

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Diferencias en la respuesta hemodinámica y autonómica al estrés simpático entre futbolistas profesionales potentes y resistentes: un estudio transversal<sup>☆</sup>



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> y José Dagnovar Aristizabal Ocampo<sup>c,e</sup>

<sup>a</sup> Docente, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

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

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

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

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

Recibido el 21 de abril de 2014; aceptado el 27 de junio de 2014

Disponible en Internet el 18 de septiembre de 2014

### PALABRAS CLAVE

Deporte;  
Fútbol;  
Sistema nervioso autónomo;  
Cardiografía de impedancia;  
Corazón del atleta

### Resumen

**Introducción:** Aunque se conocen las adaptaciones funcionales y estructurales cardíacas en los deportistas de potencia y resistencia aeróbica, se desconoce si existen diferencias cardiovasculares entre los futbolistas según sus características metabólicas.

**Objetivo:** Comparar la respuesta hemodinámica y autonómica a la estimulación simpática entre jugadores profesionales de fútbol «potentes» y «resistentes».

**Materiales y métodos:** Usando pruebas de campo, los jugadores fueron clasificados como «potentes» o «resistentes» mediante el análisis de clases latentes. Posteriormente, sus variables hemodinámicas y de respuesta del sistema nervioso autónomo fueron medidas simultáneamente (Task Force<sup>®</sup> Monitor, CNSystems, Austria) en un protocolo en posición decúbito, inclinación a 70° y con prueba presora de frío.

<sup>☆</sup> Trabajo presentado en el XXIV Congreso Panamericano de Medicina del Deporte, Guadalajara, México, 2011. Recibió el premio al mejor trabajo de investigación entre todos los presentados en el marco del Congreso.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [jagallo2000@yahoo.com](mailto:jagallo2000@yahoo.com) (J.A. Gallo Villegas).

**KEYWORDS**

Sports;  
 Soccer;  
 Autonomic nervous  
 system;  
 Impedance  
 cardiography;  
 Athlete's heart

**Resultados:** Se incluyeron 22 individuos: 9 clasificados como «potentes» y los demás como «resistentes». A 70° de inclinación, los jugadores «resistentes» mostraron una menor frecuencia cardíaca (68,3 vs 76,3 latidos/min; diferencia -8,0; IC 95%, -14,5 a -1,5;  $p < 0,05$ ), menor presión arterial diastólica (84,9 vs 91,0 mmHg; diferencia -6,5; IC 95%, -12,4 a -1,5;  $p < 0,05$ ), además de un mayor índice de eyección (41,1 vs 34,5 ml·m<sup>2</sup>; diferencia 6,6; IC 95%, 2,0 a 11,2;  $p < 0,05$ ), un mayor índice de contractilidad (47,5 vs 36,8 [1.000/s]; diferencia 10,7; IC 95%, 2,7 a 18,7;  $p < 0,05$ ) y un mayor índice de volumen de final de diástole (73,4 vs 62,2 ml·m<sup>2</sup>; diferencia 11,1; IC 95%, 2,4 a 19,8;  $p < 0,05$ ). En la prueba presora de frío se obtuvieron resultados similares.

**Conclusiones:** Los jugadores de fútbol profesional «resistentes» tienen una función ventricular izquierda más efectiva (sistólica y diastólica) y mejor modulación autonómica que los «potentes» durante una estimulación simpática.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

---

### 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.

---

**Introducción**

El entrenamiento físico regular genera cambios hemodinámicos, vasculares, endocrinos y en el sistema nervioso autónomo<sup>1,2</sup>. Los deportistas de alto rendimiento tienen bradicardia sinusal<sup>3,4</sup>, mejor función ventricular izquierda tanto sistólica como diastólica<sup>1,5</sup>, incremento de la red vascular coronaria<sup>1</sup> y menor actividad simpática<sup>6</sup>, incluso ante una estimulación con estrés ortostático, cuando se compara con sujetos sanos no deportistas. Sin embargo, la naturaleza y la magnitud de estos cambios en la fisiología corporal están relacionadas con la intensidad y el volumen

del entrenamiento, el tipo de deporte que se practica<sup>7,8</sup> (individual o de conjunto) y las características genéticas<sup>9,10</sup> de cada deportista.

En base a las adaptaciones aeróbicas y anaeróbicas que se presentan producto del entrenamiento físico, los deportes pueden ser clasificados como de potencia, de resistencia aeróbica y combinados. El efecto de estos tipos de deporte sobre el volumen de las cavidades y el espesor de la pared ventricular, además de sobre la función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo, ha sido descrito en el «corazón del atleta»<sup>11,12</sup>. Los estudios han demostrado que existen diferencias en las adaptaciones, tanto morfológicas como

funcionales, entre los individuos que practican deportes de potencia, resistencia aeróbica, y los clasificados como combinados<sup>11,13,14</sup>.

Los deportes de conjunto, como el fútbol, implican acciones con diferentes demandas metabólicas (anaeróbicas y aeróbicas) dependiendo principalmente de la posición en el campo de juego y de la función que desempeña el jugador dentro del esquema táctico planteado por el entrenador. Teniendo en cuenta las características genéticas y adaptaciones metabólicas y fisiológicas producto del entrenamiento, los jugadores de fútbol pueden ser clasificados como predominantemente «potentes» y «resistentes»<sup>15</sup>.

