

# Frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol durante los partidos: una revisión sistemática

Leandro de Lima e Silva<sup>1,2</sup>, Erik Salum de Godoy<sup>1,2</sup>, Eduardo Borba Neves<sup>3</sup>, Rodrigo G. S. Vale<sup>1,2,4</sup>, Javier Arturo Hall Lopez<sup>5</sup>, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro (PPGCEE/UERJ). Brasil. <sup>2</sup>Laboratório do Exercício e Esporte (LABEES/UERJ). Brasil. <sup>3</sup>Instituto de Pesquisa do Exército (IPCFEx). Rio de Janeiro. Brasil. <sup>4</sup>Universidade Estácio de Sá. Cabo Frio. Rio de Janeiro. Brasil. <sup>5</sup>Universidad Autónoma de Baja California (UABC). México.

**Recibido:** 26.02.2018  
**Aceptado:** 18.06.2018

## Resumen

**Introducción:** El árbitro de fútbol tiene un relevante papel en la práctica de la modalidad y necesita de excelente condición física. El objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol de campo durante sus actuaciones en los juegos.

**Material y método:** Se realizó una amplia búsqueda de artículos, sin restricción de fechas, en las siguientes bases de datos electrónicas: Pubmed, Scielo y Google académico, siendo la última búsqueda efectuada el día 10/09/2017. Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: ("frecuencia cardíaca" o "heartrate" o "heart rate determination") AND ("distancia" o "distance" o "distance perception" o "vertical dimension") AND (árbitro de fútbol o "soccer referee" or "football referee").

**Resultados:** Se encontraron 78 artículos con potencial relevancia, 27 artículos contemplaron todos los criterios inclusión, sumando 428 árbitros de fútbol, analizados en 2.936 partidos de la modalidad.

**Conclusión:** Los árbitros necesitan una preparación muy específica. Recorren grandes distancias en los partidos,  $10,36 \pm 1,11$  km por juego, pero de forma muy específica. Cambian mucho de dirección, de intensidad, de velocidad y rango de frecuencia cardíaca, esto sucede varias veces de forma no progresiva. En la mayoría de los juegos, se desplazan en baja intensidad, pero los estímulos de alta intensidad son muy intensos y duran muy poco de 2 a 4 segundos en su mayoría, estando directamente en los que en esas ocasiones llegan a alcanzar el 97% de su  $FC_{máx}$ . Se sugiere como una aplicación práctica una atención especial en la preparación y el análisis de los procesos decisivos. Los árbitros deben ser entrenados, evaluados y cuantificados en circunstancias que se asemejen a las condiciones de juego, tanto física, como psicológicamente. Es necesario enlazar las demandas físicas con las cognitivas en los entrenamientos y pruebas que asemejen a los ambientes de los partidos.

## Palabras clave:

Fútbol. Frecuencia cardíaca. Desplazamiento. Revisión. Fisiología. Deporte. Movimiento. Carrera. Trabajo. Educación física.

## Heart rate and the distance performed by the soccer referees during matches: a systematic review

### Summary

**Introduction:** The football referee has an important role in the practice of the sport, requiring excellent physical conditioning. The objective of the present study was to analyze the relationship between heart rate and distance covered by field soccer referees during their performances in games.

**Material and method:** A broad search of articles was carried out, without restriction of dates, in the following electronic databases: Pubmed, Scielo and Google academic, being the last search carried out on 10/09/2017. The following search terms were used: ("heart rate" or "heart rate determination") AND ("distance" or "distance perception" or "vertical dimension") AND

**Results:** There were 78 articles with potential relevance, 27 articles included all the inclusion and exclusion criteria, totaling 428 soccer referees, analyzed in 2,936 games of the modality.

**Conclusion:** The referees need a very specific preparation. They travel long distances in games,  $10.36 \pm 1.11$  km per game, but in a very specific way. They vary greatly in direction, intensity, speed and range of heart rate, this happens several times in a non-progressive way. They work in matches with a  $FC_{med}$  ranging around  $158,88 \pm 3,99$  bpm and, in most games, they move in low intensity, but high intensity stimuli are very intense and last very little from 2 to 4 seconds, being directly connected to the crucial bids, on these occasions they reach 97% of their  $FC_{máx}$ . Finally, it is suggested as a practical application a special attention is needed in the preparation and analysis of decision-making processes. Referees need to be trained, evaluated and quantified in circumstances that resemble game conditions, both physically and psychologically. It is necessary to ally physical demands with cognitive, that resemble the environments of the matches, in the trainings and tests.

## Key words:

Soccer. Heart rate. Displacement. Review. Physiology. Sport. Movement. Running. Work. Physical education.

**Correspondencia:** Leandro de Lima e Silva  
E-mail: l.limaesilva@gmail.com

## Introducción

El árbitro de fútbol tiene un papel relevante en la práctica de la modalidad, ya que tiene la responsabilidad de aplicar las reglas del juego y, esto hace que sea posible posicionarse bien y cómodamente al momento de tomar decisiones, ya que sus decisiones sobre el juego son definitivas y validan el resultado de la disputa<sup>1</sup>.

Es necesario que el árbitro consiga acompañar los desplazamientos estando lo más cerca posible, buscando una óptica bien angulada. Esto permite que el árbitro sea imparcial y correcto, estando libre de cualquier presión psicológica o física<sup>2,3</sup>, exigiéndose así, una buena resistencia para realizar ejercicios intermitentes y prolongados<sup>4</sup>.

El interés de la ciencia por el fútbol ha aumentado considerablemente, pues el deporte es más dinámico. A partir de la década de 1990, las investigaciones, que antes eran demasiado contingentes, se volvieron más sistemáticas, pero el cambio del patrón de juego presentado por la selección campeona del mundo en 1994 parece haber sido un hito para el fútbol, así como para la comunidad académica dedicada a estudiar esta modalidad deportiva. Diversos estudios relevantes se intensificaron a partir de este acontecimiento<sup>5</sup>.

