne·s·m <sup>2</sup> /cm <sup>5</sup> )	2.384 (680)	2.591 (633)	-206 (-892 a 478)	0,531
Índex de contractilitat (1.000/s)	62,3 (6,2)	55,3 (5,0)	7,0 (-10,9-24,9)	0,420
Índex d'acceleració (100/s <sup>2</sup> )	85,6 (7,9)	75,5 (6,4)	10,1 (-12,8 a 33,0)	0,363
Índex de treball del ventricle esquerre (mmHg·l/min/m <sup>2</sup> )	3,4 (0,3)	3,5 (0,2)	-0,1 (-1,0 a 8,7)	0,817
Índex del volum de final de diàstole (ml/m <sup>2</sup> )	89,1 (6,5)	81,6 (5,1)	7,4 (-11,2 a 25,8)	0,406
Contingut del líquid toràcic (1/kOhm)	51,7 (1,4)	49,6 (1,1)	2,0 (-2,0 a 6,2)	0,306
LF unitats normalitzades de l'interval RR (%)	37,5 (4,3)	46,3 (3,5)	-8,8 (-21,3 a 3,6)	0,154
HF unitats normalitzades de l'interval RR (%)	62,5 (4,3)	53,6 (3,5)	8,8 (-3,6 a 21,3)	0,154
Relació LF/HF de l'interval RR	0,67 (0,1)	1,0 (0,1)	-0,3 (-0,8 a 0,1)	0,154
Sensibilitat baroreflexa en ascens (ms/mmHg)	19,8 (4,9)	36,5 (3,9)	-12,7 (-30,8 a -2,5)	0,024*
Sensibilitat baroreflexa en descens (ms/mmHg)	16,6 (4,7)	32,7 (3,9)	-16,1 (-29,9 a -2,3)	0,025*
Sensibilitat baroreflexa total (ms/mmHg)	18,3 (4,6)	34,5 (3,8)	-16,2 (-29,7 a -2,7)	0,021*

ET: error típic.

\* p &lt; 0,05.

**Taula 3** Diferències en les variables hemodinàmiques, autònomes i sensibilitat baroreflexa, entre futbolistes «potents» i «resistents» a 70° d'inclinació, ajustades per edat, índex de massa corporal, percentatge de greix corporal i posició de joc

Variable	70° d'inclinació			p
	Resistents (n = 13), mitjana ± ET	Potents (n = 9), mitjana ± ET	Diferència (IC 95%)	
Freqüència cardíaca (batecs/min)	68,3 (2,2)	76,3 (1,8)	-8,0 (-14,5 a -1,5)	0,018*
Pressió arterial sistòlica (mmHg)	127,7 (2,5)	130,9 (2,1)	-3,4 (-10,8 a 4,0)	0,344
Pressió arterial diastòlica (mmHg)	84,9 (1,7)	91,0 (1,3)	-6,5 (-12,4 a -1,5)	0,013*
Índex d'ejecció (ml/m <sup>2</sup> )	41,1 (1,6)	34,5 (1,3)	6,6 (2,0-11,2)	0,008*
Índex cardíac (l/[min·m <sup>2</sup> ])	2,8 (0,1)	2,6 (0,09)	0,18 (-0,1 a 0,5)	0,232
Índex de resistència perifèrica total (dyne·s·m <sup>2</sup> /cm <sup>5</sup> )	2.800 (127)	3.124 (103)	-324,1 (-692,2 a 44,4)	0,081
Índex de contractilitat (1.000/s)	47,5 (2,7)	36,8 (2,2)	10,7 (2,7-18,7)	0,012*
Índex d'acceleració (100/s <sup>2</sup> )	67,2 (3,8)	53,4 (3,1)	13,8 (1,9-24,9)	0,017*
Índex de treball del ventricle esquerre (mmHg·l/min/m <sup>2</sup> )	3,6 (0,1)	3,6 (0,1)	0,05 (-0,4 a 0,5)	0,822
Índex del volum de final de diàstole (ml/m <sup>2</sup> )	73,4 (3,0)	62,2 (2,4)	11,1 (2,4-19,8)	0,015*
Contingut del líquid toràcic (1/kOhm)	49,8 (1,3)	47,1 (1,0)	2,7 (-1,0 a 6,6)	0,144
LF unitats normalitzades de l'interval RR (%)	64,4 (4,0)	70,1 (3,2)	-5,7 (-17,2 a 5,8)	0,310
HF unitats normalitzades de l'interval RR (%)	35,5 (4,0)	29,8 (3,2)	5,7 (-5,8 a 17,2)	0,310
Relació LF/HF de l'interval RR	3,0 (7,4)	12,2 (6,0)	-9,2 (-30,1 a 11,6)	0,363
Sensibilitat baroreflexa en ascens (ms/mmHg)	13,5 (1,6)	15,7 (1,3)	-2,2 (-6,8-2,4)	0,321
Sensibilitat baroreflexa en descens (ms/mmHg)	12,6 (1,4)	14,2 (1,1)	-1,5 (-5,6 a 2,1)	0,427
Sensibilitat baroreflexa total (ms/mmHg)	13,2 (1,4)	14,7 (1,1)	-1,5 (-5,5 a 2,1)	0,442

