

<https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05807>

## **Efecto del rendimiento en un test máximo incremental sobre la capacidad de salto vertical de árbitros de fútbol.**

### **Effect of maximum incremental test performance on the vertical jump performance in soccer referees**

**Daniel Castillo<sup>1</sup>, Jesús Cámara<sup>2</sup>, Demetrio Lozano<sup>3</sup>, César Berzosa<sup>3</sup>, Silvia Sedano<sup>4</sup> y Javier Yanci<sup>2</sup>**

1. Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Isabel I. España
2. Facultad de Educación y Deporte, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Vitoria. España
3. VALORA Grupo de Investigación, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de San Jorge, Zaragoza. España
4. Laboratorio de Fisiología, Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid. España

#### **Resumen**

El arbitraje en el fútbol demanda una elevada implicación neuromuscular que puede producir un importante acúmulo de fatiga y limitar el rendimiento físico de los árbitros. Los objetivos de este estudio fueron: 1) describir el rendimiento en un test incremental en tapiz y en la capacidad de salto vertical (SV) bilateral y unilateral de árbitros de fútbol y 2) analizar la variación en la capacidad de SV, después de realizar un test incremental máximo de resistencia con respecto a los valores iniciales. Antes y después de la realización de una prueba incremental en tapiz de laboratorio, se midió la capacidad de SV de 12 árbitros de fútbol de alto nivel que arbitraban en las categorías de mayor nivel del fútbol español. Por un lado, no se produjo el efecto potenciación post activación (PAP) ya que la mejora de la capacidad de SV fue trivial-baja ( $p > 0,05$ ;  $\Delta = 0,10-2,19\%$ ;  $d = 0,01-0,21$ ). Por otro lado, debido a que las asociaciones entre la variación de SV y los valores máximos en el test incremental fueron en la mayor parte de los casos bajas ( $r = -0,25/0,24$ ), no parece evidenciarse que la fatiga producida en el test máximo incremental esté asociada a una pérdida de rendimiento en la capacidad de salto en los árbitros de fútbol de alto nivel.

**Palabras clave:** colegiados; efecto; resistencia; salto vertical; rendimiento.

#### **Abstract**

Soccer refereeing demand a high neuromuscular implication which it could produce accumulative fatigue and keep down the physical performance of soccer referees. The aims of this study were 1) to describe the performance in an incremental maximum test and in the bilateral and unilateral vertical jump (VJ) capacity in soccer referees, and 2) to analyze the variation on the VJ capacity after performing a maximum incremental test. Before and after performing a cardiovascular incremental test, VJ capacity was measured in 12 high-level soccer referees who officiated at high Spanish competitive-level. On one side, post activation potentiation (PAP) effect was not produced because the improvement of VJ was trivial-small ( $p > 0,05$ ;  $\Delta = 0,10-2,19\%$ ;  $d = 0,01-0,21$ ). On the other side, due to the associations between VJ variation and maximum values on the incremental test were small in many cases ( $r = -0,25/0,24$ ), it could happen that the fatigue induced by the incremental maximum test is not associated to a loss of performance in the vertical jump capacity in high-level soccer referees.

**Key words:** match officials; effect; resistance; vertical jump; performance.

Correspondencia/correspondence: Daniel Castillo  
Facultad Ciencias de la Salud, Universidad Isabel I. España  
Email: danicasti5@gmail.com

## Introducción

Los árbitros son los encargados de regular el comportamiento y conductas de los jugadores durante el desarrollo de los partidos de fútbol (Castillo, Yanci, Cámara, y Weston, 2016). Para asegurar el correcto desarrollo del juego los árbitros tienen que ser capaces de estar cerca de la jugada y, para ello, necesitan de una condición física adecuada (Risser y col., 2018). Además, los árbitros de fútbol no solo tienen que estar preparados para cubrir las demandas que la labor de arbitrar requiere, sino que también, tienen que acreditar unos requerimientos físicos específicos a lo largo de la temporada (Castillo, Cámara, Lozano, Berzosa, y Yanci, 2018). En este sentido, los Comités Técnicos Autonómicos, Nacionales e Internacionales de Árbitros de Fútbol establecen una batería de test físicos que los colegiados deben superar para continuar con su labor. En las últimas dos décadas las pruebas físicas han sido modificadas continuamente y, por ende, diferentes capacidades han sido evaluadas. Dado que se han realizado diferentes pruebas como test de esprint (p.e., 2 x 200 m, 2 x 50 m, 6 x 40 m), pruebas de valoración de la resistencia (p.e., 12 min, Yo-Yo test, 150 – 50 m intermitente, 2 km) y test de agilidad (p.e., CODA test), los árbitros han tenido que adaptar sus programas de entrenamiento para alcanzar la condición física óptima (Sánchez-García, Sánchez-Sánchez, Rodríguez-Fernández, Solano, y Castillo, 2018; Silva, Depizzol, Carletti, Vancini, Leopoldo, y Leopoldo, 2019) que les permitiera superar los requerimientos físicos establecidos por los Comités de Árbitros.