Diferentes estudios han evaluado las adaptaciones estructurales y funcionales cardíacas en reposo entre los jugadores de fútbol según la posición de juego por medio de la resonancia magnética nuclear y otras técnicas, pero los resultados son inconsistentes<sup>16,17</sup>. No se han reportado diferencias en parámetros funcionales en reposo, como la frecuencia cardíaca, la fracción de eyección y el índice cardíaco entre los jugadores según su posición de juego<sup>16,17</sup>. Es posible que las adaptaciones del sistema cardiovascular (hemodinámicas y autonómicas) de los futbolistas dependan fundamentalmente de las características metabólicas y genéticas individuales y de los cambios fisiológicos producto del entrenamiento más allá de la posición de juego en la cual se ubican.

Aunque actualmente existen métodos no invasivos para estudiar el sistema cardiovascular durante la actividad física, aún presentan limitaciones en la adquisición de las señales. Algunas maniobras, como el estrés ortostático, la prueba presora de frío y el *handgrip*, entre otras, han sido utilizadas para estimular el sistema nervioso simpático y han permitido la evaluación del funcionamiento del sistema cardiovascular con métodos no invasivos<sup>18,19</sup>. Un estímulo simpático puede generar respuestas agudas del sistema cardiovascular y desenmascarar cambios hemodinámicos y autonómicos que no son observados en reposo. Es de esperar que los futbolistas «potentes» y «resistentes» presenten diferencias adaptativas en el sistema cardiovascular. Por tal razón, pretender comparar la estructura y la función cardíaca en reposo según la posición de juego sin tener en cuenta aspectos genéticos, metabólicos y fisiológicos individuales es inadecuado. Actualmente no hay estudios en jugadores de fútbol profesional que hayan descrito las características hemodinámicas y autonómicas durante la actividad física según las adaptaciones físicas.

El objetivo del presente estudio fue comparar la respuesta hemodinámica y autonómica ante la estimulación del sistema nervioso autónomo simpático entre futbolistas profesionales según la condición física.

## Materiales y métodos

Se hizo un estudio transversal que incluyó 22 futbolistas profesionales de la Corporación Deportiva Independiente Medellín, perteneciente a la primera división en la liga colombiana, en Medellín, Colombia, a los cuales se realizó una historia clínica, un examen físico, una antropometría, unas pruebas físicas de campo y la evaluación del estado hemodinámico, autonómico y de la sensibilidad

barorrefleja al inicio de la temporada del segundo semestre de 2010.

La evaluación antropométrica incluyó la medición del peso por medio de una báscula digital calibrada marca Beurer Living® y registrado en kilogramos hasta una décima; la estatura fue medida por métodos estandarizados. El índice de masa corporal (IMC) se calculó con la fórmula de peso/estatura<sup>2</sup>, y el porcentaje de grasa corporal fue estimado mediante pliegues de grasa subcutáneos<sup>20</sup>.

De cada individuo que participó en esta investigación se obtuvo el consentimiento informado. Se promulgó el respeto, la justicia y la beneficencia a las personas de acuerdo con las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud del Ministerio de la Protección Social de Colombia en la Resolución 008430 de 1993. Además, se tuvieron en cuenta los principios de la declaración de Helsinki en su última revisión<sup>21</sup>.

## Participantes

Se incluyeron los sujetos inscritos en la plantilla del equipo profesional y que tuvieran una edad igual o superior a 18 años. Se excluyeron los deportistas con lesión osteomuscular, con antecedente personal de enfermedad cardiovascular, enfermedad crónica o que tomaran algún medicamento con efecto sobre el sistema cardiovascular. Los futbolistas recibieron instrucciones con el fin de evitar el consumo de tabaco, licor o sustancias alucinógenas por lo menos 72 h antes de la evaluación clínica; además, no realizaron actividad física 24 h antes de la valoración hemodinámica y autonómica. Al momento de la evaluación los futbolistas se encontraban en la fase inicial de la pretemporada, y no presentaban signos ni síntomas sugestivos de síndrome de sobreentrenamiento.

## Evaluación de la condición física

La potencia anaeróbica fue evaluada a partir de pruebas de laboratorio con saltos como el *squat jump* (SJ), el *counter-movement jump* (CMJ) y el salto libre, teniendo en cuenta los protocolos anteriormente descritos<sup>22</sup>. También se valoró la velocidad en 20 m lanzada y detenida utilizando metodologías validadas<sup>23</sup>.

La potencia aeróbica fue evaluada con el test de campo indirecto de los 2.000 m, en el cual se instruyó previamente a cada deportista para que realizara un recorrido de 2.000 m (1,24 millas) a la mayor velocidad posible, en una pista atlética de forma elíptica. El tiempo empleado para recorrer dicha distancia fue medido con un cronómetro digital y posteriormente se calculó el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) máximo, como ha sido descrito previamente<sup>24,25</sup>.

## Evaluación hemodinámica y autonómica

Se realizó por medio del equipo Task Force® Monitor (CNSystems; Graz, Austria), luego de un ayuno de 8 h, en un ambiente a 20°C, sin distractores visuales ni auditivos. El deportista fue ubicado en una mesa basculante, en donde se hizo el registro continuo latido a latido de la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la frecuencia respiratoria

y los cambios en la resistencia del tórax en el ciclo cardíaco (cardioimpedancia) luego de un período de reposo de 5 min, durante 7 min en la posición decúbito supino, durante 7 min en la posición a 70° de inclinación, durante 1 min al sumergir la mano derecha en un recipiente con agua fría a una temperatura de 4 °C y finalmente durante 3 min de nuevo en la posición decúbito supino (fase de recuperación).