ET: error típic.

\* p &lt; 0,05.

**Taula 4** Diferències en les variables hemodinàmiques, autònomes i sensibilitat baroreflexa entre futbolistes «potents» i «resistents» en la prova de pressió en fred, ajustades per edat, índex de massa corporal, percentatge de greix corporal i posició de joc

Variable	Prova de pressió en fred			
	Resistents (n = 13), mitjana ± ET	Potents (n = 9), mitjana ± ET	Diferència (IC 95%)	p
Freqüència cardíaca (batecs/min)	67,8 (2,7)	77,4 (2,2)	-9,6 (-17,5 a -1,5)	0,020*
Pressió arterial sistòlica (mmHg)	134,5 (3,7)	142,4 (3,0)	-7,9 (-18,8 a 3,0)	0,145
Pressió arterial diastòlica (mmHg)	90,2 (3,2)	97,6 (2,6)	-7,3 (-16,5 a 1,8)	0,110
Índex d'ejecció (ml/m <sup>2</sup> )	40,3 (1,3)	33,8 (1,0)	6,5 (2,7-10,3)	0,002*
Índex cardíac (l/[min·m <sup>2</sup> ])	2,7 (0,1)	2,5 (0,1)	0,1 (-0,1 a 0,4)	0,276
Índex de resistència perifèrica total (dyne·s·m <sup>2</sup> /cm <sup>5</sup> )	3.059 (129)	3.444 (105)	-385 (-760 a -10,5)	0,045*
Índex de contractilitat (1.000/s)	45,6 (2,0)	35,7 (1,6)	9,8 (3,8-15,9)	0,003*
Índex d'acceleració (100/s <sup>2</sup> )	68,9 (2,9)	53,0 (2,3)	15,8 (7,4-24,1)	0,001*
Índex de treball del ventricle esquerre (mmHg·l/min/m <sup>2</sup> )	3,9 (0,2)	3,9 (0,1)	0,02 (-0,6 a 0,6)	0,945
Índex del volum de final de diàstole (ml/m <sup>2</sup> )	71,8 (2,2)	60,5 (1,8)	11,3 (4,7-17,8)	0,002*
Contingut del líquid toràcic (1/kOhm)	49,7 (1,4)	47,0 (1,1)	2,6 (-1,5 a 6,7)	0,195
LF unitats normalitzades de l'interval RR (%)	71,5 (4,3)	74,6 (3,5)	-3,1 (-15,5 a 9,3)	0,605
HF unitats normalitzades de l'interval RR (%)	28,5 (4,3)	25,3 (3,5)	3,1 (-9,3 a 15,5)	0,605
Relació LF/HF de l'interval RR	3,3 (1,1)	4,6 (0,9)	-1,3 (-4,6 a 1,9)	0,391
Sensibilitat baroreflexa en ascens (ms/mmHg)	18,2 (2,1)	15,1 (1,9)	3,1 (-3,5 a 9,7)	0,335
Sensibilitat baroreflexa en descens (ms/mmHg)	14,1 (3,1)	17,7 (2,5)	-3,5 (-12,7 a 5,5)	0,416
Sensibilitat baroreflexa total (ms/mmHg)	15,6 (2,8)	17,8 (2,3)	-2,2 (-10,4 a 5,9)	0,572

ET: error típic.