El arbitraje en el fútbol ha sido un área que ha comenzado a estudiarse desde hace relativamente poco tiempo y cuyo estudio se ha centrado en principios de rendimiento tanto físico como cognitivo-perceptivo, siendo los diferentes aspectos fisiológicos relacionados con el mismo los más ampliamente descritos en la literatura. Castagna, Abt, y D'Ottavio (2007) destacaron que el rendimiento cardiovascular es un factor relevante en el arbitraje. Generalmente, el rendimiento cardiovascular se ha evaluado mediante la determinación del consumo máximo de oxígeno ( $V_{O2_{max}}$ ) y la velocidad máxima alcanzada en pruebas de laboratorio (Abt y Lovell, 2009; Buchheit, Mendez-villanueva, Simpson, y Bourdon, 2010). Un adecuado rendimiento cardiovascular permite a los árbitros recorrer durante los partidos grandes distancias intercalados con esfuerzos de alta intensidad, recorriendo incluso mayores distancias que la media de los jugadores de fútbol (Weston, Drust, y Gregson, 2011). Se ha observado también que este rendimiento aeróbico está asociado al nivel competitivo en el que los colegiados arbitran los partidos, constatando que los árbitros de mayor categoría tienen mejores valores en la capacidad cardiovascular (Castagna, Abt, y D'Ottavio, 2005).

Sin embargo, la resistencia aeróbica no es la única variable relevante a tener en cuenta durante los partidos para el colectivo arbitral. Los árbitros de fútbol realizan un importante número de acciones de corta duración y alta intensidad durante los partidos (Barbero-Alvarez, Boullosa, Nakamura, Andrin, y Castagna, 2012). La competición también demanda una elevada implicación neuromuscular que puede producir un importante acúmulo de fatiga y limitar el rendimiento físico de los árbitros (Castillo y col., 2016). El índice de fatiga en árbitros de fútbol se ha analizado, entre otras variables, mediante la cuantificación del rendimiento del salto con contramovimiento (CMJ) antes y después del partido (Castillo y col., 2016; Tessitore, Cortis, Meeusen, y Capranica, 2007). Sin embargo, no se ha encontrado evidencia científica de que se haya analizado si la fatiga derivada de una pérdida de rendimiento en test de condición física en árbitros puede estar influenciada por la capacidad cardiovascular.

Algunos estudios anteriores han observado en deportistas de distintas modalidades que después de esfuerzos aeróbicos, podría aparecer el llamado fenómeno de potenciación post-activación (PAP). Dicho efecto consiste en un aumento temporal de la contractilidad de un músculo debido a un ejercicio máximo y/o varios submáximos (Jensen y Ebben, 2003; Sotiropoulos y col., 2010). Se ha demostrado que en deportes colectivos como el rugby, aparece un aumento de la capacidad de salto tras esfuerzos aeróbicos prolongados (Comyns, Harrison, Hennessy, y Jensen, 2007). Así mismo, otros autores han observado un mayor rendimiento no solo en la capacidad de salto sino también en la habilidad para cambiar de dirección y en la capacidad de esprintar tras la inclusión de ejercicios de alta intensidad adicionales al calentamiento estándar de un equipo de fútbol (Petisco, Ramirez-Campillo, Hernández, Gonzalo-Skok, Nakamura, y Sanchez-Sanchez, 2019). A pesar de ello, se desconoce el efecto PAP que pudiera aparecer en otros deportes y en concreto en árbitros de fútbol.

En base a todo lo expuesto, los objetivos de este estudio fueron, 1) describir el rendimiento en un test incremental en tapiz y en la capacidad de salto vertical bilateral y unilateral de árbitros de fútbol de alto nivel y 2) analizar la variación en la capacidad de salto vertical (SV), tanto bilateral como unilateral, después de realizar un test incremental máximo de resistencia con respecto a los valores iniciales y conocer así si la fatiga neuromuscular puede ser el factor limitante en el rendimiento en una prueba cardiovascular.

## Método

### *Participantes*

En este estudio participaron 12 árbitros de fútbol de alto nivel ( $28,8 \pm 5,1$  años,  $73,2 \pm 6,8$  kg,  $1,8 \pm 0,1$  m  $22,7 \pm 1,5$  kg.m<sup>-2</sup>) que arbitraban en las categorías de mayor nivel del fútbol español (1ª división, 2ª división o 2ª división B) y pertenecientes al Comité Navarro (CNAF) o al Comité Alavés (CAAF) de árbitros de fútbol. Los árbitros tenían una experiencia superior a 10 años en el arbitraje, entrenaban 3-4 días a la semana y arbitraban partidos oficiales 1-2 veces por semana. Todos los árbitros fueron informados del procedimiento y beneficios de la investigación y firmaron el consentimiento informado antes de realizar las pruebas. La investigación cumplió con los requerimientos establecidos en la Declaración de Helsinki (2013), fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación con Seres Humanos (CEISH) de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

### *Diseño de la Investigación*

Un diseño cuasiexperimental pretest-postest fue llevado a cabo en el tramo final (mayo) de la temporada competitiva 2014-2015 tras 10 meses de entrenamiento ininterrumpido. Antes de comenzar con las pruebas, los árbitros realizaron un calentamiento de aproximadamente 20 minutos que consistía en 10-12 minutos de carrera continua en tapiz rodante, 3-5 saltos verticales y horizontales bilaterales y unilaterales y 2-4 minutos de estiramientos, supervisados y dirigidos por el mismo investigador. Antes (PRE) de comenzar la prueba de rendimiento cardiovascular de laboratorio y al final (POST) de la misma, se midió la capacidad de salto vertical (SV) bilateral y unilateral de cada participante.

