

Influencia del criterio de determinación de la frecuencia cardiaca máxima sobre la cuantificación de la carga interna en el arbitraje

Daniel Castillo Alvira¹, Jesús Cámara Tobalina², Javier Yanci Irigoyen²

¹Universidad Internacional Isabel I de Castilla. Burgos. ²Facultad de Educación y Deporte. Universidad del País Vasco. UPV/EHU. Vitoria-Gasteiz.

Recibido: 09.10.2017

Aceptado: 10.01.2018

Resumen

Los objetivos de este estudio fueron, por un lado, analizar las diferencias en la carga interna de partido (CIP) entre árbitros de campo (AC) y asistentes (AA) medida mediante diferentes métodos de cuantificación en partidos oficiales, y por otro lado, conocer si existen diferencias en la CIP utilizando distintos criterios para determinar la frecuencia cardiaca máxima (FC_{max}) individual (FC_{max} alcanzada en un test incremental o FC_{max} alcanzada en el partido). En este estudio participaron 41 colegiados que arbitraron 21 partidos oficiales de Liga de la Tercera División de Fútbol de España, de los cuales, 21 eran AC y 20 AA. La CIP fue determinada mediante los métodos de Edwards (Edwards'_CIP) y de Stagno (Stagno's_CIP) atendiendo a la FC_{max} individual alcanzada en algún momento del partido ($CIP_{PARTIDO}$) y durante el test YoYo de recuperación intermitente, YYIR1 (CIP_{YYIR1}). Los AC registraron mayores valores de Edwards'_CIP y Stagno_CIP que los AA con ambos criterios de determinación de la FC_{max} . Además, a pesar de que se observan diferencias altas-muy altas-extremadamente altas en los métodos de cuantificación de la CIP utilizando distintos criterios para determinar la FC_{max} individual ($FC_{maxPARTIDO}$ o $FC_{maxYYIR1}$) tanto en todos, en AC y en AA, las asociaciones fueron muy altas y casi perfectas en la CIP calculada con distintos criterios de determinación de la FC_{max} . Estos resultados sugieren que puede ser adecuado utilizar cualquiera de estos criterios de determinación de la FC_{max} para cuantificar la CIP tanto con el método Edwards'_CIP como con el método Stagno's_CIP.

Palabras clave:

Frecuencia cardiaca. Métodos. Asociación. Competición. Arbitraje.

Influence of the maximum heart rate determination criterion on the quantification of the internal load in soccer refereeing

Summary

The aims of this present study were, on the one hand, to analyze the differences in the match internal load (CIP) between field referees (AC) and assistants (AA) measured by different methods of quantification during official matches, and on the other hand, to know whether exist differences in the CIP using different criteria to determine the individual maximum heart rate (FC_{max}) (FC_{max} achieved in the incremental test or FC_{max} achieved during the match). In this study participated 41 match officials who refereed during 21 official matches in a Spanish Third Division League, of which, 21 were AC and 20 were AA. CIP was determined by Edwards method (Edwards'_CIP) and Stagno method (Stagno's_CIP) attending to the individual FC_{max} obtained during the match ($CIP_{PARTIDO}$) and during the YYIR1 test (CIP_{YYIR1}). AC registered higher values of Edwards'_CIP and Stagno_CIP than AA with both criteria of determination of FC_{max} . In addition, despite high-very high-extremely high differences were observed CIP methods using different criteria to determine the individual FC_{max} ($FC_{maxPARTIDO}$ or $FC_{maxYYIR1}$) in all match officials, in AC and in AA, the associations were very high and almost perfect in the CIP calculated with different criteria of determination of FC_{max} . The results of this investigation suggest that it could be appropriate to use both determination of FC_{max} criteria to quantify CIP with Edwards'_CIP and Stagno's_CIP methods.

Key words:

Heart rate. Methods. Association. Competition. Soccer refereeing.

Correspondencia: Daniel Castillo Alvira
E-mail: daniel.castillo@ui1.es

Introducción

Cuantificar la carga interna de partidos (CIP) de los árbitros de fútbol es muy relevante con el fin de poder tener información para controlar las cargas de entrenamiento semanales¹. Este conocimiento de la CIP de los árbitros de fútbol puede proporcionar a los profesionales encargados de la preparación física una adecuada herramienta para la prescripción óptima de la dosis de entrenamiento². La CI en árbitros de fútbol, a pesar de que también se ha determinado mediante métodos subjetivos como la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE)³, ha sido descrita principalmente mediante métodos objetivos como la monitorización de la frecuencia cardíaca (FC)⁴⁻⁶. A pesar de que los métodos basados en la FC para determinar la CIP han sido ampliamente utilizados en competiciones arbitradas por árbitros profesionales y/o internacionales^{4,7,8}, pocos son los estudios realizados en niveles competitivos más bajos⁹, por lo que conocer la CIP durante los partidos en estas categorías de menor nivel competitivo sería también de gran interés.