Pero los estudios, en su mayoría, apuntan al jugador. Pocos trabajos tratan sobre las necesidades físicas del árbitro de fútbol, ya que él juega un papel en el juego alcanzando frecuencias cardíacas muy elevadas. Catterall *et al.*<sup>6</sup> en investigaciones verificaron que los árbitros de fútbol, durante los partidos, alcanzaban valores medios de la frecuencia cardíaca (FC) de 165 bat.min<sup>-1</sup>. Otros estudios<sup>7-9</sup> encontraron valores equivalentes y en algunos casos incluso mayores para la FC durante el juego. Estos valores corresponden a aproximadamente el 85-90% de la frecuencia cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>)<sup>7,9,10</sup>. Es razonable afirmar que se hace necesario un nivel adecuado de aptitud física, principalmente del sistema cardiorespiratorio. El lactato sanguíneo aumentó sustancialmente cuando se comparó la evaluación del árbitro del pre-juego con el post-juego en el estudio de Castillo *et al.*<sup>11</sup>. Corroborando con lo anterior se sugiere que, el sistema anaeróbico es estimulado durante los partidos.

Durante la preparación extenuante ocurre el mayor índice de lesión sufrida por esos profesionales<sup>12</sup>. La Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) creó una prueba periódica inspirada en los desplazamientos ejecutados por los mismos durante los partidos<sup>13</sup>, que tiene carácter extenuante, y configurando otro obstáculo a ser alcanzado para que los árbitros de fútbol puedan ser considerados aptos para actuar en los partidos. Por eso es necesario planear y ejecutar entrenamientos eficaces y específicos.

Sin embargo, hasta el momento no se han encontrado revisiones sistemáticas donde se analice el efecto de la frecuencia cardíaca de los árbitros de fútbol ni sobre la distancia recorrida durante los partidos. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida por los árbitros de fútbol de campo durante sus actuaciones en los juegos.

## Material y método

La revisión de literatura se realizó de acuerdo con las líneas de recomendación para revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA<sup>14</sup>. Se llevó a cabo una amplia búsqueda, sin restricción de fechas, en

las siguientes bases de datos electrónicas: Pubmed, Scielo y Google académico, siendo la última búsqueda efectuada el día 10/09/2017.

Se utilizaron los siguientes descriptores de acuerdo con DeCS y MASH, destacando que se descartaron los descriptores que no tenían afinidad ni posibilidad de relación con el foco y objetivo de la investigación: ("frecuencia cardíaca" o "heart rate" o "heart rate determination") AND ("distancia" o "distance" o "distance perception" o "vertical dimension") AND (árbitro de fútbol o "soccer referee" or "football referee"). Pero cabe resaltar que los tres últimos términos, se utilizaron por tener conexión directa con el objetivo de este estudio y ser los términos utilizados en los artículos disponibles en las bases de datos utilizadas en esta revisión cuando el foco es el árbitro de fútbol, ya que ni el DeCS, MESH, presentaron descriptores relacionados a estos términos, y ni a sus posibles sinónimos. Además, se utilizaron tres descriptores a la vez, siempre combinando un descriptor de cada variable del estudio (FC<sub>med</sub> y distancia recorrida) con un descriptor relacionado con la muestra (árbitros de fútbol) hasta que se agotaron todas las combinaciones posibles.