La frecuencia cardíaca fue medida por medio de la electrocardiografía con un equipo integrado de alta fidelidad, y la presión arterial se obtuvo en forma no invasiva y continua por medio de un sensor para el dedo índice o anular empleando la técnica de *vascular unloading*<sup>26</sup>. El volumen latido se obtuvo a partir de 3 electrodos tipo banda (referencia 1616, CNSystems; Graz, Austria), uno en la parte posterior del cuello y otros 2 a ambos costados por debajo de la caja torácica para la obtención de la curva de impedancia<sup>27</sup>. A partir de las mediciones descritas se estimaron las variables hemodinámicas (gasto cardíaco, resistencia vascular sistémica, índice de contractilidad, índice de aceleración, índice de trabajo del ventrículo izquierdo, volumen de final de diástole, contenido del líquido torácico), autonómicas (el componente de baja frecuencia LF del espectro de la variabilidad de presión arterial, el componente de alta frecuencia HF del espectro de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la relación LF/HF) y de sensibilidad barorrefleja con el método de la pendiente (en ascenso, descenso y total) las cuales fueron indexadas respecto al área de superficie corporal.

El equipo utilizado fue validado con anterioridad y demostró buena precisión para la medición de parámetros hemodinámicos cuando se comparó con otras técnicas *gold standard*<sup>28,29</sup>.

Los registros de cada deportista individual fueron transportados en tiempo real a una computadora portátil basada en Windows, sobre la cual se obtuvieron los datos para su posterior análisis con el software para TFM versión 2.2.22.2 (CNSystems; Graz, Austria) y finalmente se exportaron en un archivo de Microsoft Office Excel 2007 para su revisión. Al ser un sistema cerrado, se utilizaron las ecuaciones definidas de fábrica por la casa manufacturadora, así como la topografía para la colocación de los electrodos recomendada por la misma<sup>27</sup>.

## Análisis estadístico

La descripción de las variables cualitativas nominales se realizó por medio de frecuencias y proporciones. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar si la distribución de las variables cuantitativas, en toda la muestra y en los diferentes subgrupos, provenía de una población con distribución normal. Se realizó la descripción de las variables clínicas, antropométricas, físicas y relacionadas con el entrenamiento de los deportistas, en toda la muestra y según las características fisiológicas.

Para la clasificación de los futbolistas incluidos en el estudio, según las características fisiológicas («potentes» y «resistentes»), se realizó un análisis de clases latentes (ACL)<sup>30</sup> con el programa Latent Gold 3.0.01<sup>31</sup>. Para determinar el número óptimo de clases latentes se estimó desde el modelo de una clase (clúster) hasta el de 10 clases. Para cada modelo se calcularon los índices de bondad de ajuste,

que permitieron determinar el modelo con  $n$  clases que más se ajustó al comportamiento de la matriz de datos. Estos índices fueron el «criterio de información de Akaike» (AIC) y el criterio de información Bayesiano (BIC). La regla que se usó para la selección del modelo fue la de elegir aquel que tuviese el menor valor de estos índices<sup>30</sup>. Las variables fisiológicas incluidas fueron los resultados de los test de campo ( $VO_2$  máximo, velocidad y salto). Se encontró un modelo con 2 subgrupos que permitió clasificar los individuos como «potentes» y «resistentes». Se calculó la proporción de individuos clasificados como «potentes» y «resistentes». Para determinar si existían diferencias entre los deportistas «potentes» y «resistentes», en las diferentes variables hemodinámicas, autonómicas y de la sensibilidad barorrefleja, en decúbito supino, a 70° de inclinación y en la prueba presora de frío, se utilizó la prueba t de Student o la U de Mann Whitney, dependiendo del tipo de distribución de dichas variables.

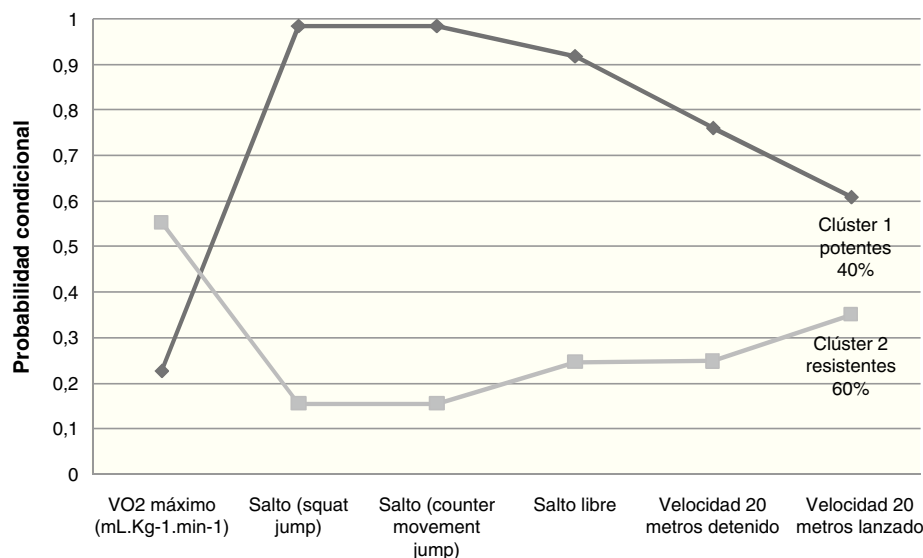
Se hizo un análisis de covarianza (ANCOVA) para ajustar las diferencias en las variables hemodinámicas, autonómicas y de la sensibilidad barorrefleja, en las 3 condiciones descritas, entre los futbolistas clasificados como «potentes» y «resistentes», por edad, índice de masa corporal, adiposidad y posición de juego. Se estimaron las medias y las diferencias de medias ajustadas entre los grupos; además, se presentaron los intervalos de confianza al 95%. Para todos los análisis se utilizó un nivel de significación estadística  $\alpha = 0,05$  y se usó el software IBM SPSS Statistics, versión 20.0.