En la literatura científica se han utilizado distintos métodos basados en la FC para la cuantificación de la carga de partido¹⁰⁻¹² especialmente en deportes colectivos¹³⁻¹⁶. Algunos de los métodos para cuantificar la CIP más utilizados son el cálculo del porcentaje de tiempo pasado por los deportistas a distintas intensidades de esfuerzo^{17,18}, el método Edwards¹⁹ y el método Stagno^{20,21}. Concretamente en árbitros de fútbol, se han obtenido distintas variables que permiten cuantificar la CIP mediante métodos basados en la FC como el tiempo pasado en diferentes intensidades de esfuerzo y el método de cuantificación de la carga de partido atendiendo al método Edwards^{5,22-24}. Estos estudios han observado que los árbitros de campo (AC) pasan aproximadamente el 95% del tiempo total del partido por encima del 80% de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{max})²³ mientras que los árbitros asistentes (AA) pasan alrededor del 50% del tiempo total por encima de esta intensidad^{8,24}. Además, durante partidos oficiales de categoría nacional se han observado mayores valores de CIP, calculados mediante el método Edwards, en AC que en AA⁵. Estas diferencias en la CIP entre AC y AA pueden ser debidas al patrón de movimiento de los AA basado en movimientos laterales y aceleraciones y deceleraciones de corta duración¹. Sin embargo se desconoce si otros métodos que cuantifican la CIP (por ejemplo el método Stagno) son sensibles a las diferencias encontradas entre AC y AA.

Para calcular la CIP acumulada por los AC y AA en los partidos mediante los métodos mencionados, asiduamente se ha tomado como referencia el valor de FC_{max} individual de los árbitros^{23,25,26} y a partir de este valor se determina el tiempo transcurrido en las diferentes zonas de intensidad. Sin embargo, no todos los estudios publicados en la literatura científica tienen el mismo criterio para establecer cuál es la FC_{max} individual de los árbitros. Mientras que Boullousa *et al.* (2012), en árbitros de categorías no profesionales (regional y tercera división) de la liga española, utilizaron la FC_{max} alcanzada por los árbitros en un test de campo incremental (test Yo-Yo recuperación intermitente nivel 1, YYIR1), otros autores como Costa *et al.* (2013) o Castillo, Yanci, *et al.* (2016) en árbitros brasileños y en árbitros de la tercera división de la liga española, respectivamente, establecen como criterio de FC_{max} el valor de FC más alto registrado en el propio partido. Debido a la disparidad de criterios para establecer la FC_{max} individual, las comparaciones entre resultados

pueden resultar complicadas. Asiduamente se realizan comparaciones en los resultados obtenidos en distintos estudios a pesar de que el método para determinar la FC_{max} sea distinto, lo que puede provocar un importante error en la interpretación de los mismos. En este sentido, sería interesante conocer si calcular la CIP acumulada por árbitros de fútbol en los partidos oficiales puede estar condicionado por el criterio utilizado en la determinación de la FC_{max} , es decir, si la CIP es distinta si se utilizan criterios diferentes para establecer la FC_{max} .

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron, 1) analizar las diferencias en la carga interna entre árbitros de campo y asistentes medida mediante diferentes métodos de cuantificación en partidos oficiales, y 2) conocer si existen diferencias en la carga interna utilizando distintos criterios para determinar la FC_{max} individual (FC_{max} alcanzada en un test incremental o FC_{max} alcanzada en el partido). Como hipótesis se establecieron, por un lado, que la CIP registradas mediante diferentes métodos de cuantificación de la carga son mayores en AC que en AA y, por otro lado, que dependiendo del criterio utilizado para determinar la FC_{max} podría haber diferencias en la magnitud de la CIP.