\* p < 0,05.

tant això, estudis amb ecocardiografia Doppler han reportat una funció diastòlica millor del ventricle esquerre, durant l'exercici, en els esportistes de resistència aeròbica, comparats amb subjectes control no entrenats<sup>34,35</sup>. Igualment, Vinereanu<sup>36</sup> descriu que els esportistes de resistència aeròbica tenen una funció diastòlica millor, immediatament després de l'esforç, comparada amb la dels subjectes que practiquen aixecament de pesos.

En aquest estudi vam trobar que els futbolistes «resistents», quan són sotmesos a un estrès simpàtic, tenen una funció sistòlica i diastòlica millor, en comparar-los amb els futbolistes «potents», de manera similar al que succeeix durant l'exercici.

Les funcions diastòlica i sistòlica dels esportistes de potència no són diferents quan es comparen amb la població general, en repòs<sup>12,37</sup>. Durant un exercici de força a intensitat elevada s'ha descrit un increment de la freqüència cardíaca, volum batec i despesa cardíaca, però la resposta de la funció ventricular és similar en subjectes entrenats i no entrenats<sup>12,37</sup>.

També s'ha avaluat l'estructura i la funció sistòlica i diastòlica del ventricle esquerre de futbolistes, mitjançant ressonància magnètica cardíaca, l'ecocardiografia convencional i el Doppler de teixits. S'ha reportat que els futbolistes professionals presenten canvis morfològics en el ventricle esquerre i en l'aurícula esquerra, acompanyats d'una funció diastòlica del ventricle esquerre millor<sup>16,38-40</sup>.

Tanmateix, els resultats en relació a la funció sistòlica són controvertits<sup>38-39,41-44</sup>.

L'entrenament del futbol incorpora elements de resistència aeròbica, de força i de potència, per la qual cosa té característiques diferents de les dels esports basats únicament en la resistència aeròbica o en la força. L'entrenament de resistència aeròbica pur s'associa amb hipertròfia excèntrica amb dilatació de la cavitat ventricular, mentre que l'entrenament de la força a intensitat alta produeix hipertròfia concèntrica amb augment de la massa miocàrdica i de l'espessor de la paret ventricular<sup>14,45</sup>.

Un estudi que avaluà l'estructura cardíaca de futbolistes, mitjançant ressonància magnètica cardíaca, trobà canvis adaptatius miocàrdics amb característiques combinades de remodelació concèntrica i excèntrica, com la dilatació dels ventricles esquerre i dret, juntament amb un increment de l'espessor de la paret ventricular, i a més un augment del volum de fi de diàstole del ventricle esquerre en comparar-los amb subjectes control<sup>16</sup>.

Caselli et al.<sup>46</sup>, en un estudi realitzat amb 429 esportistes que participaven en disciplines d'habilitat, potència, resistència aeròbica o mixtes, trobaren que els esportistes de resistència aeròbica tenien major volum de fi de diàstole i de sistole del ventricle esquerre, un increment en l'espessor de la paret del ventricle esquerre, velocitat de flux sistòlic major i volum batec major, comparat amb els esportistes d'altres disciplines. Aquestes troballes corroboren els nos-

tres resultats, perquè els futbolistes classificats com a «resistents» enfront l'estrès ortostàtic presentaren un major índex d'ejecció, índex de contractilitat, índex d'acceleració i índex del volum de final de diàstole en comparació amb els «potents».