### *Variables e instrumentos*

Prueba de rendimiento cardiovascular de laboratorio. El test de laboratorio consistió en un test incremental hasta el agotamiento utilizado anteriormente con árbitros de fútbol (Casajus y Castagna, 2007) y se realizó en un tapiz rodante (ERGelek® EG2, Vitoria, Spain). Se registró durante toda la prueba el intercambio de gases (Medisoft® Ergocard, Medisoft Group,

Sorinnes, Bélgica). Mediante estos resultados se calcularon diferentes zonas de intensidad correspondientes al umbral ventilatorio 1 (VT1), el umbral ventilatorio 2 (VT2) (Beaver, Wasserman, y Whipp, 1986), y el final de la prueba (Max) (Casajus y Castagna, 2007). Para considerarla como máxima, la prueba debía cumplir al menos dos de las siguientes condiciones (Casajus y Castagna, 2007): (1) meseta en el VO<sub>2</sub> a pesar de un incremento en la intensidad del ejercicio; (2) una FC mayor que el 90% de la estimación del valor máximo respecto a la edad (220-edad); (3) un RER (Respiratory Exchange Ratio) mayor a 1.15. Por un lado, se monitorizó la frecuencia cardiaca (FC) cada segundo mediante un pulsómetro Polar (Polar® Electro Oy, Kempele, Finlandia) y se registró la FC alcanzada al VT1, VT2 y máxima (FC<sub>max</sub>). Por otro lado, para obtener el valor de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), tras superar cada estadio de la prueba de esfuerzo se les pasó a los participantes la escala 0-10 de percepción del esfuerzo (Foster y col., 2001). Las variables de velocidad (Vel), FC, consumo de oxígeno absoluto (VO<sub>2</sub><sub>absoluto</sub>), consumo de oxígeno relativo a la masa corporal (VO<sub>2</sub><sub>relativo</sub>) y la percepción del esfuerzo (RPE) fueron calculados en cada zona de intensidad (VT1, VT2 y Max). Además, en cada una de las variables tanto en VT1 como en VT2 se calculó el porcentaje del valor máximo obtenido (%Vel<sub>max</sub>, %FC<sub>max</sub>, %VO<sub>2</sub><sub>max</sub> y %RPE<sub>max</sub>).

Salto vertical (SV). Los participantes, tanto en el PRE como en el POST, realizaron 2 saltos verticales con contra movimiento a dos piernas (CMJ), 2 saltos con la pierna dominante (CMJd) y 2 saltos con la pierna no dominante (CMJnd) con 20 s de descanso entre los saltos y 90 s de descanso entre cada test. La pierna dominante y la no dominante fueron determinadas como la de mayor o menor capacidad de SV, respectivamente (Newton y col., 2006). Para medir la altura del salto se utilizó un sistema de obtención óptica de datos (Opto Jump Next®, Microgate, Italia). Para el análisis estadístico se tomó el mejor de los dos registros realizados en cada tipo de salto (Yanci, Los Arcos, y col., 2014). Las diferencias asimétricas (LA) entre la pierna dominante y no dominante fueron determinada usando la fórmula:  $LA = [(CMJd - CMJnd) / CMJd] \times 100$  (Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, y Marcora, 2007). El coeficiente de variación (CV) para los test de saltos fue calculado: CMJ: 2,82±2,30%, CMJd: 7,33±5,35% y CMJnd: 4,34±3,09%.

#### *Análisis estadístico de los datos*

Los resultados se presentan como media ± desviación típica (DT) de la media. Todas las variables mostraron una distribución normal según el test de Shapiro-Wilk y se optó por realizar estadística paramétrica. Para analizar las diferencias entre el rendimiento de salto en el PRE y en el POST se utilizó una prueba t para muestras relacionadas. El delta cambio ( $\Delta\%$ ) entre los resultados en el PRE y el POST en los SV se calculó mediante la fórmula:  $\Delta\% = [(POST - PRE) / PRE] \times 100$  en cada uno de los posibles casos. Para determinar las diferencias a efectos prácticos en cada test de salto entre el PRE y POST se utilizó el tamaño del efecto (TE) propuesto por Cohen (1988). Tamaños del efecto menores a 0,2, entre 0,2-0,5, entre 0,5-0,8 y mayores de 0,8 fueron considerados trivial, bajo, moderado y alto, respectivamente. Las asociaciones entre las variables se calcularon mediante la correlación de Pearson (r) y las fórmulas de regresión se calcularon entre los resultados máximos y los resultados en VT1 o VT2. Para la interpretación de las magnitudes de las correlaciones se utilizó la siguiente escala: menor que 0,1, trivial; de 0,1 a 0,3, baja; de 0,3 a 0,5, moderada; de 0,5 hasta 0,7, alta; 0,7-0,9, muy alta; mayor que 0,9, casi perfecta (Hopkins, Marshall, Batterham, y Hanin, 2009). Además se calculó el límite de confianza ( $\pm LC$ ) al 90% y las probabilidades de ser ciertas las asociaciones (Hopkins y col., 2009). El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics for Windows (IBM Corp. Released 2013, versión 22,0 Armonk, NY, EE.UU).

## Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la prueba de rendimiento cardiovascular en cada una de las variables (Vel, FC, VO<sub>2</sub>absoluto, VO<sub>2</sub>relativo, y RPE) a la intensidad de VT1, VT2 y Max y las variables relativas al valor máximo (%Vel<sub>max</sub>, %FC<sub>max</sub>, %VO<sub>2</sub>max, y %RPE<sub>max</sub>).

Tabla 1. Resultados en la prueba de rendimiento cardiovascular a las intensidades de umbral ventilatorio 1 (VT1), umbral ventilatorio 2 (VT2) y máximo (Max).