Material y método

Participantes

En este estudio participaron 41 colegiados pertenecientes al Comité Navarro de Árbitros de Fútbol y que arbitaban en la 3ª división nacional de la liga española, de los cuales, 21 eran AC y 20 AA (Tabla 1). Todos los colegiados entrenaban al menos tres sesiones por semana y oficiaban aproximadamente tres partidos al mes. Los participantes fueron informados de los procedimientos, metodología, beneficios y posibles riesgos del estudio y firmaron el consentimiento informado. El estudio siguió las pautas marcadas 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) y se realizó bajo los estándares éticos establecidos para investigaciones en ciencias del deporte y del ejercicio²⁷.

Tabla 1. Características de todos los árbitros, árbitros de campo (AC) y árbitros asistentes (AA) participantes en el estudio.

	Todos (n = 41)	AC (n = 21)	AA (n = 20)
Edad (años)	26,95 ± 6,90	28,29 ± 6,44	25,55 ± 7,25
Masa (kg)	73,66 ± 7,75	72,81 ± 8,80	74,55 ± 6,57
Talla (m)	1,77 ± 0,06	1,78 ± 0,07	1,77 ± 0,06
IMC (kg·m ⁻²)	23,38 ± 2,13	22,96 ± 1,56	23,83 ± 2,58
Experiencia arbitraje (años)	9,76 ± 5,70	11,52 ± 5,60	7,90 ± 5,31
Experiencia 3ª División (años)	4,37 ± 4,75	4,38 ± 3,38	4,35 ± 5,95
$FC_{maxYYIR1}$ (ppm)	187,24 ± 7,86	185,57 ± 7,26	189,00 ± 8,27
$FC_{maxPARTIDO}$ (ppm)	173,63 ± 13,93	182,00 ± 8,82	164,85 ± 12,96
% $FC_{maxYYIR1}$	92,78 ± 7,07	98,07 ± 2,69	87,23 ± 5,85

IMC: índice de masa corporal; $FC_{maxYYIR1}$: frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el test; $FC_{maxPARTIDO}$: frecuencia cardíaca pico alcanzada en el partido; % $FC_{maxYYIR1}$: porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima en el test registrado durante los partidos.

Procedimiento

En el presente estudio, se registraron las respuestas fisiológicas o CIP de árbitros de fútbol que oficiaron 21 partidos oficiales de Liga de la Tercera División de Fútbol de España (Grupo XV). Para calcular la CIP de los partidos se utilizaron dos criterios distintos de determinación de la FC_{max} individual de cada árbitro tanto en un test incremental de campo intermitente ($FC_{maxYYIR1}$) realizado la semana previa a disputar el partido, así como la FC_{max} alcanzada durante el partido oficial disputado ($FC_{maxPARTIDO}$). Los valores de FC se registraron usando la banda de transmisión, la cinta y el transmisor Polar Team 2 (Polar Team System®, Kempele, Finlandia) con una frecuencia de muestreo de 0,2 Hz. A los participantes se les dieron instrucciones de no entrenar en las 48 horas previas a realizar las pruebas para evitar los efectos de la fatiga en los resultados de las mediciones. Los árbitros tenían una dieta similar basada en el 55% de las calorías totales derivadas de carbohidratos, el 25% de grasas y el 20% de proteínas. Todos los partidos analizados se disputaron en cuatro terrenos de juego de dimensiones y características similares (100 x 64 m) y bajo condiciones climatológicas no adversas (10-20 °C). El horario designado para la disputa de todos los encuentros fue a las 16:00 h.

Test incremental de campo para determinar la FC_{max}

El YYIR1 consistió en recorrer sucesivamente una distancia de 40 m con carreras de ida y vuelta (2 x 20 m) alternadas con un periodo de descanso de 10 s donde los participantes permanecían activos realizando una carrera lenta, desplazándose en una distancia de 5 m. La velocidad de carrera se incrementaba progresivamente y al unísono de una señal sonora que iba reduciendo el tiempo entre las sucesivas señales. El test terminaba para cada participante cuando no era capaz de recorrer la distancia correspondiente en el tiempo establecido²⁸. Se registró la frecuencia cardíaca máxima individual ($FC_{maxYYIR1}$) alcanzada por cada árbitro en el test mediante pulsómetros Polar Team 2 (Polar Team System®, Kempele, Finlandia).

Determinación de la FC_{max} en los partidos

La FC durante los partidos oficiales fue registrada utilizando pulsómetros Polar Team 2 (Polar Team System®, Kempele, Finlandia). La FC más elevada alcanzada por cada uno de los AC y AA, fue considerada como la FC_{max} del partido ($FC_{maxPARTIDO}$).

