

Perfil de acelerometría de los árbitros de baloncesto durante el eurobasket femenino U'16

David García-Santos¹, Javier García-Rubio², María Reina³, José Pino-Ortega⁴,
Alejandro Vaquera⁵ y Sergio José Ibáñez⁶

Resumen

La cuantificación del perfil de aceleración permite determinar las acciones de alta intensidad que determinan el éxito de una competición. El objetivo del presente estudio se centra en concretar el perfil de aceleración de los árbitros de baloncesto a través de la tecnología Ultra Wide-Band. La muestra estuvo compuesta por nueve árbitros internacionales, que oficializaron un total de quince partidos durante un campeonato internacional U'16. La variable independiente estuvo definida por los diferentes periodos de juego. Las variables dependientes de carga externa fueron la intensidad, duración, pico máximo y velocidad de inicio de las aceleraciones y desaceleraciones realizadas por los árbitros. Y variables dependientes situacionales fueron el marcador y las posesiones de balón. Para el análisis de las variables se ha empleado los dispositivos inerciales *WIMU PRO™*. Se ha realizado la prueba estadística *Tablas de Contingencia* y *Anova de medidas repetidas* para conocer las diferencias entre periodos. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre el primer y el cuarto periodo en la duración de las aceleraciones y desaceleraciones y en la velocidad de inicio de las desaceleraciones. La creación del perfil de aceleración de los árbitros de baloncesto permite conocer las exigencias del juego y analizar adecuadamente las variables predictivas del rendimiento.

Palabras Claves: perfil de aceleración, baloncesto, árbitros

Introducción

El baloncesto es un deporte de colaboración-oposición donde existen acciones intermitentes de alta intensidad (HIA) que resultan relevantes y determinan el éxito durante la competición (Delaney, Cummins, Thornton y Duthie, 2017). El conocimiento y análisis de estas acciones (aceleraciones, desaceleraciones, saltos, cambios de dirección, impactos, sprints...) permite establecer, optimizar y mejorar el perfil de rendimiento de los deportistas (Russell et al, 2016). Para concretar el perfil de rendimiento es necesario cuantificar este tipo de acciones dentro del contexto donde se desarrolla la competición (Vaquera, Mielgo-Ayuso, Calleja-González y Leicht, 2016) y teniendo en cuenta las necesidades de cada sujeto durante la misma (García-Santos, Gamonales, León y Muñoz, 2017), así como las características del propio deporte.

Los árbitros forman parte de los deportistas implicados en una competición. A pesar de ello, no suelen ser objeto de estudio para muchos investigadores. Tradicionalmente, las variables más estudiadas en árbitros han sido el registro de la frecuencia cardiaca (HR) (Matković, Rupčić y Knjaz,

2014; Vaquera, Mielgo-Ayuso, Calleja-González y Leicht, 2017) y la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) (Vaquera et al., 2017), debido a su bajo coste y facilidad de uso. Pero actualmente, existen otro tipo de parámetros de carga externa que aportan valores más concretos de las necesidades de los árbitros durante la competición (García-Santos et al., 2017; Gómez-Carmona y Pino-Ortega, 2016; Nabli et al., 2017). Dentro de este grupo se incluyen las aceleraciones y deceleraciones, movimientos que permiten los cambios de ritmo y dirección en función de las necesidades del juego (Delaney et al., 2017). Manejar este tipo de movimientos permite al deportista conseguir situaciones de éxito frente a sus oponentes. Estos movimientos son esenciales también para los árbitros, pues deben adecuarse a las demandas del juego y ser capaz de seguir y valorar las diferentes jugadas para tomar la decisión correcta (García-Santos y Ibáñez, 2016). Así mismo, existen otro tipo de variables situacionales que influyen en el rendimiento de un partido, tales como el tipo de posesión (Gómez, Lorenzo, Ibáñez y Sampaio, 2013) o la igualdad en el marcador (Oliver, 2004). Por tanto, la capacidad de los árbitros para responder a estas exigencias son la clave del éxito arbitral en muchos depor-

1 Grupo de Optimización del Entrenamiento y del Rendimiento Deportivo. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura, España. Correspondencia: Tlf: 645562561. E-mail: dgarcianu@alumnos.unex.es

2 Grupo de Optimización del Entrenamiento y del Rendimiento Deportivo. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura, España.