Variable	VT1	VT2	Max
Vel (km·h <sup>-1</sup> )	11,46 ± 0,75	15,71 ± 0,85	16,64 ± 0,63
Vel (% Vel <sub>max</sub> )	61,49 ± 3,45	84,27 ± 3,13	100,00 ± 0,00
FC (ppm)	152,42 ± 10,55	173,50 ± 7,35	186,75 ± 6,57
FC (% FC <sub>max</sub> )	81,57 ± 3,87	92,91 ± 2,42	100,00 ± 0,00
VO <sub>2</sub> absoluto (l·min <sup>-1</sup> )	2,86 ± 0,54	3,84 ± 0,53	4,28 ± 0,49
VO <sub>2</sub> relativo (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	38,25 ± 4,43	52,33 ± 5,07	58,75 ± 5,15
VO <sub>2</sub> (%VO <sub>2</sub> max)	65,09 ± 4,41	90,00 ± 4,24	100,00 ± 0,00
RPE	3,04 ± 1,21	6,42 ± 1,24	9,71 ± 0,45
RPE (% RPE <sub>max</sub> )	31,43 ± 12,96	66,01 ± 11,94	100,00 ± 0,00

Vel = velocidad; FC = frecuencia cardiaca; VO<sub>2</sub> = consumo de oxígeno; RPE = percepción subjetiva del esfuerzo.

En la Tabla 2 se presentan las asociaciones y las fórmulas de regresión entre los valores máximos de la prueba de rendimiento cardiovascular y los valores a VT1 y VT2 en cada una de las variables analizadas. Las asociaciones obtenidas, salvo para el RPE, fueron probables - extremadamente probables y altas - muy altas ( $r=0,52-0,96$ ).

Tabla 2. Asociación ( $r$ ;  $\pm$  límite de confianza (LC), interpretación y probabilidades) y fórmula de regresión entre los valores máximos y los valores a umbral ventilatorio 1 (VT1) o a umbral ventilatorio 2 (VT2) en cada una de las variables analizadas.

Variables	Valores VT1				Valores VT2			
	$r$ ; $\pm$ 90% LC	Interpretación	Ratio	Fórmula regresión	$r$ ; $\pm$ 90% LC	Interpretación	Ratio	Fórmula regresión
Valores máximos								
Vel (km·h <sup>-1</sup> )	0,52; $\pm$ 0,39	Probable alta	92/6/2	NS	0,74; $\pm$ 0,26**	Muy probable muy alta	99/1/0	$y = 10,03 + 0,55x + 0,44$
FC (ppm)	0,61; $\pm$ 0,35**	Muy probable alta	97/2/1	$y = 113,18 + 0,48x + 4,35$	0,79; $\pm$ 0,22**	Extremadamente probable muy alta	100/0/0	$y = 64,13 + 0,71x + 4,21$
VO <sub>2</sub> absoluto (l·min <sup>-1</sup> )	0,85; $\pm$ 0,17**	Extremadamente probable muy alta	100/0/0	$y = 2,06 + 0,78x + 0,27$	0,96; $\pm$ 0,05**	Extremadamente probable casi perfecta	100/0/0	$y = 0,87 + 0,89x + 0,14$
VO <sub>2</sub> relativo (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	0,79; $\pm$ 0,22**	Extremadamente probable muy alta	100/0/0	$y = 23,42 + 0,92x + 3,28$	0,88; $\pm$ 0,14**	Extremadamente probable muy alta	100/0/0	$y = 12,09 + 0,89x + 2,60$
RPE	-0,06; $\pm$ 0,50	Poco claro trivial	32/23/45	NS	0,40; $\pm$ 0,44	Probable moderada	83/11/6	NS

Vel = velocidad; FC = frecuencia cardiaca; VO<sub>2</sub> = consumo de oxígeno; RPE = percepción subjetiva del esfuerzo; \*\* Significación estadística ( $p < 0,01$ ); NS = no significativo.

En la Tabla 3 se exponen los resultados obtenidos por todos los participantes en el SV, tanto en el PRE como en el POST. A pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas entre el PRE y el POST en ningún salto, se observó que los árbitros tenían una tendencia a mejorar el rendimiento en la capacidad de SV ( $p > 0,05$ ;  $\Delta = 0,10-2,19\%$ ;  $d = 0,01-0,21$ , trivial-baja) y a tener un menor LA ( $p > 0,05$ ;  $\Delta = -17,07\%$ ;  $d = -0,17$ , trivial) después de la prueba de rendimiento cardiovascular.

Tabla 3. Resultados de la capacidad de salto vertical antes (PRE) y después (POST) de la prueba de rendimiento cardiovascular obtenidos por los árbitros.

	PRE	POST	$\Delta\%$	TE
CMJ (cm)	44,48 $\pm$ 4,68	45,45 $\pm$ 5,33	2,19	0,21
CMJd (cm)	25,09 $\pm$ 3,02	25,28 $\pm$ 2,94	0,73	0,06
CMJnd (cm)	25,83 $\pm$ 2,86	25,86 $\pm$ 3,52	0,10	0,01
LA (%)	8,12 $\pm$ 8,00	6,74 $\pm$ 6,70	-17,07	-0,17

$\Delta\%$  = porcentaje de variación PRE-POST; TE = tamaño del efecto; CMJ = salto con contra movimiento a dos piernas; CMJd = salto con contra movimiento con pierna dominante; CMJnd = salto con contra movimiento con pierna no dominante; LA = diferencia asimétrica.