Determinación de la carga interna en partidos

La CIP fue determinada mediante los métodos de Edwards y de Stagno atendiendo tanto a la FC_{max} individual alcanzada en algún momento del partido ($CIP_{PARTIDO}$) como mediante la FC_{max} obtenida en el test YYIR1 (CIP_{YYIR1}).

Método Edwards

La CIP medida mediante el método Edwards fue calculada multiplicando el tiempo pasado en cada intensidad de esfuerzo por un valor asignado a cada intensidad (90-100% FC_{max} = 5, 80-90% FC_{max} = 4, 70-80% FC_{max} = 3, 60-70% FC_{max} = 2, 50-60% FC_{max} = 1). Posteriormente se calculó el sumatorio de todos los valores obtenidos que representó el valor Edwards'_CIP^{10,23}, tanto con la $FC_{maxPARTIDO}$ como con la $FC_{maxYYIR1}$.

Método Stagno

La CIP medida mediante el método Stagno fue calculada multiplicando el tiempo pasado en cada intensidad de esfuerzo por un factor de ponderación para cada intensidad (93-100% HR_{max} = 5,16; 86-92% HR_{max} = 3,61; 79-85% HR_{max} = 2,54; 72-78% HR_{max} = 1,71; 65-71% HR_{max} = 1,25). El sumatorio representó el valor Stagno's_CIP¹¹, tanto con la $FC_{maxPARTIDO}$ como con la $FC_{maxYYIR1}$.

Análisis estadístico de los datos

Los resultados se presentan como media \pm desviación típica (DT) de la media. Para determinar las diferencias en los métodos de cuantificación de la CIP (Edwards'_CIP y Stagno's_CIP) entre AC y AA o entre la CIP calculada mediante los distintos criterios de FC_{max} se utilizó el método de inferencia propuesto por Hopkins *et al.*²⁹ basado en calcular las magnitudes de las diferencias (<0,2 baja; 0,2-0,6 moderada, 0,6-1,2 alta; 1,2-2,0 muy alta; >2,0 extremadamente alta). Además, se calculó el 90% del límite de confianza ($\pm 90\%$ LC) y la probabilidad de que las diferencias fueran ciertas atendiendo a los siguientes rangos: 25-75%, posible 75-95%, probable; 95-99,5%, muy probable; >99,5%, extremadamente probable²⁹. Por otro lado, se calculó la asociación entre los valores de CIP obtenidos atendiendo a los distintos criterios de FC_{max} mediante la correlación de Pearson (r). Para la interpretación de las magnitudes de las correlaciones entre los métodos de cuantificación de la CIP 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 perfecta²⁹. Además se calculó el $\pm 90\%$ LC y las probabilidades de ser ciertas las asociaciones²⁹. También se calculó la fórmula de regresión entre los métodos de CIP atendiendo a la FC_{max} alcanzada en el partido (Edwards'_CIP_{PARTIDO} y Stagno's_CIP_{PARTIDO}) y los métodos de CIP atendiendo a la FC_{max} alcanzada en el YYIR1 (Edwards'_CIP_{YYIR1} y Stagno's_CIP_{YYIR1}) para el total de la muestra, para los AC y para los AA. El análisis estadístico se realizó con el programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS Inc, versión 23,0 Chicago, IL, EE.UU.).

Resultados

Las diferencias entre la $FC_{maxYYIR1}$ y la $FC_{maxPARTIDO}$ fue moderada y probable para AC (-0,47; 0, ± 56) y extremadamente probable y muy alta para AA (-2,80; $\pm 0,68$). En la Tabla 2 se muestran las diferencias registradas en los métodos de cuantificación de la carga interna (Edwards'_CIP_{PARTIDO} y Stagno's_CIP_{PARTIDO} Edwards'_CIP_{YYIR1}, Stagno's_CIP_{YYIR1}) entre AC y AA. Los resultados obtenidos exponen que los AC registraron mayores valores de CIP (extremadamente probable y extremadamente alta) que los AA con ambos métodos de cuantificación. Por otro lado, se observaron diferencias moderadas, altas y muy altas en los métodos de cuantificación de la CIP (Edwards'_CIP y Stagno's_CIP) utilizando distintos criterios para determinar la FC_{max} individual ($FC_{maxPARTIDO}$ o $FC_{maxYYIR1}$) tanto en todos los participantes, en AC y en AA (Tabla 2).