Els atletes de resistència aeròbica generalment presenten una bradicàrdia sinusal i una freqüència cardíaca menor i  $VO_2$  davant de càrregues submàximes<sup>47</sup>. Els futbolistes classificats en el nostre estudi com a «resistents» presentaren una freqüència cardíaca menor davant l'estímul simpàtic, la qual cosa podria ser explicada per un volum plasmàtic major<sup>48</sup>, un augment del to parasimpàtic<sup>49-50</sup> o una freqüència cardíaca intrínseca menor del nòdul sinusal<sup>51</sup>. S'han descrit també nivells d'adrenalina i noradrenalina plasmàtics més baixos a intensitats submàximes en esportistes<sup>13</sup>.

L'entrenament en esports de resistència aeròbica incrementa la sensibilitat baroreflexa dels esportistes, probablement a causa d'un canvi de la compliància arterial de l'arteria caròtida i per adaptacions de tipus neural en l'arc baroreflex<sup>52-53</sup>. Diferents estudis han mostrat que l'entrenament conjunt d'activitats de resistència aeròbica i de força, a llarg termini pot ocasionar com a resultat un increment de la sensibilitat baroreflexa<sup>54</sup>. El nostre estudi demostrà més sensibilitat baroreflexa en els futbolistes «potents» en repòs en comparar-los amb els «resistents». És possible que els jugadors «potents», quan realitzen accions de joc d'alta intensitat i curta durada en múltiples ocasions durant els entrenaments i competicions, tinguin adaptacions de tipus neural en l'arc baroreflex i això es tradueixi en una sensibilitat baroreflexa major en repòs.

Tot i que s'ha descrit la relació entre la sensibilitat baroreflexa, la recuperació de la freqüència cardíaca després d'un esforç i el  $VO_{2max}$ <sup>53,55</sup>, és possible que el tipus d'entrenament amb episodis d'alta intensitat i curta durada, com el que s'observa en alguns esports acíclics, tingui més influència en les adaptacions autònomes.

Alguns estudis han utilitzat la variabilitat de la freqüència cardíaca per avaluar el sistema nerviós autònom dels futbolistes<sup>56</sup>. S'ha reportat que els esportistes tenen un augment del to parasimpàtic i una disminució del to simpàtic avaluat pels components de l'alta freqüència i baixa freqüència de la variabilitat de la freqüència cardíaca, respectivament<sup>57</sup>. En el nostre estudi no vàrem trobar diferències en els components de la variabilitat de la freqüència cardíaca entre els futbolistes estudiats.

La nostra recerca té algunes limitacions inherents als estudis transversals, pel fet de no poder establir una relació causal. A més, el volum de la mostra és petit, per la qual cosa és possible que no permeti demostrar diferències en algunes variables, cosa que correspon a un error tipus II. Tampoc es féu un mètode d'imatge com l'ecocardiografia i Doppler de teixits, cosa que hauria pogut complementar els nostres resultats.

Tanmateix, aquesta recerca té alguns punts forts, com ara el fet d'haver aconseguit la classificació metabòlica dels futbolistes a partir de proves físiques amb una anàlisi de classes latents, que és un mètode innovador amb aplicació pràctica en la selecció de talents i en la planificació de l'entrenament i l'esquema tàctic de joc.

El nostre estudi també planteja un canvi de paradigma en la forma d'estudiar les adaptacions fisiològiques a

l'entrenament en el futbol i en altres esports. Tot i que s'havien descrit algunes troballes de l'estructura i funció del sistema cardiovascular segons la posició de joc en els esports d'equip, no havia estat reportat per cap recerca que valorés els resultats dels tests físics.

Les nostres troballes tenen unes altres implicacions, com la necessitat de continuar l'estudi de les adaptacions fisiològiques a l'entrenament del sistema cardiovascular i del «cor d'atleta» en els esports d'equip, segons les característiques metabòliques. Caldria incloure no sols l'avaluació en repòs sinó també la resposta hemodinàmica i autònoma a l'exercici incremental. Tot i que hi ha limitacions per part dels equips per adquirir senyals no invasius durant l'exercici, actualment els avenços tecnològics han permès la incorporació de la cardiografia d'impedància i la valoració de la variabilitat de la freqüència cardíaca i la pressió arterial batec a batec, durant l'ergoespirometria incremental.