## Resultados

Se incluyeron 22 jugadores; 13 individuos (60%) pertenecían a la categoría de jugadores «resistentes», mientras que los 9 (40%) restantes equivalían a jugadores «potentes». En la figura 1 se muestran los resultados del análisis de clases latentes, en donde se observa la probabilidad de pertenecer a uno u otro grupo de jugadores según el desempeño en cada una de las pruebas físicas realizadas. Entre los participantes se encontró un promedio de edad de  $24,8 \pm 4,0$  años, de IMC de  $24,7 \pm 1,5$  kg/m<sup>2</sup> y de porcentaje de grasa corporal de  $11,7 \pm 1,8$ %.

No se encontraron diferencias en las características demográficas y antropométricas entre ambos grupos (tabla 1). En la posición decúbito supino no se observaron diferencias en las variables hemodinámicas (tabla 2). En esta misma posición los jugadores «resistentes» presentaron valores más bajos en la sensibilidad barorrefleja total que los «potentes»: 18,3 vs 34,5 ms/mmHg (diferencia -16,2; IC 95%, -29,7 a -2,7) (tabla 2).

En la posición a 70° de inclinación, los jugadores «resistentes» tuvieron una menor frecuencia cardíaca: 68,3 vs 76,3 latidos/min (diferencia -8,0; IC 95%, -14,5 a -1,5;  $p < 0,05$ ), menor presión arterial diastólica: 84,9 vs 91 mmHg (diferencia -6,5; IC 95%, -12,4 a -1,5;  $p < 0,05$ ), mayor índice de eyección: 41,1 vs 34,5 ml·m<sup>2</sup> (diferencia 6,6; IC 95%, 2,0-11,2;  $p < 0,05$ ). Además, se encontró que los jugadores «resistentes» tuvieron mayor índice de contractilidad: 47,5 vs 36,8 (1.000/s) (diferencia 10,7; IC 95%, 2,7-18,7;  $p < 0,05$ ), un mayor índice de aceleración: 67,2 vs 53,4 (100/s<sup>2</sup>) (diferencia 13,8; IC 95%, 1,9-24,9;  $p < 0,05$ ) y un mayor índice de volumen de final de diástole: 73,4 vs



**Figura 1** Perfil de los 2 clústers del análisis de clases latentes de los test físicos en los futbolistas incluidos en el estudio.

62,2 ml·m<sup>2</sup> (diferencia 11,1; IC 95%, 2,4-19,8; p < 0,05). En esta misma posición no se observaron diferencias en los componentes de la variabilidad de la frecuencia cardíaca ni en la sensibilidad barorrefleja (tabla 3).

Durante la prueba presora de frío, los jugadores «resistentes» tuvieron una menor frecuencia cardíaca: 67,8 vs 77,4 latidos/min (diferencia -9,6; IC 95%, -17,5 a -1,5; p < 0,05), mayor índice de eyección: 40,3 vs 33,8 ml·m<sup>2</sup> (diferencia 6,5; IC 95%, 2,7-10,3; p < 0,05), menor índice de resistencia vascular periférica: 3.059 vs 3.444 (dyne·s·m<sup>2</sup>/cm<sup>5</sup>) (diferencia -385; IC 95%, -760 a -10,5; p < 0,05), mayor índice de contractilidad: 45,6 vs 35,7 (1.000/s) (diferencia 9,8; IC 95%, 3,8 a 15,9; p < 0,05), mayor índice de aceleración: 68,9 vs 53,0 (100/s<sup>2</sup>) (diferencia 15,8; IC 95%, 7,4-24,1; p < 0,05) y un mayor índice de volumen de final de diástole: 71,8 vs 60,5 ml·m<sup>2</sup> (diferencia 11,3; IC 95%, 4,7-17,8; p < 0,05). En esta fase del protocolo tampoco se observaron diferencias en los componentes de la

variabilidad de la frecuencia cardíaca y en la sensibilidad barorrefleja (tabla 4).

## Discusión

Los jugadores «resistentes» presentaron una menor frecuencia cardíaca y mayores índices de eficiencia ventricular izquierda (sistólica y diastólica) que los jugadores «potentes» durante un estímulo simpático. Para el conocimiento de los autores este es el primer estudio que compara la respuesta hemodinámica y autonómica ante un estímulo simpático entre futbolistas, según las características metabólicas.

Las respuestas fisiológicas al ejercicio son diferentes de acuerdo al tipo de deporte que se practica. Los deportistas de resistencia aeróbica experimentan largos periodos de actividad física de intensidad moderada con un aumento del

**Tabla 1** Descripción demográfica, antropométrica y física de los futbolistas incluidos en el estudio

| Variable   | Resistentes (n = 13), media ± DE | Potentes (n = 9), media ± DE | Diferencia (IC 95%)  | p      |
|--|----------------------------------|------------------------------|----------------------|--------|
| Edad (años)  | 25,8 (4,3)                       | 24,1 (3,8)                   | 1,7 (-1,9 a 5,4)     | 0,337  |
| Peso (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  |
| Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )                     | 24,4 (1,1)                       | 24,9 (1,7)                   | -0,7 (-2,0 a 0,6)    | 0,306  |
| Porcentaje de grasa (%)  | 12,0 (1,2)                       | 11,6 (2,2)                   | 0,4 (-1,3 a 2,1)     | 0,624  |
| VO <sub>2</sub> máximo (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  |
| Salto ( <i>Squat Jump</i> ) (cm)                                 | 51,8 (2,2)                       | 58,4 (4,0)                   | -6,5 (-9,8 a -3,3)   | 0,001* |
| Salto ( <i>Counter Movement Jump</i> ) (cm)                      | 52,6 (2,5)                       | 60,8 (4,4)                   | -8,1 (-11,7 a -4,5)  | 0,001* |
| Salto libre (cm)   | 61,7 (3,8)                       | 71,3 (6,0)                   | -9,5 (-14,5 a -4,5)  | 0,001* |
| Velocidad 20 m detenido (m/s)                                    | 6,31 (0,2)                       | 6,63 (0,2)                   | 0,31 (0,09-0,54)     | 0,008* |
| Velocidad 20 m lanzado (m/s)                                     | 8,32 (0,5)                       | 8,63 (0,4)                   | 0,31 (-0,08-0,70)    | 0,115  |

VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno.