3 Grupo de Optimización del Entrenamiento y del Rendimiento Deportivo. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura, España.

4 Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia, España.

5 Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de León, España.

6 Grupo de Optimización del Entrenamiento y del Rendimiento Deportivo. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura, España.

tes (Matkovic et al., 2014; Weston, Castagna, Impellizzeri, Rampini y Abt, 2007).

Bajo esta perspectiva, aparecen diversos recursos tecnológicos que facilitan el análisis de estas variables (Bartlett, O'Connor, Pitchford, Torres-Ronda y Robertson, 2017). Existen métodos como el video-based tracking (VBT) (Nabli et al., 2017), determinado por un conjunto de cámaras instaladas alrededor del espacio de juego que permiten un seguimiento del balón, jugadores y árbitros. Se trata de un método indirecto y fiable de medición, limitado por el espacio donde se encuentran las cámaras y desarrollado mediante algoritmos matemáticos. Otras técnicas empleadas para el registro de variables cinemáticas han sido los sistemas de posicionamiento local (LPM) y los sistemas Global Navigation Satellite (GNSS), donde los sujetos precisan de portar un dispositivo para transmitir los datos de posicionamiento al satélite (Malone, Lovell, Varley y Coutts, 2017). Se trata de sistemas que han aumentado su validez con el paso de los años, elaborándose cada vez mejores dispositivos, pero estos presentan ciertas dificultades en la comunicación en espacios cerrados. Para analizar estas variables en deportes *indoor* se ha desarrollado la tecnología Ultra-WideBand (UWB) (Alarifi et al., 2016), donde gracias a la colocación de una serie de antenas de radiofrecuencia es posible determinar la posición del deportista con un escaso error de cálculo (Serpiello et al., 2017), permitiendo calcular con mayor fiabilidad el control de la carga que con la tecnología GNSS (Bastida-Castillo, Gómez-Carmona, De la Cruz y Pino-Ortega, 2018). Estos últimos sistemas permiten conocer con exactitud la información de las variables en tiempo real, lo que supone un control más preciso de la carga del deportista, teniendo la posibilidad de conocer su esfuerzo (McLaren, Graham, Spears y Weston, 2016) y

poder adaptarse a las características del juego durante la competición (Matković et al., 2014).

La mayoría de los estudios encontrados con esta tecnología se focalizan en la figura del jugador (Russell et al., 2016), pero son escasos o inexistentes en árbitros (García-Santos et al., 2017). Por este motivo, el objetivo del presente trabajo se centra en establecer el perfil de aceleración de los árbitros de baloncesto durante la competición a través de la metodología UWB, en cada uno de los períodos de juego y teniendo en cuenta el tipo de partido en el que se encuentra.

Método

Diseño

Se empleó un diseño transversal con grupos naturales (Ato, López y Benavente, 2013), para conocer el perfil de aceleración de árbitros internacionales durante el Eurobasket Femenino U'16, celebrado en Gibraltar en 2017.