En la Tabla 3 se muestran las asociaciones entre los métodos de CIP atendiendo a la FC_{max} alcanzada en el partido (Edwards'_CIP_{PARTIDO} y Stagno's_CIP_{PARTIDO}) y los métodos CIP atendiendo a la FC_{max} alcanzada en el YYIR1 (Edwards'_CIP_{YYIR1} y Stagno's_CIP_{YYIR1}) tanto para todos los

Tabla 2. Resultados obtenidos en la cuantificación de la carga interna para todos los participantes, para árbitros de campo (AC) y árbitros asistentes (AA).

Métodos	Todos	AC	AA	Diferencias AC-AA (%; $\pm 90\%$ LC)	Tamaño del efecto AC-AA; $\pm 90\%$ LC/Probabilidades
Edwards'_CIP _{PARTIDO} (UA)	348,06 \pm 58,35	383,50 \pm 33,65	310,84 \pm 55,95	-19,8; $\pm 55,9$	-2,08; $\pm 0,70$ / ****
Edwards'_CIP _{YYIR1} (UA)	291,43 \pm 91,69	363,68 \pm 36,57	215,57 \pm 66,83	-43,2; $\pm 7,5$	-3,90; $\pm 0,76$ / ****
Diferencias PARTIDO-YYIR1 (%; $\pm 90\%$ LC)	-32,0; $\pm 9,9$	-5,1; $\pm 5,0$	-34,1; $\pm 9,4$		
Tamaño del efecto PARTIDO-YYIR1; $\pm 90\%$ LC/Probabilidades	-0,95; $\pm 0,48$ / ***	-0,57; $\pm 0,52$ / **	-1,63; $\pm 0,56$ / ****		
Stagno's_CIP _{PARTIDO} (UA)	254,67 \pm 67,05	304,20 \pm 40,22	202,67 \pm 46,96	-34,6; $\pm 7,0$	-2,43; $\pm 0,55$ / ****
Stagno's_CIP _{YYIR1} (UA)	194,14 \pm 103,92	278,52 \pm 50,17	105,54 \pm 62,87	-68,3; $\pm 8,7$	-3,32; $\pm 0,58$ / ****
Diferencias PARTIDO-YYIR1 (%; $\pm 90\%$ LC)	-54,7; $\pm 13,3$	-9,1; $\pm 8,3$	-57,5; $\pm 12,2$		
Tamaño del efecto PARTIDO-YYIR1; $\pm 90\%$ LC/Probabilidades	-0,89; $\pm 0,47$ / ***	-0,61; $\pm 0,57$ / **	-1,99; $\pm 0,61$ / ****		

LC: límites de confianza; TE: tamaño del efecto; Edwards'_CIP_{PARTIDO}: carga interna de partido cuantificada con el método Edwards respecto a la frecuencia cardíaca pico alcanzada en el partido; Stagno's_CIP_{PARTIDO}: carga interna de partido cuantificada con el método Stagno respecto a la frecuencia cardíaca pico alcanzada en el partido; Edwards'_CIP_{YYIR1}: carga interna de partido cuantificada con el método Edwards respecto a la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el Yo-Yo recuperación intermitente nivel 1; Stagno's_CIP_{YYIR1}: carga interna de partido cuantificada con el método Stagno respecto a la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el Yo-Yo recuperación intermitente nivel 1; UA: unidades arbitrarias.

Interpretación de las probabilidades: *posible (25%–75% [probabilidad de que la correlación verdadera sea...]) **probable (75%–95%); ***muy probable (95%–99,5%); ****extremadamente probable (>99,5%).

Tabla 3. Asociación (r; \pm límite de confianza (LC), interpretación y probabilidades) y fórmula de regresión entre los métodos de carga interna de partido atendiendo a la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el partido (Edwards'_CIP_{PARTIDO} y Stagno's_CIP_{PARTIDO}) y los métodos de carga interna de partido atendiendo a la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el Yo-Yo test intermitente nivel 1 (Edwards'_CIP_{YYIR1} y Stagno's_CIP_{YYIR1}) en el total de la muestra, en árbitros de campo (AC) y árbitros asistentes (AA).