\* p < 0,05.



**Tabla 2** Diferencias en las variables hemodinámicas, autonómicas y la sensibilidad barorrefleja, entre los futbolistas «potentes» y «resistentes» en decúbito, ajustadas por edad, índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal y posición de juego

| Variable   | Decúbito                               |                                    |                        |        |
|--|--|------------------------------------|------------------------|--------|
|  | Resistentes<br>(n = 13),<br>media ± ET | Potentes<br>(n = 9),<br>media ± ET | Diferencia<br>(IC 95%) | p      |
| Frecuencia cardíaca (latidos/min)  | 54,3 (2,3)                             | 59,0 (1,9)                         | -4,7 (-11,5 a 2,1)     | 0,166  |
| Presión arterial sistólica (mmHg)  | 118,2 (2,6)                            | 122,3 (2,1)                        | -3,8 (-11,6 a 3,8)     | 0,306  |
| Presión arterial diastólica (mmHg)   | 72,4 (2,1)                             | 77,9 (1,7)                         | -5,4 (-11,7 a 0,8)     | 0,086  |
| Índice de eyección (ml/m <sup>2</sup> )  | 54,9 (4,3)                             | 49,3 (3,5)                         | 5,6 (-6,7 a 18,1)      | 0,348  |
| Índice cardíaco (l/(min·m <sup>2</sup> ))  | 2,96 (0,6)                             | 2,91 (0,7)                         | 0,04 (-0,7-0,8)        | 0,914  |
| Índice de resistencia periférica total (dyne·s·m <sup>2</sup> /cm <sup>5</sup> ) | 2.384 (680)                            | 2.591 (633)                        | -206 (-892 a 478)      | 0,531  |
| Índice de contractilidad (1.000/s)   | 62,3 (6,2)                             | 55,3 (5,0)                         | 7,0 (-10,9-24,9)       | 0,420  |
| Índice de aceleración (100/s <sup>2</sup> )                                      | 85,6 (7,9)                             | 75,5 (6,4)                         | 10,1 (-12,8 a 33,0)    | 0,363  |
| Índice de trabajo del ventrículo izquierdo (mmHg·l/min/m <sup>2</sup> )          | 3,4 (0,3)                              | 3,5 (0,2)                          | -0,1 (-1,0 a 8,7)      | 0,817  |
| Índice del volumen de final de diástole (ml/m <sup>2</sup> )                     | 89,1 (6,5)                             | 81,6 (5,1)                         | 7,4 (-11,2 a 25,8)     | 0,406  |
| Contenido del líquido torácico (1/kOhm)  | 51,7 (1,4)                             | 49,6 (1,1)                         | 2,0 (-2,0 a 6,2)       | 0,306  |
| LF unidades normalizadas del intervalo RR (%)                                    | 37,5 (4,3)                             | 46,3 (3,5)                         | -8,8 (-21,3 a 3,6)     | 0,154  |
| HF unidades normalizadas del intervalo RR (%)                                    | 62,5 (4,3)                             | 53,6 (3,5)                         | 8,8 (-3,6 a 21,3)      | 0,154  |
| Relación LF/HF del intervalo RR  | 0,67 (0,1)                             | 1,0 (0,1)                          | -0,3 (-0,8 a 0,1)      | 0,154  |
| Sensibilidad barorrefleja en ascenso (ms/mmHg)                                   | 19,8 (4,9)                             | 36,5 (3,9)                         | -12,7 (-30,8 a -2,5)   | 0,024* |
| Sensibilidad barorrefleja en descenso (ms/mmHg)                                  | 16,6 (4,7)                             | 32,7 (3,9)                         | -16,1 (-29,9 a -2,3)   | 0,025* |
| Sensibilidad barorrefleja total (ms/mmHg)  | 18,3 (4,6)                             | 34,5 (3,8)                         | -16,2 (-29,7 a -2,7)   | 0,021* |

ET: error típico.

\* p &lt; 0,05.

**Tabla 3** Diferencias en las variables hemodinámicas, autonómicas y la sensibilidad barorrefleja, entre los futbolistas «potentes» y «resistentes» a 70° de inclinación, ajustadas por edad, índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal y posición de juego