En la Tabla 4 se presentan las asociaciones entre los valores máximos de la prueba de rendimiento cardiovascular y la  $\Delta\%$  PRE-POST de la capacidad de SV. La mayoría de las asociaciones obtenidas fueron consideradas como posibles triviales-bajas ( $r=-0,25/0,24$ ), y en algunos casos, probables moderadas ( $r=-0,35/0,35$ ).

Tabla 4. Asociaciones ( $r$ ;  $\pm$  límite de confianza (LC), interpretación y probabilidades) entre los valores máximos de la prueba de rendimiento cardiovascular y la variación PRE-POST en porcentaje ( $\Delta\%$ ) de la capacidad de salto vertical (SV).

Valores máximos	$\Delta\%$ CMJ			$\Delta\%$ CMJd			$\Delta\%$ CMJnd			$\Delta\%$ LA		
	$r$ ; $\pm$ 90% LC	Interpretación	Ratio	$r$ ; $\pm$ 90% LC	Interpretación	Ratio	$r$ ; $\pm$ 90% LC	Interpretación	Ratio	$r$ ; $\pm$ 90% LC	Interpretación	Ratio
Vel (km·h <sup>-1</sup> )	-0,35; $\pm$ 0,4	Probable moderada	8/13/79	0,06; $\pm$ 0,50	Posible trivial	45/23/32	0,17; $\pm$ 0,49	Posible baja	59/21/20	-0,21; $\pm$ 0,48	Posible baja	17/19/64
FC (ppm)	-0,24; $\pm$ 0,48	Posible baja	15/18/67	-0,25; $\pm$ 0,48	Posible baja	14/18/68	-0,18; $\pm$ 0,49	Posible baja	20/20/60	0,18; $\pm$ 0,49	Posible baja	60/20/20
VO <sub>2</sub> absoluto (l·min <sup>-1</sup> )	0,24; $\pm$ 0,48	Posible baja	67/18/15	0,34; $\pm$ 0,45	Probable moderada	78/14/8	0,31; $\pm$ 0,46	Probable moderada	75/15/10	0,35; $\pm$ 0,45	Probable moderada	79/13/8
VO <sub>2</sub> relativo (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	0,13; $\pm$ 0,49	Posible baja	54/22/24	0,06; $\pm$ 0,50	Posible trivial	45/23/32	0,04; $\pm$ 0,50	Posible trivial	43/23/34	0,03; $\pm$ 0,50	Posible trivial	42/24/34
RPE	-0,09; $\pm$ 0,50	Posible trivial	28/23/49	0,09; $\pm$ 0,50	Posible trivial	49/23/28	-0,04; $\pm$ 0,50	Posible trivial	34/23/43	-0,55; $\pm$ 0,38	Probable alta	2/4/94

Vel = velocidad; FC = frecuencia cardiaca; VO<sub>2</sub> = consumo de oxígeno; RPE = percepción subjetiva del esfuerzo; CMJ = salto con contra movimiento a dos piernas; CMJd = salto con contra movimiento con pierna dominante; CMJnd = salto con contra movimiento con pierna no dominante; LA = diferencia asimétrica.

## Discusión

Además de describir la capacidad cardiovascular y la capacidad de SV en árbitros de fútbol de alto nivel, el principal objetivo de este estudio fue analizar la variación en la capacidad de SV después de realizar un test incremental máximo de resistencia con respecto a los valores iniciales, con el fin de determinar si la fatiga neuromuscular puede ser el factor limitante en el rendimiento en una prueba cardiovascular o si se produce un efecto de potenciación post activación (PAP). Atendiendo a la bibliografía consultada, este es el primer estudio en el que se valora la capacidad de SV en árbitros antes y después de la realización de una prueba incremental máxima en laboratorio. Los resultados obtenidos en este estudio no mostraron variaciones significativas en la capacidad de SV entre el PRE y el POST ( $p > 0,05$ ,  $TE < 0,21$ , trivial o bajo). Además, no se encontraron asociaciones altas entre los valores máximos de la prueba de rendimiento cardiovascular y la  $\Delta\%$  PRE-POST en la capacidad de SV.