Participantes

La muestra estuvo compuesta por nueve árbitros senior de alta competición (6 hombres y 3 mujeres). Estos oficializaron un total de 15 partidos durante el campeonato. Todos los árbitros fueron informados del protocolo experimental y sus posibles beneficios, firmando un consentimiento informado al inicio de la investigación. Todos los procedimientos fueron aprobados por el comité ético de la Universidad de Extremadura (Ref. 67/2017), según la Declaración de Helsinki (2013). La Federación Internacional de Baloncesto (FIBA) autorizó los protocolos de actuación. Las características de estos árbitros se encuentran recogidas en la siguiente tabla (Tabla I):

Tabla 1
Características antropométricas de los árbitros

Género	Variables	Media	Mínimo	Máximo
Masculino	Edad (Años)	44	37	49
	Experiencia arbitral (Años)	25	20	32
	Altura (cm)	1.83	1.78	1.96
	Peso (kg)	78.48	67.3	92.5
	Masa grasa (%)	13.55	9.5	16.3
	Masa muscular (%)	64.27	55.7	73.6
	Masa ósea (%)	3.33	2.9	3.8
	IMC	23.17	20.4	25.1
	DCI (kcal)	4079	3530	4748
	Edad Metabólica (Años)	29	22	34
	Agua corporal (%)	62.28	59.5	65.5
	Grasa Visceral (%)	5	4	7

Género	Variables	Media	Mínimo	Máximo
Femenino	Edad (Años)	39	34	44
	Experiencia arbitral (Años)	15	10	21
	Altura (cm)	1.74	1.70	1.80
	Peso (kg)	71.13	61.2	86.9
	Masa grasa (%)	23.87	19.9	29.2
	Masa muscular (%)	50.80	46.5	57.9
	Masa ósea (%)	2.73	2.5	3.1
	IMC	23.27	20.4	26.8
	DCI (kcal)	2865	2619	3284
	Edad Metabólica (Años)	27	19	37
	Agua corporal (%)	55.67	51.6	58.4
	Grasa Visceral (%)	3	1	5

Nota: IMC=Índice de Masa Corporal; DCI=Ingesta diaria de calorías

Variables

La *variable independiente* de la investigación fue el periodo de juego. Las *variables dependientes de carga externa* fueron las aceleraciones y deceleraciones realizadas por los árbitros durante la competición. Para su análisis se establecieron tres categorías diferentes en función de la intensidad del movimiento, realizándose una adaptación de la clasificación propuesta por Delaney et al., (2017) para jugadores en deportes de equipo. Las categorías de la aceleración y desaceleración fueron: baja ($1-2.5 \text{ m/s}^2/-1- -2.5 \text{ m/s}^2$), media ($2.5-4 \text{ m/s}^2/-2.5- -4 \text{ m/s}^2$) y alta ($> 4 \text{ m/s}^2/> - 4 \text{ m/s}^2$). Se han tomado como referencia estas categorías, porque no se han encontrado evidencias científicas que establezcan el perfil de aceleración en árbitros de baloncesto. De cada aceleración/desaceleración se analizó la *velocidad de inicio (km/h)*, la *duración (ms)* y el *pico de aceleración (m/s^2)*. Las *variables dependientes situacionales* fueron el marcador en cada cuarto y el número de posesiones totales por partido. Siendo las categorías establecidas para la *variable marcador de Disputado* (Entre 0 y 10 puntos de diferencia) y *Desequilibrado* (Más de 10 puntos de diferencia). Del mismo modo, atendiendo a las *posesiones de balón (PB)* se establecieron que un partido era *lento* (menos de 80 posesiones por partido) o *rápido* (más de 80 posesiones por partido) (Sampaio, Lago y Drinkwater, 2010). Para el cálculo de las PB se empleó la siguiente fórmula (Ibáñez, Sampaio, Sáenz-López, Giménez y Janeira, 2003; Kubatko, Oliver, Pelton y Rosebaum, 2007): $PB = \text{tiros de campo intentados} + (0.44 \times \text{tiros libres intentados}) - \text{rebotes ofensivos} + \text{pérdidas de balón}$. Esta ecuación ha sido validada previamente con una fiabilidad de $R=0.98$.