La utilització de metodologies per a l'avaluació hemodinàmica i autònoma en repòs i durant l'activitat física podria complementar l'estudi del funcionament del sistema cardiovascular dels esportistes, augmentar el coneixement sobre les adaptacions producte de l'entrenament, contribuir a la planificació de l'entrenament amb la finalitat de conèixer la resposta i la recuperació davant les càrregues de treball físic, ajudar la predicció del resultat esportiu, caracteritzar perfils fisiològics cardiovasculars en esports individuals i d'equip, i contribuir a la prevenció de la síndrome de sobreentrenament.

## Conclusions

Els jugadors de futbol professional «resistents» tenen una funció ventricular esquerra més efectiva (sistòlica i diastòlica) i millor modulació autònoma que els «potents», durant una estimulació simpàtica, cosa que indica que entre els futbolistes professionals hi ha diferències hemodinàmiques i autònomes relacionades possiblement amb les característiques metabòliques de l'individu, factors genètics i el tipus d'entrenament practicat.

## Finançament

Aquesta recerca fou realitzada amb recursos de la *Corporación Deportiva Independiente Medellín*, el postgrau de *Medicina Aplicada a la Actividad Física y al Deporte de la Universidad de Antioquia* i el *Centro Clínico y de Investigación SICOR*, Medellín, Colòmbia.

## Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

## Agraïments

Els autors agraeixen el cos mèdic de la *Corporación Deportiva Independiente Medellín*, els residents i docents del post-



grau en *Medicina Aplicada a la Actividad Física y al Deporte de la Universidad de Antioquia* i el personal del *Centro Clínico y de Investigación SICOR* la col·laboració prestada durant la realització d'aquest estudi.