| Variable   | 70° de inclinación                     |                                    |                        |         |
|--|--|------------------------------------|------------------------|---------|
|  | Resistentes<br>(n = 13),<br>media ± ET | Potentes<br>(n = 9),<br>media ± ET | Diferencia<br>(IC 95%) | Valor p |
| Frecuencia cardíaca (latidos/min)  | 68,3 (2,2)                             | 76,3 (1,8)                         | -8,0 (-14,5 a -1,5)    | 0,018*  |
| Presión arterial sistólica (mmHg)  | 127,7 (2,5)                            | 130,9 (2,1)                        | -3,4 (-10,8 a 4,0)     | 0,344   |
| Presión arterial diastólica (mmHg)   | 84,9 (1,7)                             | 91,0 (1,3)                         | -6,5 (-12,4 a -1,5)    | 0,013*  |
| Índice de eyección (ml/m <sup>2</sup> )  | 41,1 (1,6)                             | 34,5 (1,3)                         | 6,6 (2,0-11,2)         | 0,008*  |
| Índice cardíaco (l/(min·m <sup>2</sup> ))  | 2,8 (0,1)                              | 2,6 (0,09)                         | 0,18 (-0,1 a 0,5)      | 0,232   |
| Índice de resistencia periférica 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   |
| Índice de contractilidad (1.000/s)   | 47,5 (2,7)                             | 36,8 (2,2)                         | 10,7 (2,7-18,7)        | 0,012*  |
| Índice de aceleración (100/s <sup>2</sup> )                                      | 67,2 (3,8)                             | 53,4 (3,1)                         | 13,8 (1,9-24,9)        | 0,017*  |
| Índice de trabajo del ventrículo izquierdo (mmHg·l/min/m <sup>2</sup> )          | 3,6 (0,1)                              | 3,6 (0,1)                          | 0,05 (-0,4 a 0,5)      | 0,822   |
| Índice del volumen de final de diástole (ml/m <sup>2</sup> )                     | 73,4 (3,0)                             | 62,2 (2,4)                         | 11,1 (2,4-19,8)        | 0,015*  |
| Contenido del líquido torácico (1/kOhm)  | 49,8 (1,3)                             | 47,1 (1,0)                         | 2,7 (-1,0 a 6,6)       | 0,144   |
| LF unidades normalizadas del intervalo RR (%)                                    | 64,4 (4,0)                             | 70,1 (3,2)                         | -5,7 (-17,2 a 5,8)     | 0,310   |
| HF unidades normalizadas del intervalo RR (%)                                    | 35,5 (4,0)                             | 29,8 (3,2)                         | 5,7 (-5,8 a 17,2)      | 0,310   |
| Relación LF/HF del intervalo RR  | 3,0 (7,4)                              | 12,2 (6,0)                         | -9,2 (-30,1 a 11,6)    | 0,363   |
| Sensibilidad barorrefleja en ascenso (ms/mmHg)                                   | 13,5 (1,6)                             | 15,7 (1,3)                         | -2,2 (-6,8-2,4)        | 0,321   |
| Sensibilidad barorrefleja en descenso (ms/mmHg)                                  | 12,6 (1,4)                             | 14,2 (1,1)                         | -1,5 (-5,6 a 2,1)      | 0,427   |
| Sensibilidad barorrefleja total (ms/mmHg)  | 13,2 (1,4)                             | 14,7 (1,1)                         | -1,5 (-5,5 a 2,1)      | 0,442   |

ET: error típico.

\* p &lt; 0,05.

**Tabla 4** Diferencias en las variables hemodinámicas, autonómicas y sensibilidad barorrefleja entre los futbolistas «potentes» y «resistentes» en la prueba presora con frío, ajustadas por edad, índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal y posición de juego

| Variable   | Prueba presora de frío                 |                                    |                        |        |
|--|--|------------------------------------|------------------------|--------|
|  | Resistentes<br>(n = 13),<br>media ± ET | Potentes<br>(n = 9),<br>media ± ET | Diferencia<br>(IC 95%) | p      |
| Frecuencia cardíaca (latidos/min)  | 67,8 (2,7)                             | 77,4 (2,2)                         | -9,6 (-17,5 a -1,5)    | 0,020* |
| Presión arterial sistólica (mmHg)  | 134,5 (3,7)                            | 142,4 (3,0)                        | -7,9 (-18,8 a 3,0)     | 0,145  |
| Presión arterial diastólica (mmHg)   | 90,2 (3,2)                             | 97,6 (2,6)                         | -7,3 (-16,5 a 1,8)     | 0,110  |
| Índice de eyección (ml/m <sup>2</sup> )  | 40,3 (1,3)                             | 33,8 (1,0)                         | 6,5 (2,7-10,3)         | 0,002* |
| Índice cardíaco (l/(min·m <sup>2</sup> ))  | 2,7 (0,1)                              | 2,5 (0,1)                          | 0,1 (-0,1 a 0,4)       | 0,276  |
| Índice de resistencia periférica total (dyne·s·m <sup>2</sup> /cm <sup>5</sup> ) | 3.059 (129)                            | 3.444 (105)                        | -385 (-760 a -10,5)    | 0,045* |
| Índice de contractilidad (1.000/s)   | 45,6 (2,0)                             | 35,7 (1,6)                         | 9,8 (3,8-15,9)         | 0,003* |
| Índice de aceleración (100/s <sup>2</sup> )                                      | 68,9 (2,9)                             | 53,0 (2,3)                         | 15,8 (7,4-24,1)        | 0,001* |
| Índice de trabajo del ventrículo izquierdo<br>(mmHg·l/min/m <sup>2</sup> )       | 3,9 (0,2)                              | 3,9 (0,1)                          | 0,02 (-0,6 a 0,6)      | 0,945  |
| Índice del volumen de final de diástole (ml/m <sup>2</sup> )                     | 71,8 (2,2)                             | 60,5 (1,8)                         | 11,3 (4,7-17,8)        | 0,002* |
| Contenido del líquido torácico (1/kOhm)  | 49,7 (1,4)                             | 47,0 (1,1)                         | 2,6 (-1,5 a 6,7)       | 0,195  |
| LF unidades normalizadas del intervalo RR (%)                                    | 71,5 (4,3)                             | 74,6 (3,5)                         | -3,1 (-15,5 a 9,3)     | 0,605  |
| HF unidades normalizadas del intervalo RR (%)                                    | 28,5 (4,3)                             | 25,3 (3,5)                         | 3,1 (-9,3 a 15,5)      | 0,605  |
| Relación LF/HF del intervalo RR  | 3,3 (1,1)                              | 4,6 (0,9)                          | -1,3 (-4,6 a 1,9)      | 0,391  |
| Sensibilidad barorrefleja en ascenso (ms/mmHg)                                   | 18,2 (2,1)                             | 15,1 (1,9)                         | 3,1 (-3,5 a 9,7)       | 0,335  |
| Sensibilidad barorrefleja en descenso (ms/mmHg)                                  | 14,1 (3,1)                             | 17,7 (2,5)                         | -3,5 (-12,7 a 5,5)     | 0,416  |
| Sensibilidad barorrefleja total (ms/mmHg)  | 15,6 (2,8)                             | 17,8 (2,3)                         | -2,2 (-10,4 a 5,9)     | 0,572  |

ET: error típico.