Materiales

Para el análisis de las variables de carga externa se emplearon los dispositivos inerciales WIMUPRO™ (Realtrack

System, Almería, España), equipados con diferentes sensores y antenas que permiten la recogida de datos indoor, mediante un chip Ultra Wide-Band (UWB). Se empleó un sistema de seis antenas con tecnología UWB colocados en el exterior del terreno de juego (Figura 1). La calidad del dato de este dispositivo fue muy elevada, similares a los estudios de Bastida-Castillo, Gómez-Carmona, Hernández-Belmonte y Pino-Ortega (2018) y Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, García-Rubio, Ibáñez y Pino-Ortega (2018), siendo una diferencia media de 0.85% y 0.43% para las coordenadas “x” e “y”, en comparación con las medidas oficiales de la pista. Además, la fiabilidad inter-dispositivo también resultó ser alta, mostrando valores de ICC de 0.80 para la coordenada “x” y de 0.70 para la coordenada “y”.

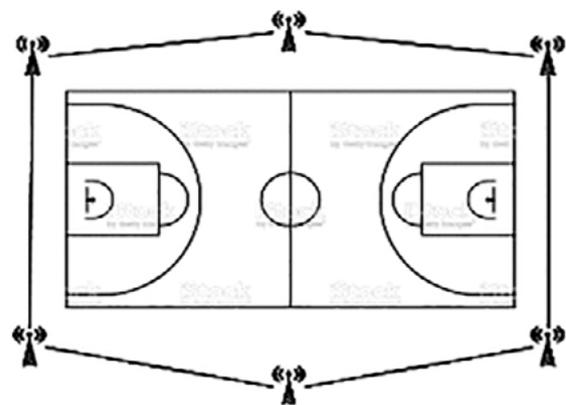


Figura 1. Colocación del sistema de antenas en el terreno de juego

La sincronización se realizó gracias a la tecnología ANT+ (Molina-Carmona, Gómez-Carmona, Bastida-Castillo y Pino-Ortega, 2018) que permite mediante triangulaciones determinar la posición del árbitro con gran precisión.

Para ello, es necesario determinar las dimensiones del terreno de juego. Los dispositivos inerciales se colocaron entre las zonas escapulares de los árbitros dentro de un arnés anatómico específico (Figura 2). Cada árbitro fue equipado 20 minutos antes del comienzo del partido. El análisis de los datos se realizó utilizando el software S-PRO™ (Realtrack System, Almería, España),



Figura 2. Dispositivo WIMU PRO™ con su arnés anatómico específico

Análisis estadístico

Se realizaron las pruebas de asunción de criterios para establecer la normalidad de la muestra (Field, 2009). Posteriormente, se calcularon los estadísticos descriptivos (*media y desviación típica*) y se analizó las variables situacionales mediante *Tablas de Contingencia* con su *Coefficiente de variación (%CV)*, *Chi Cuadrado de Pearson* y la *V de Cramer* para cada variable. Así mismo, se empleó un *Anova de medidas repetidas* con la prueba *post hoc de Bonferroni* para conocer las diferencias entre periodos en las variables de

carga externa. Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software SPSS v.21 (Inc, Chicago, IL, USA). El nivel de significación establecido fue $p < .05$.

Resultados

Aceleraciones

Los resultados muestran que la media de aceleraciones por partido fue de 4585 (Tabla 2), con una duración media de 2178 ms, siendo el primer periodo el que presenta un número mayor de aceleraciones (1272) (Figura 3). La aceleración media de ejecución es de 1,44 m/s². El rango de intensidad baja ha sido el más empleado con un 59,6% del tiempo. El rango medio presenta un 37,1% y el rango de alta intensidad un 3,2% (Tabla 2).