Dado que el arbitraje es una actividad exigente desde un punto de vista físico y fisiológico (Castagna y col., 2007; Castillo y col., 2018; Costa y col., 2013; Helsen y Bultynck, 2004; Mallo, Navarro, García-Aranda, y Helsen, 2009; Weston, Castagna, Impellizzeri, Rampinini, y Abt, 2007), varias investigaciones han analizado el rendimiento cardiovascular mediante pruebas incrementales de laboratorio en árbitros de distinto nivel competitivo (Birinci, Yilmaz, Erkin, Sahbaz, y Aydin, 2014; Casajus y Castagna, 2007; Castagna, Abt, y D'Ottavio, 2005; Mazaheri, Halabzi, Barghi, y Mansournia, 2016; Sánchez-García y col., 2018). Los resultados obtenidos en nuestro estudio tanto en las variables de Vel, FC y VO<sub>2</sub> son similares a los resultados reportados por Casajus y Castagna (2007) con árbitros de la primera división española, a los obtenidos por Castagna y col. (2005) con árbitros de la Seria A italiana o a los resultados reportados por Mazaheri y col. (2016) con árbitros de la primera división iraní. Sin embargo, Birinci y col. (2014) obtuvieron peores resultados en el VO<sub>2max</sub> en árbitros de categoría nacional, provincial y regional de Turquía (43-47 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) en comparación con los resultados obtenidos en nuestro estudio (58,75±5,15 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). Este aspecto puede poner de manifiesto que los árbitros de mayor categoría tienen un mejor rendimiento cardiovascular. Por otro lado, una de las principales aportaciones de nuestro estudio es que, además de los resultados máximos de una prueba cardiovascular incremental, se aportan datos tanto de Vel, FC y VO<sub>2</sub> en intensidades submáximas (VT1 y VT2). Los resultados obtenidos en nuestro estudio exponen que los árbitros tienen su VT2 a un 84% de su Vel<sub>max</sub>, a un 92% de su FC<sub>max</sub> y a un 90% de su VO<sub>2max</sub>. Estos resultados son muy similares a los reportados por Casajús y Castagna (2007) (VT2 al 81-85% de la Vel<sub>max</sub>, al 91-94% de la FC<sub>max</sub> y al 83-85% del VO<sub>2max</sub>). Una de las dificultades de los entrenadores y preparadores físicos que trabajan con árbitros, es que en muchas ocasiones no disponen de herramientas ni medios adecuados para calcular las intensidades submáximas (VT1 y VT2) de los árbitros, pudiendo ser un impedimento para planificar adecuadamente intensidades de entrenamiento individualizadas. Los datos aportados en este estudio pueden ser útiles para poder estimar el VT1 y el VT2 en función de la Vel<sub>max</sub> y de la FC<sub>max</sub> que pueden ser fácilmente calculables incluso mediante test de campo. Este aspecto podría ayudar a planificar de forma más individualizada los entrenamientos de los árbitros de fútbol.

No solamente analizar la capacidad cardiovascular de los árbitros puede ser interesante, sino que debido al carácter intermitente del juego (Barbero-Alvarez, Boullosa, Nakamura, Andrin, y Weston, 2014; Barbero-Alvarez y col., 2012) y a la gran implicación neuromuscular que supone la actividad de arbitrar (Tessitore y col., 2007), también sería relevante evaluar la capacidad de SV en árbitros de fútbol (Castagna, Abt, y D'Ottavio, 2005; Castillo y col., 2016; Tessitore y col., 2007; Yanci, Reina, Granados, Salinero, y Los Arcos, 2014; Yanci-Irigoyen, 2014). La mayor parte de investigaciones han analizado la capacidad de salto

bilateral mediante la aplicación del test CMJ (Castagna, Abt, D'Ottavio, y Weston, 2005; Tessitore y col., 2007; Yanci, Reina, y col., 2014; Yanci-Irigoyen, 2014). Sin embargo, en el presente estudio, además de la capacidad de SV bilateral, también se evaluó el rendimiento en el salto unilateral (CMJd y CMJnd) y las diferencias asimétricas (LA), dado que la mayoría de las acciones deportivas no se realizan con ambas piernas simultáneamente. Los resultados de nuestro estudio realizados con árbitros de alto nivel, tanto en el CMJ, CMJd y CMJnd, son mejores (25-31%) que los obtenidos en el único estudio que hemos encontrado con árbitros de fútbol donde también se realizan saltos unilaterales pero con árbitros de categoría amateurs (Castillo y col., 2016). Este aspecto puede poner de manifiesto que los árbitros de mayor nivel competitivo pueden tener una mejor capacidad de SV. Sin embargo, los resultados obtenidos con respecto al LA son similares en ambos estudios. En el presente estudio las LA obtenidas fueron de un 8,1% y en el estudio de Castillo y col. (2016) fueron de un 9,1%. A pesar de que los árbitros de mayor nivel competitivo presentaron un mejor rendimiento en el SV tanto bilateral como unilateral, el LA fue similar, lo que puede indicar que arbitrar a mayor nivel no implica una mayor descompensación entre la fuerza de la pierna dominante con respecto a la no dominante. Así mismo, puede que los árbitros de mayor nivel competitivo efectúen trabajo específicamente dirigido a evitar la descompensación que se generaría por las propias acciones de la competición.