Métodos	Edwards'_CIP _{PARTIDO}				Stagno's_CIP _{PARTIDO}			
	Edwards'_CIP _{YYIR1}		Stagno's_CIP _{YYIR1}		Edwards'_CIP _{YYIR1}		Stagno's_CIP _{YYIR1}	
Árbitros	r; $\pm 90\%$ LC	Fórmula regresión	r; $\pm 90\%$ LC	Fórmula regresión	r; $\pm 90\%$ LC	Fórmula regresión	r; $\pm 90\%$ LC	Fórmula regresión
Todos	0,88; $\pm 0,06$ *** MA, 100/0/0	y = 185,12 + 0,56x + 28,23	0,86; $\pm 0,07$ *** MA, 100/0/0	y = 254,15 + 0,48x + 30,01	0,93; $\pm 0,04$ *** CP, 100/0/0	y = 55,89 + 0,68x + 24,48	0,93; $\pm 0,04$ *** CP, 100/0/0	y = 138,25 + 0,60x + 25,06
AC	0,82; $\pm 0,06$ *** MA, 100/0/0	y = 107,54 + 0,76x + 19,53	0,76; $\pm 0,17$ *** MA, 100/0/0	y = 241,79 + 0,51x + 22,49	0,87; $\pm 0,10$ *** MA, 100/0/0	y = 43,33 + 0,96x + 20,43	0,82; $\pm 0,13$ *** MA, 100/0/0	y = 121,39 + 0,66x + 23,69
AA	0,81; $\pm 0,14$ *** MA, 100/0/0	y = 164,77 + 0,68x + 33,76	0,82; $\pm 0,14$ *** MA, 100/0/0	y = 234,13 + 0,73x + 33,17	0,84; $\pm 0,13$ *** MA, 100/0/0	y = 76,16 + 0,59x + 26,53	0,83; $\pm 0,13$ *** MA, 100/0/0	y = 137,89 + 0,61x + 27,49

Interpretación de las probabilidades: *posible (25%–75% [probabilidad de que la correlación verdadera sea...]) **probable (75%–95%); ***muy probable (95%–99,5%); ****extremadamente probable (>99,5%).

Magnitud de las correlaciones: T: trivial; B: baja; M: moderada; A: alta; MA: muy alta; CP: casi perfecta.

árbitros como para AC y AA. Se observó que las asociaciones fueron extremadamente probables (>99,5%) y muy altas-casi perfectas (r=0,76-0,93) en todos los casos (Tabla 3).

Discusión

Los objetivos de este estudio fueron, por un lado, analizar las diferencias en la CIP entre AC y AA medida mediante diferentes métodos de cuantificación en partidos oficiales, y por otro lado, investigar si existen diferencias en la CIP utilizando distintos criterios para determinar la FC_{max}

individual (FC_{max} alcanzada en un test incremental o FC_{max} alcanzada en el partido). Los principales resultados muestran que los AC registraron mayores valores de CIP que los AA, tanto calculada mediante el método de Edwards'_CIP como mediante el método Stagno's_CIP. Por otro lado, a pesar de que se observaron diferencias altas-muy altas-extremadamente altas en la CIP calculada utilizando distintos criterios para determinar la FC_{max} individual (FC_{maxPARTIDO} o FC_{maxYYIR1}), las asociaciones entre ambos métodos fueron muy altas y casi perfectas tanto en todos los participantes, en AC y en AA. El principal hallazgo de esta investigación fue la alta asociación observada entre los dos métodos de cuantificación de

la CIP ofreciendo la posibilidad de utilizar cualquiera de ellos siempre y cuando se sea consistente y no se comparen resultados obtenidos mediante distintos criterios.

Los AC y los AA son los encargados de controlar los comportamientos y conductas de los jugadores durante el desarrollo de los partidos. Para desarrollar su función en el terreno de juego, cada uno de ellos debe tomar un rol diferente, teniendo los AA su actividad limitada a la mitad del campo para juzgar principalmente los fuera de juego y los AC desplazándose por todo el terreno de juego para designar las infracciones que ocurren durante el partido. Este hecho, unido a que los AC registran mayores valores en los indicadores de carga externa (p.e. distancia total recorrida, número de aceleraciones y desaceleraciones, cambios de dirección, etc.)^{5,7,9}, podrían haber influido en que los AA registren menores valores de CIP que los AC con los métodos utilizados en el presente estudio. Estos resultados están en consonancia con los observados por Castillo, Weston, *et al.* (2016) con árbitros no profesionales ya que también observaron que la CIP de los AC es mayor que la de los AA. De forma similar, aunque no en valores de CIP sino en algunos parámetros de FC, otros estudios también observaron valores de FC_{max} superiores en AC que en AA nacionales y profesionales^{8,26}. Además, en otras investigaciones con árbitros nacionales se observó que los AC registraron valores de FC que se correspondieron con el 87% de la FC_{max} mientras que los AA obtuvieron valores del 78% de la FC_{max} ²⁶. En la misma línea, se ha observado que los AC pasaron más tiempo por encima del 90% de la FC_{max} que los AA (35 vs. 15 min)²⁴. Debido a que tanto la CIP como los indicadores de carga externa, como por ejemplo la distancia recorrida a altas velocidades (AC = 2783 ± 630 m vs. AA = 793 ± 268 m), registrada por los AC y los AA durante los partidos es distinta, principalmente debido al papel que deben desempeñar y a las limitaciones del terreno de juego¹, sería interesante implementar protocolos de entrenamiento distintos para AC y AA atendiendo a las demandas específicas del partido, y de esta manera, programar las cargas de entrenamiento y las estrategias de recuperación más adecuadas en función de la CIP.