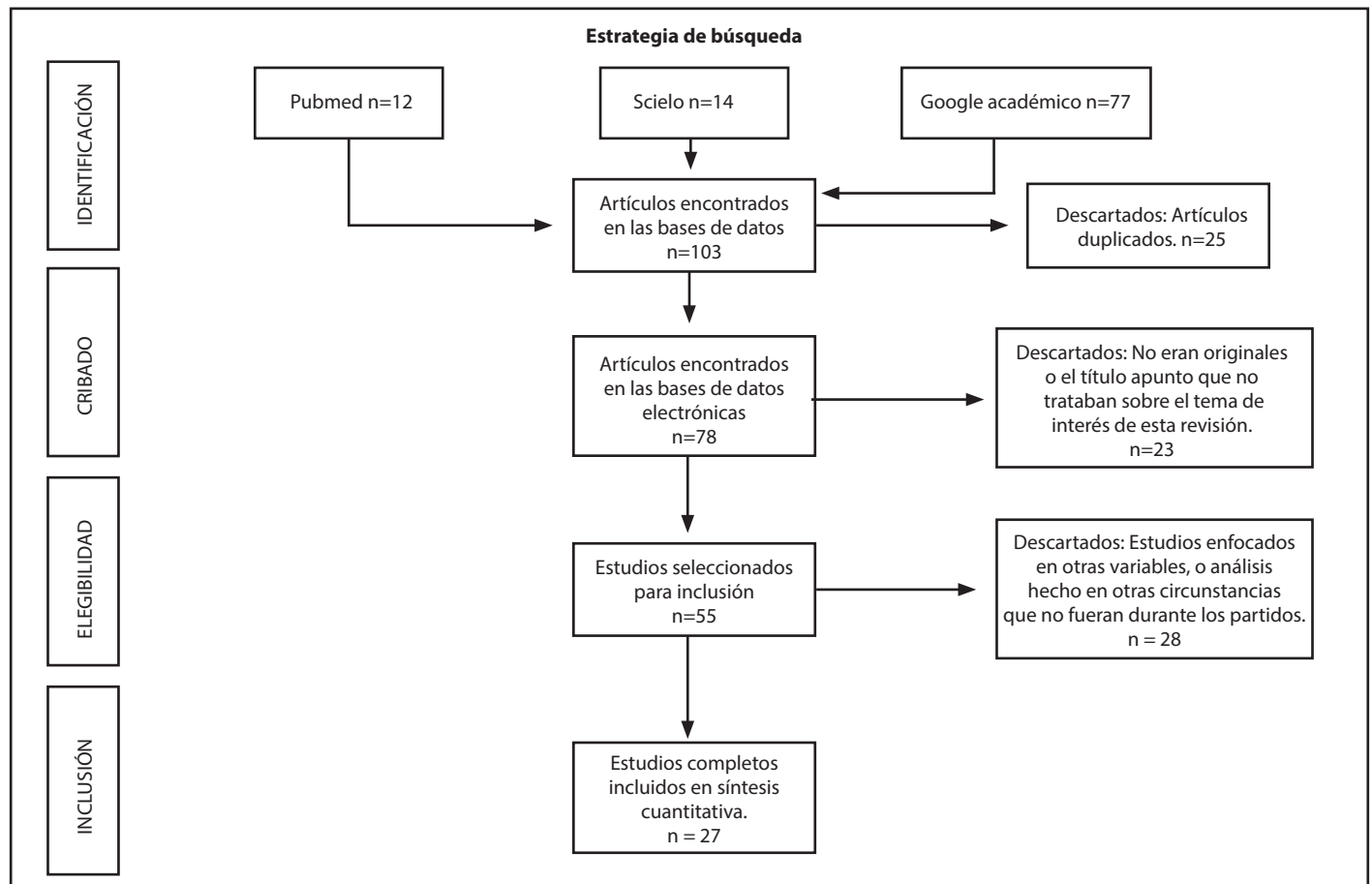
Los criterios adoptados para la inclusión de los estudios fueron: a) estudios realizados con árbitros centrales de fútbol de campo; b) estudios que analizaron y / o cuantificaron la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida durante las partidas; d) los artículos en inglés y portugués. Los criterios de exclusión adoptados fueron: a) estudios que sólo abordaban frecuencia cardíaca y/o distancia recorrida por los árbitros estando en otras actividades o ambientes, que no fueran ejerciendo sus actividades durante los partidos de la modalidad en campo; b) no es un estudio destinado a analizar juegos en las categorías sub 20 y profesional, ya que es una realidad del deporte que los atletas de la categoría sub 20 estén frecuentemente relacionados entre los atletas de la categoría arriba y, también disputen los partidos en la categoría profesional c) estudios publicados antes de 1994. Después de la inclusión, los estudios fueron cuantificados con relación al riesgo de sesgo según la escala de Loney<sup>15</sup>, apropiada para estudios con características transversales, cuya puntuación máxima a ser alcanzada por un estudio es de 8 puntos. En consecuencia, de estos criterios adoptados, la búsqueda se dio de acuerdo con el siguiente diagrama de flujo.

## Resultados

La búsqueda en las bases de datos electrónicos se encontró 78 artículos con potencial relevancia, 27 artículos cumplieron todos los criterios inclusión y exclusión, sumando 428 participantes, todos árbitros centrales de fútbol de campo a nivel profesional. Los estudios analizaron a los árbitros durante sus actuaciones en los partidos de la modalidad, lo que en el total de los trabajos encontrados reveló el análisis de estos árbitros en 2.936 partidos de fútbol. En todos los estudios, cuando fue necesario, se adoptó un nivel de significancia de  $p < 0,05$ . La exposición de los artículos analizados fue hecha para atender las variables de interés de esta revisión sistemática. De esta forma, los estudios fueron separados en dos tablas: la primera con el objetivo de presentar los artículos incluidos en la investigación, y la segunda enfocada en las variables de interés del estudio (Figura 1).

La Tabla 1 presenta las características descriptivas de los artículos de los 27 incluidos en la revisión.

Figura 1. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda, selección de los estudios incluidos y razones para la exclusión del estudio.



La Tabla 2 presenta las características descriptivas de los 27 artículos, incluidos en la revisión. Las dos primeras columnas están destinadas a identificar el estudio, la primera columna decrece la referencia bibliográfica y la segunda describe a los autores del estudio y al año. Las demás, fueron destinadas a presentar la edad media de la muestra del estudio, la distancia recorrida por los árbitros en los partidos, la  $FC_{med}$  y la  $FC_{máx}$ .

En cuanto a la distancia recorrida en los juegos en los estudios, el promedio fue de  $10,36 \pm 1,11$  km, siendo analizados 2.917 partidos. Sólo un artículo hizo mención al tiempo de experiencia en el arbitraje<sup>37</sup>, que separó su muestra en dos grupos: árbitros experimentados y árbitros no experimentados.

En cuanto al patrón de desplazamiento durante la distancia recorrida en el juego, diversos artículos analizaron teniendo en cuenta el tipo de patrón de movimiento<sup>6,7,9,16-19,26,27,29,33,40,41</sup>, donde los tipos de desplazamientos descritos no variaron en relación con la nomenclatura. En general, los patrones fueron descritos como: parado, caminando, trotando, corriendo, corriendo con intensidad, "Sprint" y desplazamiento de espaldas. En todos estos artículos la velocidad de corte para la modalidad "corriendo con intensidad" fue de  $>18$  km/h o 5 m/s.

Un hecho curioso que el análisis de los estudios antes citados reveló, y que no fue bien discutido por ninguno de ellos, fue que el tiempo y la distancia recorrida en los desplazamientos de espalda fueron siempre

mucho mayores que en "Sprint". Silva<sup>40</sup> verificó en sus resultados que los "sprints" representan menos del 1% del tiempo total del juego.