## Bibliografia

- Pavlik G, Major Z, Varga-Pinter B, Jeserich M, Kneffel Z. The athlete's heart Part I (Review). *Acta Physiol Hung.* 2010;97:337-53.
- Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: Scientific and clinical update. *Circulation.* 2011;123:2723-35.
- Crouse SF, Meade T, Hansen BE, Green JS, Martin SE. Electrocardiograms of collegiate football athletes. *Clin Cardiol.* 2009;32:37-42.
- Somauroo JD, Pyatt JR, Jackson M, Perry RA, Ramsdale DR. An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: Reference ranges for use in screening. *Heart.* 2001;85:649-54.
- Carlsson L, Lind B, Laaksonen MS, Berglund B, Brodin LA, Holmberg HC. Enhanced systolic myocardial function in elite endurance athletes during combined arm-and-leg exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:905-13.
- Koyama K, Inoue T, Hasegawa A, Oriuchi N, Okamoto E, Tomaru Y, et al. Alternating myocardial sympathetic neural function of athlete's heart in professional cycle racers examined with iodine-123-MIBG myocardial scintigraphy. *Ann Nucl Med.* 2001;15:307-12.
- Flueck M, Eilers W. Training modalities: Impact on endurance capacity. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2010;39:183-200, xi.
- Sztajzel J, Jung M, Sievert K, Bayes de Luna A. Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008;48:495-501.
- Tobina T, Michishita R, Yamasawa F, Zhang B, Sasaki H, Tanaka H, et al. Association between the angiotensin I-converting enzyme gene insertion/deletion polymorphism and endurance running speed in Japanese runners. *J Physiol Sci.* 2010;60:325-30.
- Tsianos GI, Evangelou E, Boot A, Zillikens MC, van Meurs JB, Uitterlinden AG, et al. Associations of polymorphisms of eight muscle- or metabolism-related genes with performance in Mount Olympus marathon runners. *J Appl Physiol.* 2010;108:567-74.
- Fagard RH. Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin.* 1997;15:397-412.
- Longhurst JC, Stebbins CL. The power athlete. *Cardiol Clin.* 1997;15:413-29.
- Charlton GA, Crawford MH. Physiologic consequences of training. *Cardiol Clin.* 1997;15:345-54.
- Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation.* 2000;101:336-44.
- Tumilty D. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med.* 1993;16:80-96.
- Scharf M, Brem MH, Wilhelm M, Schoepf UJ, Uder M, Lell MM. Cardiac magnetic resonance assessment of left and right ventricular morphologic and functional adaptations in professional soccer players. *Am Heart J.* 2010;159:911-8.
- Bonaiuto M, di Mauro D, Speciale F, Pagano F, Buda D, Vita G, et al. Evaluation of heart rate recovery in relation to playing position in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2012;52:583-8.
- Frederiks J, Swenne CA, Bruschke AV, van der Velde ET, Maan AC, tenVoorde BJ, et al. Correlated neurocardiologic and fitness changes in athletes interrupting training. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:571-5.
- Ifuku H, Moriyama K, Arai K, Shiraishi-Hichiwa Y. Regulation of cardiac function during a cold pressor test in athletes and untrained subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101:75-9.
- Carter JEL, Yuhasz MS. Skinfolts and body composition of Olympic athletes. En: Carter JEL, editor. *Physical Structure of the Olympic Athlete. Part II: Kinanthropometry of Olympic Athletes.* Basel: Karger; 1984. p. 107-16.
- Schuklenk U. Helsinki Declaration revisions. *Issues Med Ethics.* 2001;9:29.
- Komi PV, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports.* 1978;10:261-5.
- Hopker J, Coleman D, Wiles J, Galbraith A. Familiarisation and reliability of sprint test indices during laboratory and field assessment. *J Sports Sci Med.* 2009;8:528-32.
- Valbuena L, Díaz D, Cardona O, Pérez J. Correlación entre la ergoespirometría y la prueba de los 2000 metros. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva.* 2000;3:17-20.
- Balke B. A simple field test for the assessment of physical fitness. *Rep 63-6. Rep Civ Aeromed Res Inst US.* 1963:1-8.
- Parati G, Ongaro G, Bilo G, Glavina F, Castiglioni P, di Rienzo M, et al. Non-invasive beat-to-beat blood pressure monitoring: New developments. *Blood Press Monit.* 2003;8:31-6.
- Bogaard HJ, Woltjer HH, Postmus PE, de Vries PM. Assessment of the haemodynamic response to exercise by means of electrical impedance cardiography: Method, validation and clinical applications. *Physiol Meas.* 1997;18:95-105.
- Kitzler TM, Sergejeva O, Morris A, Skrabal F, Kotanko P, Levin NW. Noninvasive measurement of cardiac output in hemodialysis patients by task force monitor: A comparison with the Transonic System. *ASAIO J.* 2007;53:561-5.
- Heinroth KM, Elster M, Nuding S, Schlegel F, Christoph A, Carter J, et al. Impedance cardiography: A useful and reliable tool in optimization of cardiac resynchronization devices. *Europace.* 2007;9:744-50.
- Magidson J, Vermunt J. Latent class models for clustering: A comparison with K-means. *Canadian Journal of Marketing Research.* 2002;20:36-46.
- Vermunt J, Magidson J, editors. *Latent GOLD 4.0® User's Guide.* Belmont: Statistical Innovations Inc.; 2005.
- Mitchell JH, Haskell W, Snell P, van Camp SP. Task Force 8: Classification of sports. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:1364-7.
- Fagard RH. Athlete's heart: A meta-analysis of the echocardiographic experience. *Int J Sports Med.* 1996;17 Suppl 3:S140-4.
- Gledhill N, Cox D, Jamnik R. Endurance athletes' stroke volume does not plateau: Major advantage is diastolic function. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26:1116-21.
- Libonati JR. Myocardial diastolic function and exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1741-7.
- Vinereanu D, Florescu N, Sculthorpe N, Tweddel AC, Stephens MR, Fraser AG. Left ventricular long-axis diastolic function is augmented in the hearts of endurance-trained compared with strength-trained athletes. *Clin Sci (Lond).* 2002;103:249-57.
- Pearson AC, Schiff M, Mrosek D, Labovitz AJ, Williams GA. Left ventricular diastolic function in weight lifters. *Am J Cardiol.* 1986;58:1254-9.
- Tumuklu MM, Ildizli M, Ceyhan K, Cinar CS. Alterations in left ventricular structure and diastolic function in professional football players: Assessment by tissue Doppler imaging and left ventricular flow propagation velocity. *Echocardiography.* 2007;24:140-8.
- Tumuklu MM, Etikan I, Cinar CS. Left ventricular function in professional football players evaluated by tissue Doppler imaging and strain imaging. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2008;24:25-35.