En muchos estudios científicos se utilizan distintos métodos de determinación de la FC_{max} para calcular la CIP^{8,22,28}. Normalmente, los resultados obtenidos en los diferentes estudios se comparan entre sí a pesar de que la FC_{max} ha sido obtenida utilizando distintos criterios. Este hecho podría generar un problema ya que hasta el momento se desconoce si los valores de CIP son iguales si utilizamos criterios distintos para determinar la FC_{max} . En el presente estudio se ha observado que a pesar de que existen diferencias en la CIP (tanto en Edwards'_CIP como en Stagno's_CIP) calculada mediante la FC_{max} alcanzada en el YYIR1 y en el partido, tanto en los AC como en los AA, las asociaciones entre los métodos de cuantificación de la CIP utilizando distintos criterios de determinación de la FC_{max} son muy altas-casi perfectas ($r = 0,76-0,93$). Este es el primer estudio que analiza la influencia del criterio de cálculo de la FC_{max} en la CIP. Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran que el criterio de determinación de la FC_{max} alcanzada en el YYIR1 o en el partido, influye en la magnitud de la CIP. En este sentido, cabe destacar que el porcentaje de FC_{max} alcanzada en el test con respecto a la alcanzada durante los partidos (% $FC_{maxYYIR1}$) es mayor en los AC que en los AA, aspecto que ha podido condicionar a las diferencias en la CIP atendiendo al criterio de FC_{max} utilizado. Este aspecto pone de manifiesto que podría no ser adecuado comparar valores de CIP medidos mediante

métodos de determinación de la FC_{max} distintos. Sin embargo, los valores de CIP obtenidos mediante la FC_{max} del partido muestran una alta-muy alta-extremadamente alta asociación con los valores obtenidos en la CIP mediante la FC_{max} en el YYIR1. Estas altas asociaciones observadas entre ambos criterios de determinación de la FC_{max} ($FC_{maxPARTIDO}$ o $FC_{maxYYIR1}$) para cuantificar la CIP tanto con el método Edwards'_CIP como con el método Stagno's_CIP ponen de manifiesto que se podría utilizar cualquiera de estos métodos para cuantificar la CIP durante el desarrollo de los partidos en árbitros de fútbol, ya que aportan información similar, pero que sin embargo no sería pertinente comparar resultados de CIP obtenidos mediante distintos criterios.

Conclusiones

Las principales conclusiones de este estudio fueron 1) que los AC registraron mayores valores de CIP, medida con distintos métodos (Edwards'_CIP y Stagno's_CIP) que los AA y, 2) que el hecho de observar diferencias altas-muy altas-extremadamente altas y asociaciones muy altas y casi perfectas en los métodos de cuantificación de la CIP (Edwards'_CIP y Stagno's_CIP) utilizando distintos criterios para determinar la FC_{max} individual ($FC_{maxPARTIDO}$ o $FC_{maxYYIR1}$) tanto en todos los árbitros, en AC y en AA, sugiere, por un lado, que puede no ser adecuado comparar los resultados de CIP calculados mediante distintos criterios de determinación de la FC_{max} individual, y por otro lado, que puede ser adecuado utilizar cualquiera de estos criterios de determinación de la FC_{max} para cuantificar la CIP tanto con el método Edwards'_CIP como con el método Stagno's_CIP.

Agradecimientos

Agradecemos al Comité Navarro de Árbitros de Fútbol (CNAF) su implicación y colaboración en este proyecto de investigación.

Beca

Este proyecto ha sido financiado por el Gobierno Vasco mediante el Programa de Formación de Personal Investigador no doctor del Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura.