Los demás artículos<sup>6,7,9,17-19,23-25,27,29-31,34,35,37-40</sup> hicieron su análisis pautados en la intensidad del desplazamiento y, en todos ellos, el punto de corte relacionado para definir alta intensidad fue de  $>18$  km/h o  $>5$  m/s. Los resultados de estos estudios fueron coherentes en afirmar que el árbitro se desplaza, en la mayor parte del juego, a baja velocidad, pero de forma muy intermitente donde la velocidad media, teniendo como base todos los estudios, fue de  $5,9 \pm 0,26$  km/h, pero con picos cortos de alta intensidad, que duran en promedio de  $3 \pm 1,41$  segundos. En estos picos cortos, la media de las velocidades máximas de los estudios encontrados fue de  $19,84 \pm 1,56$  km/h. El mayor valor de velocidad máxima de un árbitro en juego en los estudios de esta revisión sistemática fue de 25,96 km/h, relatada en el estudio de Silva<sup>39</sup>.

La  $FC_{med}$  de los artículos encontrados fue de  $158,88 \pm 3,99$  bpm y la media de la  $FC_{máx}$  fue de  $185,02 \pm 6,99$  ppm. En la relación  $FC_{med}$  y  $FC_{máx}$  en porcentaje, la  $FC_{med}$  de los estudios presentados en la tabla 2 fue de  $85,64 \pm 1,94\%$  de la  $FC_{máx}$ .

Algunos estudios<sup>21,22,37,38</sup>, para fines de análisis, dividieron la  $FC_{med}$  en bandas basadas en el porcentaje en relación a  $FC_{máx}$  y, buscaron medir el tiempo de permanencia durante el juego en cada banda. Roman et al.<sup>21</sup>. Determinan estas fases de la siguiente manera: fase 1 ( $<35\%$ ), fase

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática.

Ref.	Autor/año	Competición	Muestra (n) (Árbitros / N. de Juegos)	Puntuación en la escala de Loney
(8)	Johnston, McNaughton (1994)	Liga estatal de Tasmania	10/10	5
(16)	Da Silva, Rodriguez-Añez (1999)	Campeonato Paranaense serie A	9/9	4
(17)	D'ottavio, Castagna (2001)	Campeonato Italiano serie A	33/96	7
(7)	D'ottavio, Castagna (2001)	Campeonato italiano serie A	18/18	6
(9)	Krustrup, Bangsbo (2001)	Liga de Dinamarca 1a e2a Div.	27/43	8
(18)	Castagna (2002)	Campeonato Italiano A e B	22/22	7
(19)	Rebelo <i>et al.</i> (2002)	Campeonato Portugués	8/8	4
(20)	Roman <i>et al.</i> (2004)	Campeonato Paranaense 1998	12/15	4
(21)	Roman <i>et al.</i> (2004)	Campeonato paranaense 1a Div.	12/12	4
(22)	Helsen, Bultynck (2004)	Euro Copa 2000	17/31	6
(23)	Castagna C <i>et al.</i> (2004)	Campeonato Italiano Serie Ay Copa Europea	13/13	6
(24)	Mallo <i>et al.</i> (2007)	Copa del Mundo sub-17	12/12	5
(25)	Weston <i>et al.</i> (2007)	Liga Inglesa 1ª Div.	19/254	7
(26)	Oliveira <i>et al.</i> (2008)	Campeonato Paulista Sub 20	8/8	5
(27)	Da Silva <i>et al.</i> (2008)	Campeonato paranaense series A y B	29/29	5
(28)	Silva (2008)	Campeonato Paranaense A e B 2005 e 2006	10/30	7
(29)	Da Silva <i>et al.</i> (2010)	Campeonatos Paranaense e Paulista	16(PN=9+SP=7)/16	6
(30)	Vieira <i>et al.</i> (2010)	Campeonato Potiguar 2009	11/21	4
(31)	Weston <i>et al.</i> (2010)	Liga inglesa 1a Div	22/778	7
(32)	Ardigò (2010)	Campeonato Italiano 6a e 7a Divisiones	6/20	5
(33)	Da Silva <i>et al.</i> (2011)	Campeonato Paranaense Serie A	10/30	6
(34)	Weston <i>et al.</i> (2011)	Liga Inglesa	59/1269	7
(35)	Dos Santos V <i>et al.</i> (2012)	Campeonato Bahiano 2012	30/138	6
(36)	Roman <i>et al.</i> (2012)	Campeonato Paranaense	12/12	4
(37)	Silva (2014)	Campeonato Cearense 3a División, Sub 20 y Copa UNIMED	28/28	6
(38)	Cipriani (2015)	Liga Portuguesa 2013 y 2014	1/11	5
(39)	Silva (2016)	Campeonato Goiano 2016	2/3	5

Ref.: referencia bibliográfica; Autor/año: autor y año de elaboración del estudio; Competición: competición que se utilizó para recopilar los datos; PN: árbitro del estado de Paraná en Brasil; SP: árbitro del estado de Sao Paulo en Brasil.

2 (35-59%), fase 3 (60-79%), fase 4 (80-89%) y fase 5 (>90%) de la  $FC_{\max}$  estimada por la fórmula de Karvonen. Ya Cipriani *et al.*<sup>38</sup> establecen estas fases por intervalos absolutos de la FC de la siguiente manera: fase 1 (75-104 bpm), fase 2 (105-125 bpm), fase 3 (126-146 bpm), fase 4 (147-167 bpm) y fase 5 (168-188 bpm), basados en una prueba de esfuerzo máximo de laboratorio, estos autores separaron las fases 4 y 5 como si fueran categorías de rendimiento, pero esas bandas son aquellas donde las intensidades se encuentran encima del umbral anaeróbico y por debajo del valor de  $VO_2\max$ , y se espera que sólo individuos entrenados demuestren este tipo de rendimiento. Además, si se intenta estudiar sus resultados, afirmar que los árbitros permanecieron 50-69% del tiempo del juego en la fase 4, encima del umbral anaeróbico.

## Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue identificar en la literatura estudios que abordaran las demandas físicas de los árbitros centrales de fútbol, en los partidos. Los estudios analizados en esta revisión sistemática

corroboran a Reilly y Gregson<sup>42</sup> que afirman que la distancia recorrida por los árbitros en los partidos de fútbol varía entre 9 a 13 km. A pesar del gran avance del fútbol en relación al pilar físico, ya en 1988, el trabajo de Asami *et al.*, pionero en la descripción de las acciones motoras del árbitro de fútbol, considerado como clásico en esta área<sup>41</sup>, ya relataba en sus resultados que corroboran esa distancia. En ese estudio, los autores analizaron la distancia recorrida en un juego por dos clases de árbitros: una de la liga japonesa, es decir, árbitros nacionales, y otra de árbitros internacionales. El desplazamiento medio de los árbitros nacionales fue de  $10.168 \pm 756$  metros, siendo que los árbitros internacionales presentaron un desplazamiento promedio de  $9.736 \pm 1.077$  metros.

Gran parte de los estudios encontrados hacen mención a la distancia recorrida midiendo esa distancia en cada acción motora ejecutada por esos profesionales en actuación en los juegos. El árbitro pasa la mayor parte del tiempo en actividades de baja intensidad caminando o trotando. Algunos estudios afirmaron que ellos caminan más, otros afirmaron que lo árbitro trota más durante el juego. Esto dependerá en gran medida de la intensidad del juego. El porcentaje relacionado a la caminata en los artículos fue de 30 a 60% durante el juego. Esta

**Tabla 2. Distancia recorrida, FC<sub>med</sub> e FC<sub>máx</sub> de los árbitros de fútbol durante los partidos.**

Ref.	Autor/año	Edad media de la muestra	Distancia recorrida	FC <sub>med</sub>	FC <sub>máx</sub>
(8)	Johnston, McNaughton (1994)	---	9,40±0,83	1° tiempo: 163 2° tiempo: 162	191,76
(16)	Da Silva, Rodriguez-Añez (1999)	---	9,29±0,62	---	---
(17)	D'ottavio, Castagna (2001)	37,8±2,1	11,49±0,98	---	---
(7)	D'ottavio, Castagna (2001)	37,5±2,14	11,17±1,69	163±5	183,5
(9)	Krustrup, Bangsbo (2001)	38 (de 29 a 47)	10,07±0,13	162±2	190,5
(18)	Castagna (2002)	37,0±2,4	11,63±0,9	---	---
(19)	Rebello <i>et al.</i> (2002)	37±6,6	---	150±21,9	176±17
(20)	Roman <i>et al.</i> (2004)	37,1±6,8	10,71±0,89	---	---
(21)	Roman <i>et al.</i> (2004)	35,5±6,7	10,71±0,89	156,5±13,2	179,5±12,1
(22)	Helsen, Bultynck (2004)	40,2±3,9	---	155±16	182,35
(23)	Castagna <i>et al.</i> (2004)	37±3	12,95±0,54	---	---
(24)	Mallo <i>et al.</i> (2007)	33,4±3,8	11,05±0,93	161±8	187
(25)	Weston <i>et al.</i> (2007)	40,1± 4,9	11,62±0,73	---	---
(26)	Oliveira <i>et al.</i> (2008)	26,79,73±4,13	9,35±1,02	160,51±2	---
(27)	Da Silva <i>et al.</i> (2008)	38,9±3,8	9,15±0,07	---	---
(40)	Silva (2008)	38,89±3,79	9,18±0,39	---	---
(29)	Da Silva <i>et al.</i> (2010)	PN=38,44±4,0 SP=27,29±4,7	9,13±0,25 10,03±0,84	---	---
(30)	Vieira <i>et al.</i> (2010)	36,36 ± 6,34	10,50 ± 0,35	162,77 ± 7,44	182,22 ± 7,72
(31)	Weston <i>et al.</i> (2010)	(31-48)	11,53±0,74	---	---
(32)	Ardigò (2010)	22,6±2,4	11,39±0,69	163±8	201
(33)	Da Silva <i>et al.</i> (2011)	38±1,1	9,18±0,12	---	---
(34)	Weston <i>et al.</i> (2011)	(22-49)	11,77±0,80	---	---
(35)	Dos Santos <i>et al.</i> (2012)	---	10,05	---	---
(36)	Roman <i>et al.</i> (2012)	35,5±6,7	10,71±0,89	156,5±13,2	179,5±12,1
(37)	Silva (2014)	Arb. Exp. 31,17±5,18 Ñ. Exp. 28,60±5,06	Arb. Exp. 9,3±0,7 Ñ. Exp. 8,8±0,9	1° tiempo: 157.23 ±12.92 2° tiempo: 155.31 ±12.43	1° tiempo: 180,46±9,31 2° tiempo: 181,62 ±15.84
(38)	Cipriani (2015)	(un árbitro) 39	---	159	191
(39)	Silva (2016)	37,6±4,39	9,2±0,65	---	---

Arb. Exp.: árbitro con experiencia; Ñ. Exp.: árbitro sin experiencia; PN: Paraná; SP: São Paulo; 1° tiempo: primera parte de 45 minutos del juego; 2° tiempo: segunda parte de 45 minutos del juego; PN: árbitro del estado de Paraná en Brasil; SP: árbitro del estado de Sao Paulo en Brasil.

gran variación en el porcentaje de caminata en los partidos parece sufrir influencia incluso de la región donde el juego ocurre. En el caso de los árbitros brasileños, caminaron el 58% del tiempo total de juego, al igual que en otro estudio con árbitros daneses<sup>9</sup>, ese tiempo de caminata durante el juego correspondió al 40% y los árbitros japoneses y portugueses caminaba sobre 33% del partido<sup>19,41</sup>. Las diferencias de estilo de juego (entre países) también deben tenerse en cuenta cuando se comparan los resultados encontrados.