A pesar de que en árbitros de fútbol se ha analizado la variación en la capacidad de SV antes y después de partidos oficiales (Castillo y col., 2016; Krstrup, Mohr, y Bangsbo, 2002; Tessitore y col., 2007), se desconoce cuál es el comportamiento del SV antes y después de una prueba máxima incremental en laboratorio. Estudios realizados con deportistas de diferentes modalidades deportivas han observado que tras la realización de pruebas de resistencia tanto de laboratorio (Vuorimaa, Hakkinen, Vahasoyrinki, y Rusko, 1996) como de campo (Boullosa y Tuimil, 2009; Garcia-Pinillos, Soto-Hermoso, y Latorre-Roman, 2015; Skof y Strojnik, 2006) se produce un aumento de la capacidad de SV, denominado efecto PAP (Boullosa y Tuimil, 2009; Boullosa, Tuimil, Alegre, Iglesias, y Lusquinos, 2011; Vuorimaa, Virlander, Kurkilahti, Vasankari, y Hakkinen, 2006). Por otro lado, un descenso de la capacidad de SV al finalizar la prueba de resistencia podría ser indicativo de que la fatiga periférica es uno de los limitantes del rendimiento en un test incremental, lo que podría inducir a un cálculo erróneo de las variables de  $Vel_{max}$ ,  $FC_{max}$  y  $VO2_{max}$ . En nuestro estudio, el hecho de no encontrar un descenso significativo en la capacidad de SV, ni bilateral ni unilateral, tras la realización de la prueba incremental, apoyado con la ausencia de asociaciones altas ( $r < 0,55$ ) entre la variación PRE-POST en el SV y los valores máximos de Vel, FC y VO<sub>2</sub>, parece reflejar que la fatiga neuromuscular no ha sido el factor limitante de los resultados obtenidos en la prueba máxima cardiovascular. Este aspecto pondría de manifiesto que los árbitros de este estudio son deportistas bien entrenados y que los valores obtenidos de los parámetros cardiovasculares no están sesgados por una fatiga neuromuscular. Sin embargo, contrariamente a lo observado en otros deportistas en diferentes tipos de pruebas de carrera (Boullosa y Tuimil, 2009; Garcia-Pinillos y col., 2015; Petisco y col., 2019; Skof y Strojnik, 2006; Vuorimaa y col., 1996), donde se ha constatado un importante aumento de la capacidad de SV tras la realización de las mismas (efecto PAP), en nuestro estudio no se obtuvo un aumento significativo ( $p > 0,01$ ,  $TE < 0,21$ , trivial o bajo). Este aspecto nos lleva a pensar que en árbitros de fútbol de alto nivel, tras la realización de una prueba incremental máxima en laboratorio, no se produce el efecto PAP. En este sentido, Castillo y col. (2016) tampoco observaron un aumento de la capacidad de SV en árbitros tras partidos oficiales. Debido a que no están bien definidos los mecanismos neuromusculares que producen el efecto PAP (Boullosa y Tuimil, 2009; Boullosa y col., 2011) y a que se desconoce porque en árbitros de fútbol no se produce este efecto ni en partidos ni después de

realizar test incrementales, son necesarios más estudios al respecto donde se determine si la duración e intensidad de la actividad realizada puede influir en el mecanismo PAP en árbitros de fútbol. Por lo tanto, una futura línea de investigación podría ser el análisis de la relación entre el tipo de actividad, el rendimiento cardiovascular, la fatiga y los mecanismos que inducen a que se produzca el efecto PAP (Boullosa y Tuimil, 2009) en árbitros de fútbol.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en la prueba de rendimiento cardiovascular son similares a los encontrados en otros estudios llevados a cabo con árbitros de élite y mayores a los reportados por algunos autores que se han centrado en niveles competitivos más bajos. Además, en este estudio se aportan datos que pueden ser útiles para poder estimar el VT1 y el VT2, lo que ayudaría a planificar de forma más individualizada los entrenamientos de los árbitros de fútbol. Finalmente, el hecho de no haber encontrado un descenso en el rendimiento de SV después de la realización de la prueba de rendimiento cardiovascular demuestra, por un lado, que la fatiga producida en el test máximo incremental no está asociada a una pérdida de rendimiento en la capacidad de salto en árbitros de fútbol de alto nivel, y por otro lado, que no se manifiesta el efecto PAP tras la prueba incremental. Por tanto, se sugiere la implementación de contenidos de entrenamiento basados en mejorar la capacidad cardiovascular permitiría a los árbitros de fútbol alcanzar mayores valores máximos en pruebas máximas incrementales.

## Referencias

- Abt, G., & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 893-898. <https://doi.org/10.1080/02640410902998239>
- Barbero-Alvarez, J. C.; Boullosa, D.; Nakamura, F. Y.; Andrin, G., & Weston, M. (2014). Repeated acceleration ability (RAA): a new concept with reference to top-level field and assistant soccer referees. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(1), 63-66. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001659>
- Barbero-Alvarez, J. C.; Boullosa, D. A.; Nakamura, F. Y.; Andrin, G., & Castagna, C. (2012). Physical and physiological demands of field and assistant soccer referees during America's Cup. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), 1383-1388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825183c5>
- Beaver, W. L.; Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology* (1985), 60(6), 2020-2027. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.6.2020>
- Birinci, M. C.; Yilmaz, A. K.; Erkin, A.; Sahbaz, S., & Aydin, I. (2014). Determination of relationship between respiratory parameters and aerobic capacity of referees. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 152, 353-357.
- Boullosa, D. A., & Tuimil, J. L. (2009). Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1560-1565. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3ce61>
- Boullosa, D. A.; Tuimil, J. L.; Alegre, L. M.; Iglesias, E., & Lusquinos, F. (2011). Concurrent fatigue and potentiation in endurance athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 82-93.