\* p &lt; 0,05.

volumen sistólico, gasto cardíaco y de la frecuencia cardíaca, además de una elevación moderada de la presión arterial media<sup>11,32</sup>. En contraste, en los deportes de potencia hay cortos periodos de actividad intensa con un leve aumento en el gasto cardíaco y una elevación marcada de la presión arterial media<sup>11,32</sup>. Además, se ha demostrado que las adaptaciones cardíacas, en cuanto a estructura y función, difieren entre atletas de resistencia aeróbica y de potencia<sup>14</sup>.

Diferentes estudios que han incluido atletas de fondo, ciclistas y triatletas han revelado que sus índices de función sistólica en reposo usualmente no son diferentes cuando se comparan con individuos no activos<sup>33</sup>. Sin embargo, en algunos estudios los atletas presentan una fracción de acortamiento más alta en reposo, y en respuesta al ejercicio los parámetros de función sistólica muestran un mayor incremento cuando se compara con personas sedentarias<sup>11</sup>.

La evidencia actual sugiere que la función diastólica en reposo es similar en atletas que en personas no atletas<sup>33</sup>. Sin embargo, estudios con ecocardiografía Doppler han reportado una mejor función diastólica del ventrículo izquierdo durante el ejercicio en los atletas de resistencia aeróbica comparado con sujetos controles no entrenados<sup>34,35</sup>. Asimismo, Vinereanu<sup>36</sup> describió que los deportistas de resistencia aeróbica tienen una mejor función diastólica, inmediatamente después del ejercicio, comparada con sujetos que practican levantamiento de pesas.

En el presente estudio encontramos que los futbolistas «resistentes», cuando son sometidos a un estrés simpático, tienen una mejor función sistólica y diastólica al

compararlos con los futbolistas «potentes», algo similares a lo que ocurre durante el ejercicio.

En los deportistas de potencia, la función diastólica y la sistólica no son diferentes cuando se compara con la población general en reposo<sup>12,37</sup>. Durante un ejercicio de fuerza a altas intensidades se ha descrito un incremento en la frecuencia cardíaca, volumen latido y gasto cardíaco, pero la respuesta de la función ventricular es similar en sujetos entrenados y no entrenados<sup>12,37</sup>.

En futbolistas, también se ha evaluado la estructura y la función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo por medio de la resonancia magnética cardíaca, la ecocardiografía convencional y el Doppler de tejidos. Se ha reportado que los futbolistas profesionales presentan cambios morfológicos en el ventrículo izquierdo y en la aurícula izquierda, acompañado de una mejor función diastólica del ventrículo izquierdo<sup>16,38-40</sup>. Sin embargo, los resultados con relación a la función sistólica son controversiales<sup>38,39,41-44</sup>.

El fútbol incorpora en el entrenamiento elementos de resistencia aeróbica, de fuerza y de potencia, por lo cual tiene características diferentes a los deportes basados únicamente en la resistencia aeróbica o en la fuerza. El entrenamiento de resistencia aeróbica puro se asocia con hipertrofia excéntrica con dilatación de la cavidad ventricular, mientras que el entrenamiento de la fuerza a intensidades altas produce hipertrofia concéntrica con aumento en la masa miocárdica y en el espesor de la pared ventricular<sup>14,45</sup>.

Un estudio que evaluó la estructura cardíaca en futbolistas, por medio de resonancia magnética cardíaca, encontró

cambios adaptativos miocárdicos con características combinadas de remodelación concéntrica y excéntrica, como son dilatación del ventrículo izquierdo y derecho junto con un incremento en el espesor de la pared ventricular, y además un aumento en el volumen de fin de diástole del ventrículo izquierdo al compararlos con sujetos control<sup>16</sup>.

Caselli et al.<sup>46</sup>, en un estudio realizado en 429 atletas que participaban en disciplinas de habilidad, potencia, resistencia aeróbica o mixtas, encontraron que los atletas de resistencia aeróbica tenían mayor volumen de fin de diástole y de fin de sístole del ventrículo izquierdo, un incremento en el espesor de la pared del ventrículo izquierdo, mayor velocidad de flujo sistólico y mayor volumen latido comparado con los deportistas de las demás disciplinas. Dichos hallazgos corroboran nuestros resultados, debido a que los futbolistas clasificados como «resistentes» presentaron ante el estrés ortostático un mayor índice de eyección, índice de contractilidad, índice de aceleración e índice del volumen de final de diástole en comparación con los «potentes».

Los atletas de resistencia aeróbica generalmente presentan una bradicardia sinusal y una menor frecuencia cardíaca y  $VO_2$  ante cargas submáximas<sup>47</sup>. Los futbolistas clasificados en nuestro estudio como «resistentes» presentaron una menor frecuencia cardíaca ante el estímulo simpático, lo cual podría ser explicada por un mayor volumen plasmático<sup>48</sup>, un aumento en el tono parasimpático<sup>49,50</sup> o una menor frecuencia cardíaca intrínseca del nodo sinusal<sup>51</sup>. En atletas se han descrito también niveles de epinefrina y norepinefrina plasmáticos más bajos a intensidades submáximas<sup>13</sup>.