Es consenso que las acciones motoras más utilizadas por los árbitros son el trote y la caminata<sup>6-9,16-19,24,26,29,34,40,41</sup>, pero también es unánime que la intensidad del juego tiene gran influencia en este aspecto. El perfil de la actuación de los árbitros es directamente influenciado por la distancia cubierta por la pelota en el juego<sup>24</sup>. El estudio de Weston *et al.*<sup>25</sup> realizado con 19 árbitros analizados en 254 partidos en Inglaterra durante la Premier League, estudiaron una correlación positiva de la performance

física de los árbitros con la de los jugadores, también observaron que el desempeño físico de los árbitros presentó una correlación negativa entre el primer y segundo tiempo de los juegos, pues cuando el primer tiempo es muy intenso tiende a disminuir en el segundo tiempo, suponiendo que un comportamiento de ahorro de energía puede estar siendo adoptado por los árbitros. El estudio de Costa *et al.*<sup>43</sup> aunque no se ha incluido entre los artículos de esta revisión sistemática, no encontró diferencias significativa en la distancia recorrida, ni en la velocidad máxima entre el primer y segundo tiempo del partido. A pesar de esto, la velocidad media y el tiempo que se mantuvieron entre el 90-100% de la FC<sub>máx</sub> fue mayor en el primer tiempo de los partidos. Esta alternancia de intensidad entre los tiempos del partido también fue verificada en otros estudios<sup>8,9,17,20,26,27</sup>.

La frecuencia cardíaca es otro factor relevante. La FC<sub>med</sub> en juego representa en promedio 70 a 85% de la FC<sub>máx</sub> estimado. El estudio de

Krustrup y Bangsbo<sup>9</sup> observó que el valor más alto de frecuencia cardíaca que un árbitro alcanza en un partido corresponde a cerca del 97% de su  $FC_{m\acute{a}x}$ . Esta información puede ser relacionada con los datos literarios para jugadores de fútbol. En este sentido, se observa que la frecuencia cardíaca del jugador durante el partido varía entre el 80 y el 90% de la  $FC_{m\acute{a}x}$ <sup>44-46</sup>, valores cercanos a los presentados por los árbitros de fútbol.

El partido exige de los árbitros un tipo de desplazamiento muy atípico, con características demasiado intermitentes, con mucha alternancia de ritmo muy brusca e inesperada. El sistema de producción de energía más solicitado en los partidos es el aeróbico, pero las intervenciones anaeróbicas parecen ser las más importantes para la actuación de los árbitros de fútbol. A pesar de esto, estas intervenciones ocurren en menor cantidad durante un partido. Los estudios de esta revisión sistemática corroboraron esa menor cantidad de acciones de alta intensidad (*sprints*) y relatan incluso que son menos utilizadas que los desplazamientos de espaldas de los árbitros en los partidos<sup>6,8,9,17-19,24,25,29,40,41</sup>.

Por otro lado, a pesar de que el acondicionamiento físico es importante, el poder decisorio es el punto crucial del juego<sup>29</sup>. En cuanto a esto, algunos estudios apuntan que los árbitros más experimentados tienden a acertar más<sup>22,25,30,31,34,36,37</sup>. Silva<sup>37</sup> concluye en su estudio, que además de tender a acertar más, los árbitros más experimentados fueron mejores en el control de la FC, manteniendo incluso el ritmo entre los tiempos del partido. El estudio de Aoba *et al.*<sup>47</sup> encontró una diferencia significativa entre los árbitros de nivel internacional y nivel nacional de la asociación Japonesa de fútbol (JFA) en relación a la distancia de los puntos en que ocurrieron faltas hasta el lugar donde los árbitros estaban. En este estudio los árbitros fueron evaluados por distancia de movimiento, distancia de los puntos en que ocurrieron faltas hasta el lugar donde los árbitros estaban y frecuencia cardíaca. Por todos esos indicios, parece que la experiencia beneficia al árbitro en la toma de decisión y en la administración del esfuerzo físico durante el juego, hecho que requiere más estudios, pues es necesario analizar a qué distancia de las acciones de juego los árbitros estaban en el momento de las decisiones. Esto puede variar bastante y no alterar la distancia recorrida por el mismo, y es consenso que, la distancia aumentada en relación a una acción de juego dificulta su evaluación. Tal vez esto haya ocurrido porque los árbitros más experimentados tienden a tener una mejor evaluación espacial en el campo de juego, pudiendo alterar su movimiento en el partido, desgastándose menos y llegando a una distancia cómoda para evaluar la jugada.

En el caso de los árbitros de la federación paranaense de fútbol<sup>36</sup>, corrobora esta línea de raciocinio, el estudio realizado con árbitros de fútbol relata que los que tienen más años de experiencia son más seguros y no necesitan estar tan cerca para analizar las acciones de juego, y que los más jóvenes corren más durante los partidos. Aunque hay un protocolo que oriente este movimiento en juego sugerido por la FIFA y sus entidades afiliadas<sup>1,48,49</sup>, parece que el tiempo de arbitraje puede mejorar ese movimiento alcanzando decisiones correctas con menor esfuerzo. El más importante para el éxito del árbitro de fútbol es realmente la decisión, que se toma en corto tiempo y en estado metabólico bien alterado dependiendo del momento del juego<sup>31</sup>.

Las cuestiones cognitivas son imprescindibles para esta modalidad deportiva. Algunos de estos temas, como por ejemplo, la autoconfianza

y la ansiedad se asocian al riesgo de que los jóvenes se lesionen durante las disputas<sup>50</sup>. Para los árbitros de fútbol los factores cognitivos también son importantes y pueden sufrir influencias de aspectos relacionados al ambiente de juego, así como de factores fisiológicos. Gomez-Carmona *et al.*<sup>51</sup> verificaron en su estudio que los aspectos que influenciaron la decisión de los árbitros y causaron los errores fueron: la parte del campo, el período de juego y la  $FC_{m\acute{a}x}$  porcentaje del árbitro.