- Buchheit, M.; Mendez-villanueva, A.; Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 709-716.  
<https://doi.org/10.1055/s-0030-1261897>
- Casajus, J. A., & Castagna, C. (2007). Aerobic fitness and field test performance in elite Spanish soccer referees of different ages. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 382-389.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.08.004>
- Castagna, C.; Abt, G., & D'Ottavio, S. (2005). Competitive-level differences in Yo-Yo intermittent recovery and twelve minute run test performance in soccer referees. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 805-809.  
<https://doi.org/10.1519/R-14473.1>
- Castagna, C.; Abt, G., & D'Ottavio, S. (2007). Physiological aspects of soccer refereeing performance and training. *Sports Medicine*, 37(7), 625-646.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200737070-00006>
- Castagna, C.; Abt, G., D'Ottavio, S., & Weston, M. (2005). Age-related effects on fitness performance in elite-level soccer referees. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 785-790.  
<https://doi.org/10.1519/R-14473.1>
- Castillo, D.; Cámara, J.; Lozano, D.; Berzosa, C., & Yanci, J. (2018). The association between physical performance and match-play activities of field and assistants soccer referees. *Research in Sports Medicine*, 27(3), 283-297.  
<https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1534117>
- Castillo, D.; Yanci, J.; Cámara, J., & Weston, M. (2016). The influence of soccer match play on physiological and physical performance measures in soccer referees and assistant referees. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 557-563.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1101646>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: N.L.E. Associates.
- Comyns, T. M.; Harrison, A. J.; Hennessy, L., & Jensen, R. L. (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics*, 6(1), 59-70.  
<https://doi.org/10.1080/14763140601058540>
- Costa, E. C.; Vieira, C. M. A.; Moreira, A.; Ugrinowitsch, C.; Castagna, C., & Aoki, M. S. (2013). Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 559-564.
- Foster, C.; Florhaug, J. A.; Franklin, J.; Gottschall, L.; Hrovatin, L. A.; Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115.  
<https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Garcia-Pinillos, F.; Soto-Hermoso, V. M., & Latorre-Roman, P. A. (2015). Acute effects of extended interval training on countermovement jump and handgrip strength performance in endurance athletes: postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 11-21.  
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000591>
- Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1025-1028.  
<https://doi.org/10.1055/s-0033-1358756>

- Helsen, W., & Bultynck, J. B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *Journal of Sports Sciences*, 22(2), 179-189. <https://doi.org/10.1080/02640410310001641502>
- Hopkins, W. G.; Marshall, S. W.; Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Impellizzeri, F. M.; Rampinini, E.; Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 39(11), 2044-2050. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31814fb55c>
- Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.
- Krustrup, P.; Mohr, M., & Bangsbo, J. (2002). Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 861-871. <https://doi.org/10.1080/026404102320761778>
- Mallo, J.; Navarro, E.; Garcia-Aranda, J. M., & Helsen, W. F. (2009). Activity profile of top-class association football referees in relation to fitness-test performance and match standard. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 9-17. <https://doi.org/10.1080/02640410802298227>
- Mazaheri, R.; Halabzi, F.; Barghi, T. S., & Mansournia, M. A. (2016). Cardiorespiratory fitness and body composition of soccer referees; do these correlate with proper performance? *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(1), e29577.
- Newton, R. U.; Gerber, A.; Nimphius, S.; Shim, J. K.; Doan, B. K.; Robertson, M., . . . Kraemer, W. J. (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971-977. <https://doi.org/10.1519/R-5050501x.1>
- Petisco, C.; Ramirez-Campillo, R.; Hernández, D.; Gonzalo-Skok, O.; Nakamura, F.Y., & Sanchez-Sanchez, J. (2019). Effects of different post-activation potentiation intensities on physical fitness of soccer players. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01167>
- Riiser, A.; Andersen, V.; Castagna, C.; Pettersen, S. A.; Saeterbakken, A.; Froyd, C., ... & Moe, V. F. (2018). The construct validity of the coda and repeated sprint ability tests in football referees. *International Journal of Sports Medicine*, 39(08), 619-624. <https://doi.org/10.1055/a-0577-4073>
- Sánchez-García, M.; Sánchez-Sánchez, J.; Rodríguez-Fernández, A.; Solano, D., & Castillo, D. (2018). relationships between sprint ability and endurance capacity in soccer referees. *Sports*, 6(2), 28. <https://doi.org/10.3390/sports6020028>
- Skof, B., & Strojnik, V. (2006). Neuromuscular fatigue and recovery dynamics following prolonged continuous run at anaerobic threshold. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 219-222; 219-222. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.020966>
- Sotiropoulos, K.; Smilios, I.; Christou, M.; Barzouka, K.; Spaias, A.; Douda, H., & Tokmakidis, S. P. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(2), 326-331.

- Tessitore, A.; Cortis, C.; Meeusen, R., & Capranica, L. (2007). Power performance of soccer referees before, during, and after official matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1183-1187.  
<https://doi.org/10.1519/R-19905.1>
- Vuorimaa, T.; Hakkinen, K.; Vahasoyrinki, P., & Rusko, H. (1996). Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. *International Journal of Sports Medicine*, 17 Suppl 2, S109-113. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972910>
- Vuorimaa, T.; Virlander, R.; Kurkilahti, P.; Vasankari, T., & Hakkinen, K. (2006). Acute changes in muscle activation and leg extension performance after different running exercises in elite long distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, 96(3), 282-291.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-005-0054-z>
- Weston, M.; Castagna, C.; Impellizzeri, F. M.; Rampinini, E., & Abt, G. (2007). Analysis of physical match performance in English Premier League soccer referees with particular reference to first half and player work rates. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 390-397.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.09.001>
- Weston, M.; Drust, B., & Gregson, W. (2011). Intensities of exercise during match-play in FA Premier League referees and players. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 527-532. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.543914>
- Yanci, J.; Los Arcos, A.; Grande, I.; Santalla, A.; Figueroa, J.; Gil, E., & Camara, J. (2014). Capacidad de salto en futbolistas con parálisis cerebral. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 14(54), 199-211.
- Yanci, J.; Reina, R.; Granados, C.; Salinero, J. J., & Los Arcos, A. (2014). Valoración y relación de las características antropométricas y la condición física en árbitros de fútbol. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 406, 15-27.
- Yanci-Irigoyen, J. (2014). Cambios en la condición física de árbitros de fútbol: un estudio longitudinal. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 10(38), 336-345.  
<https://doi.org/10.5232/ricyde2014.03804>