El entrenamiento en deportes de resistencia aeróbica incrementa la sensibilidad barorrefleja en los atletas, probablemente mediado por un cambio en la *compliance* arterial de la arteria carótida y por adaptaciones de tipo neural en el arco barorreflejo<sup>52,53</sup>. Diferentes estudios han mostrado que el entrenamiento conjunto de actividades de resistencia aeróbica y de fuerza, a largo plazo puede traer como resultado un incremento en la sensibilidad barorrefleja<sup>54</sup>. Nuestro estudio demostró una mayor sensibilidad barorrefleja en los futbolistas «potentes» en reposo al compararlos con los «resistentes». Es posible que los jugadores «potentes», al realizar acciones de juego de alta intensidad y corta duración en múltiples ocasiones durante los entrenamientos y competencias, tengan adaptaciones de tipo neural en el arco barorreflejo y esto se traduzca en mayor sensibilidad barorrefleja en reposo.

Aunque se ha descrito la relación entre la sensibilidad barorrefleja, la recuperación de la frecuencia cardíaca luego de un esfuerzo y el  $VO_2$  máximo<sup>53,55</sup>, es posible que el tipo de entrenamiento con episodios de alta intensidad y corta duración, como el que se observa en algunos deportes acíclicos, tenga más influencia en las adaptaciones autonómicas.

Algunos estudios han utilizado la variabilidad de la frecuencia cardíaca para evaluar el sistema nervioso autónomo en futbolistas<sup>56</sup>. Se ha reportado que los deportistas tienen un aumento en el tono parasimpático y una disminución en el tono simpático evaluado por los componentes de alta frecuencia y baja frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, respectivamente<sup>57</sup>. En nuestro estudio no encontramos diferencias en los componentes de la variabilidad de la frecuencia cardíaca entre los futbolistas estudiados.

Nuestra investigación tiene algunas limitaciones inherentes a los estudios transversales, al no poder establecer una relación causal. Además, el tamaño de la muestra es pequeño, y por tal razón es posible que no permita demostrar diferencias en algunas variables, lo cual corresponde a un error tipo II. Tampoco se realizó un método de imagen como la ecocardiografía y Doppler de tejidos, lo cual hubiese podido complementar nuestros resultados.

Sin embargo, esta investigación tiene algunas fortalezas, como son el haber logrado la clasificación metabólica de los futbolistas a partir de pruebas físicas con un análisis de clases latentes, el cual es un método innovador con aplicación práctica en la selección de talentos y en la planificación del entrenamiento y el esquema táctico de juego.

También, nuestro estudio plantea un cambio de paradigma en la forma de estudiar las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento en el fútbol y en otros deportes. Si bien se habían descrito algunos hallazgos en la estructura y la función del sistema cardiovascular según la posición de juego en deportes de conjunto, ninguna investigación lo había reportado teniendo en cuenta los resultados de test físicos.

Nuestros hallazgos tienen otras implicaciones, como son la necesidad de continuar el estudio de las adaptaciones fisiológicas del sistema cardiovascular al entrenamiento y del «corazón del atleta» en los deportes de conjunto, según las características metabólicas. Se debería incluir no solo la evaluación en reposo, sino también las respuestas hemodinámica y autonómica al ejercicio incremental. Aunque existen limitaciones en los equipos para la adquisición de señales no invasivas durante el ejercicio, actualmente los avances tecnológicos han permitido la incorporación de la cardiografía de impedancia y valoración de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la presión arterial latido a latido, durante la ergoespirometría incremental.

La utilización de metodologías para la evaluación hemodinámica y autonómica en reposo y durante la actividad física podría complementar el estudio del funcionamiento del sistema cardiovascular en los deportistas, aumentar el conocimiento sobre las adaptaciones producto del entrenamiento, contribuir en la planificación del entrenamiento con el fin de conocer la respuesta y la recuperación ante las cargas de trabajo físico, ayudar en la predicción del resultado deportivo, caracterizar perfiles fisiológicos cardiovasculares en deportes individuales y de conjunto, y aportar en la prevención del síndrome de sobreentrenamiento.

## Conclusiones

Los jugadores de fútbol profesional «resistentes» tienen una función ventricular izquierda más efectiva (sistólica y diastólica) y mejor modulación autonómica que los «potentes», durante una estimulación simpática. Lo anterior indica que entre los futbolistas profesionales existen diferencias hemodinámicas y autonómicas, posiblemente relacionadas con las características metabólicas del individuo, factores genéticos y el tipo de entrenamiento realizado.

## Financiación

Esta investigación fue realizada con recursos de la Corporación Deportiva Independiente Medellín, el Posgrado en



Medicina Aplicada a la Actividad Física y al Deporte de la Universidad de Antioquia, y el Centro Clínico y de Investigación SICOR, Medellín, Colombia.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses para la publicación de este artículo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al cuerpo médico de la Corporación Deportiva Independiente Medellín, a los residentes y docentes del Posgrado en Medicina Aplicada a la Actividad Física y al Deporte de la Universidad de Antioquia y al personal del Centro Clínico y de Investigación SICOR por la colaboración prestada durante la realización del estudio.

## Bibliografía

- 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, Brusckhe 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. *Journal of Sports Science and Medicine*. 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, editores. *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.

36. 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.
37. Pearson AC, Schiff M, Mrosek D, Labovitz AJ, Williams GA. Left ventricular diastolic function in weight lifters. *Am J Cardiol*. 1986;58:1254–9.
38. 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.
39. 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, Bennett 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, Pisicchio 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 cardiovagal 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.