40. D'Ascenzi F, Cameli M, Zaca V, Lisi M, Santoro A, Causarano A, et al. Supernormal diastolic function and role of left atrial myocardial deformation analysis by 2D speckle tracking echocardiography in elite soccer players. *Echocardiography*. 2011; 28:320-6.
41. Zocalo Y, Bia D, Armentano RL, Arias L, Lopez C, Etchart C, et al. Assessment of training-dependent changes in the left ventricle torsion dynamics of professional soccer players using speckle-tracking echocardiography. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2007;270:9-2712.
42. Pela G, Bruschi G, Montagna L, Manara M, Manca C. Left and right ventricular adaptation assessed by Doppler tissue echocardiography in athletes. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17: 205-11.
43. King G, Almontaser I, Murphy RT, la Gerche A, Mahoney N, Bennet K, et al. Reduced right ventricular myocardial strain in the elite athlete may not be a consequence of myocardial damage. "Cream masquerades as skimmed milk". *Echocardiography*. 2013;30:929-35.
44. Moro AS, Okoshi MP, Padovani CR, Okoshi K. Doppler echocardiography in athletes from different sports. *Med Sci Monit*. 2013;19:187-93.
45. Maron BJ, Pelliccia A. The heart of trained athletes: Cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation*. 2006;114:1633-44.
46. Caselli S, di Pietro R, di Paolo FM, Picicchio C, di Giacinto B, Guerra E, et al. Left ventricular systolic performance is improved in elite athletes. *Eur J Echocardiogr*. 2011;12:514-9.
47. Blomqvist CG, Saltin B. Cardiovascular adaptations to physical training. *Annu Rev Physiol*. 1983;45:169-89.
48. Fellmann N. Hormonal and plasma volume alterations following endurance exercise. A brief review. *Sports Med*. 1992;13:37-49.
49. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013;43:773-81.
50. Lee CM, Wood RH, Welsch MA. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:961-9.
51. Katona PG, McLean M, Dighton DH, Guz A. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982;52:1652-7.
52. Monahan KD, Tanaka H, Dinunno FA, Seals DR. Central arterial compliance is associated with age- and habitual exercise-related differences in cardiovascular baroreflex sensitivity. *Circulation*. 2001;104:1627-32.
53. Komine H, Sugawara J, Hayashi K, Yoshizawa M, Yokoi T. Regular endurance exercise in young men increases arterial baroreflex sensitivity through neural alteration of baroreflex arc. *J Appl Physiol*. 2009;106:1499-505.
54. Cook JN, deVan AE, Schleifer JL, Anton MM, Cortez-Cooper MY, Tanaka H. Arterial compliance of rowers: Implications for combined aerobic and strength training on arterial elasticity. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2006;290:H1596-600.
55. Vicente-Campos D, Lopez AM, Nunez MJ, Chicharro JL. Heart rate recovery normality data recorded in response to a maximal exercise test in physically active men. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:1123-8.
56. Bricout VA, Dechenaud S, Favre-Juvin A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Auton Neurosci*. 2009;154:112-6.
57. Leicht AS, Allen GD, Hoey AJ. Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:898-909.