Tabla 2
Datos descriptivos totales

Variables	Rango	Frecuencia	Porcentaje
Aceleraciones	1-2.5	2734	59.6
	2.5-4	1703	37.1
	>4	148	3.2
Total		4585	100
Desaceleraciones	-2.5--1	2418	62.3
	-2.5--4	1316	33.9
	>-4	145	3.7
Total		3879	100

Porcentaje de aceleraciones por periodo

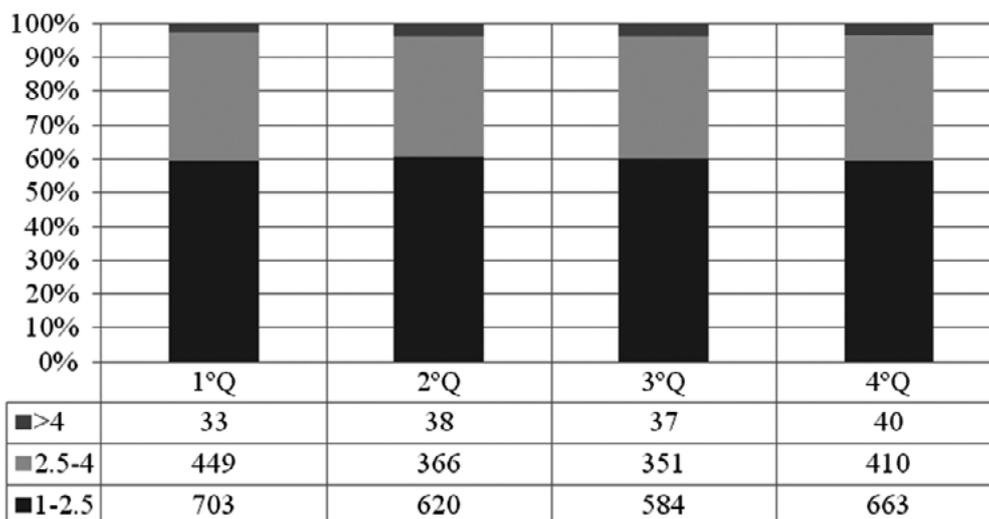


Figura 3. Datos descriptivos del perfil de aceleración.

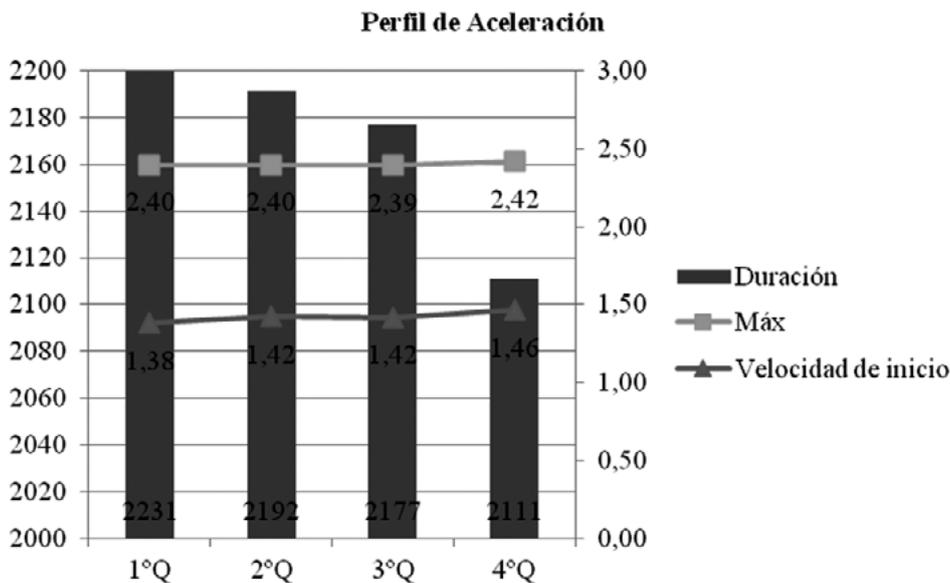


Figura 4. Datos inferenciales del perfil de aceleración

Desaceleraciones

En relación a las desaceleraciones, se observa que la media durante los partidos fue de 3879 (Tabla 2), con una duración de 2074 ms. La media de ejecución gira en torno a

-1,41 m/s² Por lo que el rango más utilizado es el que oscila entre (-1- -2.5 m/s²), con un 62,3% del tiempo de juego. El rango intermedio obtiene un porcentaje de 33,9%, mientras que el de alta intensidad un 3,7% (Figura 5).