Bibliografía

1. Weston M. Match performances of soccer referees: the role of sports science. *Mov Sport Sci.* 2015;117(87):113-7.
2. Mujika I. The alphabet of sport science research starts with Q. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(5):465-6.
3. Castagna C, Bizzini M, Povoas SC, D'Ottavio S. Timing effect on training session rating of perceived exertion in top-class soccer referees. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(9):1157-62.
4. Krstrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci.* 2001;19(11):881-91.
5. Castillo D, Weston M, McLaren SJ, Camara J, Yanci J. Relationships between internal and external match load indicators in soccer match officials. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;12(7):922-7.
6. Bellafiore M, Bianco A, Palma A, Farina F. Adaptations in heart rate and arterial pressure induced by a specific training exercise program for elite soccer referees: A case report. *Ita J Sports Sci.* 2005;12:145-9.

7. Mallo J, García-Aranda JM, Navarro E. Evaluación del rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en el fútbol. *Arch Med Deporte*. 2007;24(118):91–102.
8. Weston M, Drust B, Gregson W. Intensities of exercise during match-play in FA Premier League referees and players. *J Sports Sci*. 2011;29(5):527–32.
9. Castillo D, Cámara J, Yanci J. Análisis de las respuestas físicas y fisiológicas de árbitros y árbitros asistentes de fútbol durante partidos oficiales de Tercera División de España. *RICYDE*. 2016;12(45):250–61.
10. Edwards S. The heart rate monitor book. New York. *Polar Electro Oy*; 1993;23.
11. Stagno KM, Thatcher R, Van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*. 2007;25(6):629–34.
12. Hill-Haas S V, Dawson B, Impellizzeri FM, Coutts AJ. Physiology of small-sided games training in football a systematic review. *Sports Med*. 2011;41(3):199–220.
13. Campos-Vazquez MA, Mendez-Villanueva A, Gonzalez-Jurado JA, Leon-Prados JA, Santalla A, Suarez-Arrones L. Relationships between rating-of-perceived-exertion- and heart-rate-derived internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(5):587–92.
14. Rebelo A, Brito J, Seabra A, Oliveira J, Drust B, Krstrup P. A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med*. 2012;33(4):297–304.
15. Jaspers A, Brink MS, Probst SGM, Frencken WGP, Helsen WF. Relationships between training load indicators and training outcomes in professional soccer. *Sports Med*. 2017;47(3):533–44.
16. Yanci J, Iturricastillo A, Granados C. Heart rate and body temperature response of wheelchair basketball players in small-sided games. *Int J Perform Anal Sport*. 2014;14:535–44.
17. Owen AL, Forsyth JJ, Wong del P, Dellal A, Connelly SP, Chamari K. Heart rate-based training intensity and its impact on injury incidence among elite-level professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2015;29(6):1705–12.
18. Clemente FM, Dellal A, Wong DP, Lourenço Martins FM, Mendes RS. Heart rate responses and distance coverage during 1 vs. 1 duel in soccer: Effects of neutral player and different task conditions. *Sci Sports*. 2016;31(5):e155–61.
19. Campos-Vazquez MA, Toscano-Bendala FJ, Mora-Ferrera JC, Suarez-Arrones L. Relationship between internal load indicators and changes on intermittent performance after the preseason in professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2016;31(6):1477–85.
20. Alexiou H, Coutts AJ. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3(3):320–30.
21. Iturricastillo A, Yanci J, Granados C, Goosey-Tolfrey V. Quantifying wheelchair basketball match load: A comparison of heart-rate and perceived-exertion methods. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(4):508–14.
22. Helsen W, Bultynck JB. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sports Sci* 2004;22(2):179–89.
23. Costa EC, Vieira CMA, 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):559–64.
24. Castillo D, Cámara J, Sedano S, Yanci J. Impact of official matches on soccer referees' horizontal-jump performance. *Sci Med Football*. 2017;1(2):145–50.
25. Boullosa DA, Abreu L, Tuimil JL, Leicht AS. Impact of a soccer match on the cardiac autonomic control of referees. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 2012;112(6):2233–42.
26. 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.
27. Harriss DJ, Atkinson G. Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *Int J Sports Med*. 2013;34(12):1025–8.
28. Castillo D, Yanci J, Casajús JA, Cámara J. Physical fitness and physiological characteristics of soccer referees. *Sci Sport*. 2016;31:27–35.
29. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3–13.