Helsen y Bultynck<sup>22</sup> hicieron un estudio sobre las decisiones de los árbitros en los partidos. En este estudio, apuntan que estos profesionales toman en promedio 137 decisiones observables durante el juego. Esto fue medido a través del lenguaje corporal de los árbitros en el replay en video de los partidos y varió de 104 a 162. Los autores relataron que el 64% de esas decisiones fueron tomadas en comunicación con los árbitros asistentes y con el cuarto árbitro. También afirman que es importante para los árbitros entrenar en video, asistiendo acciones de juego, pero no es posible elevar un árbitro al nivel de especialista simplemente por imitación perspectiva. Los entrenamientos y evaluaciones visuales todavía son muy limitados porque se realizan generalmente en ambientes estáticos. Lo que es comprensible debido a la complejidad de simular el ambiente decisorio como los árbitros de fútbol en los juegos en ambiente controlado.

## Conclusión

Los resultados apuntan que los árbitros de fútbol recorren grandes distancias en los juegos ( $10,36 \pm 1,11$  km), pero de forma muy específica y cambian mucho de dirección, de intensidad, velocidad y rango de frecuencia cardíaca. Esto sucede varias veces de forma no progresiva. La  $FC_{med}$  es de  $158,88 \pm 3,99$  bpm durante los partidos y, en la mayoría de los partidos, los árbitros se desplazan a baja intensidad. Sin embargo, los estímulos de alta intensidad son muy intensos y duran muy poco, cerca de 2 a 4 segundos, estando directamente conectados a las jugadas cruciales del juego. En esas ocasiones llegan a alcanzar el 97% de su  $FC_{m\acute{a}x}$ .

Se sugiere como aplicación práctica una atención especial en la preparación, así como en el análisis de los procesos decisorios de estos profesionales. Los estudios apuntan que aún hay mucho que evolucionar en el aspecto cognitivo. Los árbitros deben ser entrenados, evaluados y cuantificados en circunstancias que se asemejen a las condiciones de juego. Es necesario que se conozca mejor las condiciones en que esos momentos de decisión están siendo procesados, tanto físicamente, como psicológicamente, para que se pueda elaborar y perfeccionar los entrenamientos.

Se recomiendan estudios que investiguen las asociaciones entre las demandas físicas y cognitivas, y que presenten comparaciones entre los ambientes de los partidos en los entrenamientos y con el juego oficial. Esto puede desarrollar la práctica del arbitraje y favorecer el éxito del fútbol.

## Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

## Bibliografía

- IFAB. Soccer laws illustrated: officially approved and recommended by The Referees' Committee of FIFA: with the laws of the game and decisions of the International Football Association Board: FIFA; 2017/2018. 202 p.
- Costa VTd, Ferreira RM, Penna EM, Costa ITd, Noce F, Simim MAdM. Análise estresse psíquico em árbitros de futebol. *Rev Bras Psic Esp*. 2010;3(2):2-16.
- Rontoyannis G, Stalikas A, Sarros G, Vlastaris A. Medical, morphological and functional aspects of Greek football referees. *J Sports Med Phys Fit*. 1998;38(3):208-14.
- Rebello A, Silva S, Pereira N, Soares J. Stress físico do árbitro de futebol no jogo. *Rev port ciênc desporto*. 2002;2(5):24-30.
- Settoni Giglio S, Spaggiari E. A produção das ciências humanas sobre futebol no Brasil: um panorama (1990-2009). *Rev História*. 2010(163).
- Catterall C, Reilly T, Atkinson G, Coldwells A. Analysis of the work rates and heart rates of association football referees. *Brit J Sport Med*. 1993;27(3):193-6.
- D'ottavio S, Castagna C. Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play. *J Sports Med Phys Fit*. 2001;41(1):27.
- Johnston L, McNaughton L. The physiological requirements of Soccer refereeing. *Aust J Sci Med Sport*. 1994;26(3-4):67-72.
- Krustrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sport Sci*. 2001;19(11):881-91.
- Harley R, Tozer K, Doust J. An analysis of movement patterns and physiological strain in relation to optimal positioning of association football referees. In: Spinks W, Reilly, T. and Murphy, A., eds, editor. *Science and football IV*. Routledge, London 2001. p. 137-43.
- Castillo D, Yanci J, Cámara J, Weston M. The influence of soccer match play on physiological and physical performance measures in soccer referees and assistant referees. *J Sports Sci*. 2016;34(6):557-63.
- de Oliveira MC, Reis LN, da Silva AI. Injury incidence in Brazilian football referees. *Arch Med Deporte*. 2016;33(172):108-12.
- FIFA F. referee physical fitness test. Multimedia Teaching Material. Zurich Switzerland, Fédération Internationale de Football Association, April, CD-ROM, Macromedia Flash Player 2006.
- Galvão TF, Pansani TdSA, Harad D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol Serv Saúde*. 2015;24:335-42.
- Loney PL, Chambers LW, Bennett KJ, Roberts JG, Stratford PW. Critical appraisal of the health research literature prevalence or incidence of a health problem. *Chronic Diseases and Injuries in Canada*. 1998;19(4):170.
- Da Silva AI, Rodriguez-Añez C. *Ações motoras do árbitro de futebol durante a partida. Treinamento Desportivo*. Londrina: Editora Treinamento Desportivo. 1999;4(2):5-11.
- D'ottavio S, Castagna C. Analysis of match activities in elite soccer referees during actual match play. *J Strength Cond Res*. 2001;15(2):167-71.
- Castagna C, Abt G, D'ottavio S. Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res*. 2002;16(2):231-5.
- Rebello A, Silva S, Pereira N, Soares J. Stress físico do árbitro de futebol no jogo. *Rev port ciênc desporto*. 2002;2(5):24-30.
- Uma análise das alterações nas variáveis fisiológicas e aptidão física (teste da FIFA) e suas prováveis interferências no desempenho do árbitro durante a partida [Internet]. UNICAMP. 1999 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000202204>.
- Roman ER, Arruda Md, Gasperin C, Fernandez R, Da Silva A. Estudo da desidratação, intensidade da atividade física e distância percorrida pelo árbitro de futebol durante a partida. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2004;2:160-71.
- Helsen W, Bultynck J-B. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sport Sci*. 2004;22(2):179-89.
- Castagna C, Abt G, D'ottavio S. Activity profile of international-level soccer referees during competitive matches. *J Strength Cond Res*. 2004;18(3):486-90.
- Mallo J, Navarro E, García-Aranda J-M, Gilis B, Helsen W. Activity profile of top-class association football referees in relation to performance in selected physical tests. *J Sci Med Sport*. 2007;25(7):805-13.
- Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, Abt G. Analysis of physical match performance in English Premier League soccer referees with particular reference to first half and player work rates. *J Sci Med Sport*. 2007;10(6):390-7.
- Oliveira Mcd, Guerrero Santana CH, Barros Neto Tld. Análise dos padrões de movimento e dos índices funcionais de árbitros durante uma partida de futebol. *Fit Perf J*. 2008;7(1):41-7.
- da Silva AI, Fernandes LC, Fernandez R. Energy expenditure and intensity of physical activity in soccer referees during match-play. *J Sport Sci*. 2008;7(3):327.
- Da Silva AI. Reposição hídrica e gasto energético do árbitro de futebol no transcorrer da partida: Tese de Doutorado. Curitiba. UFPR; 2007.
- Da Silva AI, Fernandez R, De Oliveira MC, de Barros Neto TL. Nível de desidratação e desempenho físico do árbitro de futebol no Paraná e São Paulo. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2010;9:148-55.
- Vieira CMA, Costa EC, Aoki MS. O nível de aptidão física afeta o desempenho do árbitro de futebol? *Rev Bras Edu Fis Esp*. 2010;24(4):445-52.
- Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, Breivik S. Ageing and physical match performance in English Premier League soccer referees. *J Sport Sci*. 2010;13(1):96-100.
- Ardigò LP. Low-cost match analysis of Italian sixth and seventh division soccer refereeing. *J Strength Cond Res*. 2010;24(9):2532-8.
- Da Silva A, Fernandes L, Fernandez R. Time motion analysis of football (soccer) referees during official matches in relation to the type of fluid consumed. *Braz J Med Biol Res*. 2011;44(8):801-9.
- Weston M, Drust B, Atkinson G, Gregson W. Variability of soccer referees' match performances. *Int J Sports Med*. 2011;32(03):190-4.
- Goncalves dos Santos V, Navarro F, Dortas AG. O esforço físico realizado pelos árbitros em jogos oficiais do campeonato Baiano de futebol profissional. *RBFF-Rev Bras Futsal e Futebol*. 2012;4(12):124-30.
- Roman ER, Arruda M, Da Silva AI. Estudo da relação entre o perfil antropométrico, variáveis do jogo e testes físicos da FIFA em árbitro de futebol. *RBFF-Rev Bras Futsal e Futebol*. 2012;4(12):98-107.
- Varição da capacidade de decisão dos árbitros de futebol em função da experiência e aptidão aeróbia [Internet]. Repositório da UTAD. 2014 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://hdl.handle.net/10348/3019>.
- Avaliação da performance do árbitro de futebol 11: estudo de caso [Internet]. Universidade de Lisboa. 2015 [cited January 10, 2018]. Available from: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/11962/1/Tese%20Mestrado%201.pdf>.
- Análise do desempenho físico de árbitros de futebol durante as finais do campeonato goiano de 2016 [Internet]. UFG. 2016 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/11943/5/TCCG%20-%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20F%C3%ADsica%20-%20Rodrigo%20Mendon%C3%A7a%20Silva.pdf>.
- Reposição hídrica e gasto energético do árbitro de futebol no transcorrer da partida [Internet]. Universidade Federal do Paraná. 2008 [cited January 10, 2018]. Available from: <http://hdl.handle.net/1884/14658>.
- Asami T, Togari H, Ohashi J. *Analysis of movement patterns of referees during soccer matches*. London: Spon (Verlag): Science and football;1988.
- Reilly T, Gregson W. Special populations: the referee and assistant referee. *J Sport Sci*. 2006;24(07):795-801.
- Costa EC, Vieira CM, Moreira A, Ugrinowitsch C, Castagna C, Aoki MS. Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *J Sports Sci Med*. 2013;12(3):559.
- Balikian Junior P, Lourenção A, Ribeiro LFP, Festuccia WTL, Neiva CM. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. *Rev Bras Med Esp*. 2002:32-6.
- Silva PRS, Romano A, Texeira AAA, Visconti AM, Roxo CDMN, Machado GS, Vidal JRR, Inarra LA. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx) em jogadores de futebol. *Rev Bras Med Esporte*. 1999;5(6):225-32.
- Silva S, Pereira J, Kaiss L, Kulaitis A, Silva M. Diferenças antropométricas e metabólicas entre jogadores de futebol das categorias profissional, júnior e juvenil. *Rev Trein Desportivo*. 1997;2(3):35-9.
- Aoba Y, Yoshimura M, Miyamori T, Suzuki S. Assessment of soccer referee performance during games. *Football Sci*. 2011;8:8-15.
- Campo tático [Internet]. Comissão de Arbitragem do Rio de Janeiro. 2017. Available from: <http://www.coafri.com.br/anexos/campotatico2017.pdf>.
- FIFA, cartographer Objectivos para instructores de Brasil - Manual de instruções RAP 102015.
- Abenza L, Olmedilla A, Ortega E, Esparza F. Lesiones y factores psicológicos en futbolistas juveniles. *Arch Med Deporte*. 2009;(132):280-8.
- Gomez-Carmona C, Pino-Ortega J. Kinematic and physiological analysis of the performance of the referee football and its relationship with decision making. *J Hum Sport Exerc*. 2016;11(4):397-414.