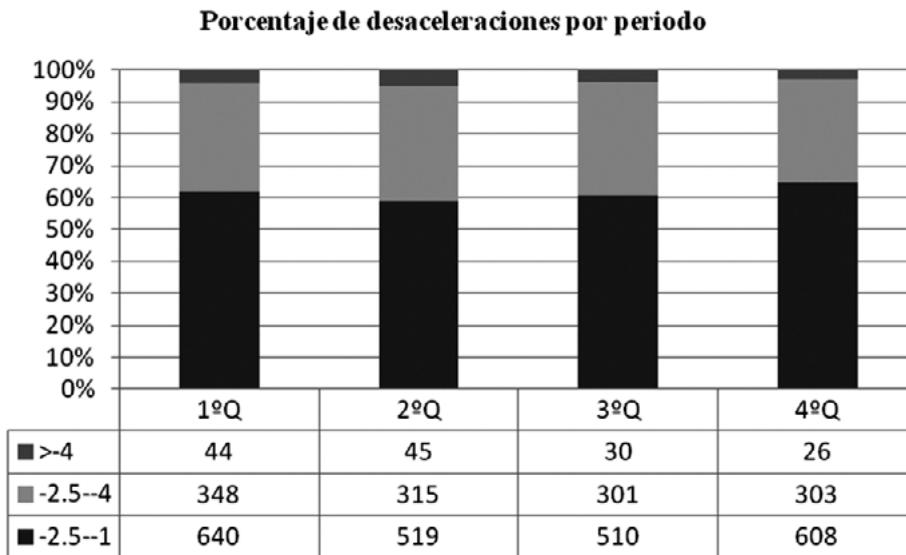


Figura 5. Datos descriptivos del perfil de deceleración

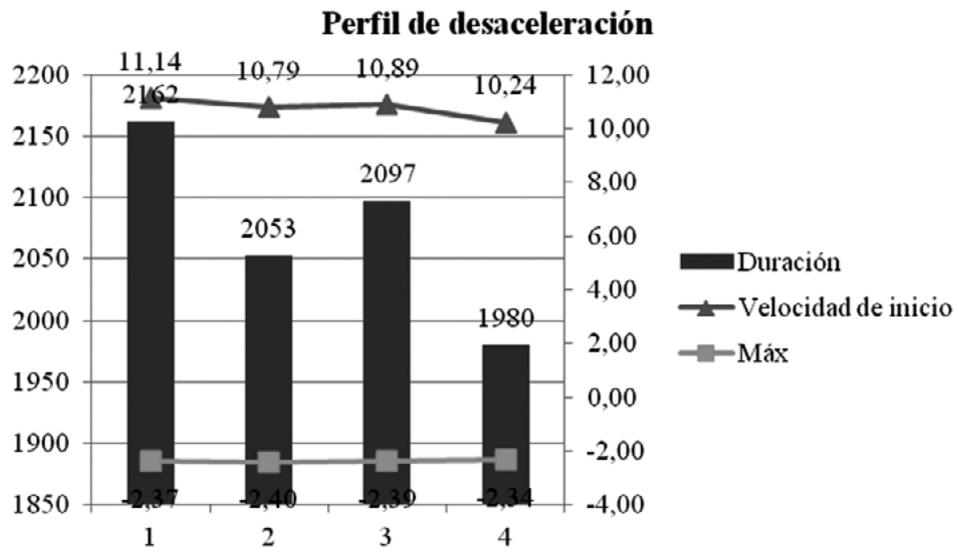


Figura 6. Datos inferenciales del perfil de deceleración

Marcador y Posesiones

Los resultados de las variables situacionales muestran 85 ± 7 posesiones por partido con una diferencia en el marcador entre 0 y 10 puntos en el 70% de los periodos del torneo. Por lo que resulta ser un campeonato donde se juegan partidos rápidos y con poca diferencia de puntos. No existen diferencias significativas en este tipo de variables según el tipo (aceleración o desaceleración) (Tabla 3). Pero si se en-

cuentran diferencias atendiendo al rango, cuando el marcador es disputado en aceleraciones y desaceleraciones en el primer, tercer y cuarto periodo. Mientras que si el marcador es desequilibrado se encuentran diferencias en todos los cuartos, tanto en aceleraciones como en desaceleraciones (Tabla 4). Según el tipo de posesiones se encuentran diferencias en las desaceleraciones de los partidos rápidos en el segundo, tercer y cuarto periodo (Tabla 4).

Tabla 3
Diferencias en las variables situacionales según el tipo

Variables	%CV		Chi-Cuadrado	V de Cramer	
	Acc	Dec			
<i>Marcador</i>					
Disputado	1ºQ	51.8%	48,2%	.878	.011
	2ºQ	52.1%	47.9%		
	3ºQ	54.0%	46.0%		
	4ºQ	53.9%	46.1%		
	Total	52.9%	47.1%		
Desequilibrado	1ºQ	52.6%	47.4%	.903	.015
	2ºQ	51.2%	48.8%		
	3ºQ	53.6%	46.4%		
	4ºQ	51.9%	48.1%		
	Total	52.6%	47.4%		

Variables	%CV		Chi-Cuadrado	V de Cramer	
	Acc	Dec			
<i>Posesiones</i>					
Lento	1ºQ	51.8%	48,2%	.699	.020
	2ºQ	52.1%	47.9%		
	3ºQ	54.0%	46.0%		
	4ºQ	53.9%	46.1%		
	Total	52.9%	47.1%		
Rápido	1ºQ	56.2%	43.8%	.485	.023
	2ºQ	56.2%	43.8%		
	3ºQ	53.5%	46.5%		
	4ºQ	54.6%	45.4%		
	Total	55.1%	44.9%		

Nota: Acc=Aceleración; Dec=Deceleración; ; %CV=Coficiente de Variación; * = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$

Tabla 4
Diferencias en las variables situacionales según el rango

Variables	%CV						Chi-Cuadrado	V de Cramer	
	Acc			Dec					
	1-2.5	2.5-4	>4	-1--2.5	-2.5--4	>-4			
<i>Marcador</i>									
Disputado	1ºQ	26.1*	27.5%*	1.9%	23.1%*	19.1%*	2.3%*	.000	.078
	2ºQ	34.2%	19.4%	1.5%	28.0%	15.1%	1.9%		
	3ºQ	34.9%	17.3%*	1.7%	31.0%*	13.9%	1.2%		
	4ºQ	34.3%	18.9%	1.6%	31.6%*	12.5%*	1.1%		
	Total	32.7%	20.4%	1.7%	28.8%	14.8%	1.6%		
Desequilibrado	1ºQ	38.1%*	13.6%*	0.9%*	34.6%*	11.4%*	1.5%	.000	.158
	2ºQ	25.2%*	21.3%	4.7%*	21.7%*	22.5%*	4.7%*		
	3ºQ	26.7*	24.6%*	2.3%	23.1%*	21.1%*	2.2%		
	4ºQ	21.9%*	26.9%*	3.1%	21.4%*	25.3%*	1.4%		
	Total	31.2%	19.4%	2.0%	28.1%	17.3%	2.0%		
<i>Posesiones</i>									
Lento	1ºQ	39.3%	12.0%	0.4%	38.1%	9.1%	1.0%	.541	.036
	2ºQ	38.1%	12.7%	1.3%	36.9%	9.8%	1.2%		
	3ºQ	39.8%	12.6%	1.5%	36.0%	8.6%	1.4%		
	4ºQ	39.0%	12.8%	2.1%	35.6%	9.1%	1.5%		
	Total	39.1%	12.5%	1.4%	36.7%	9.1%	1.3%		

Variables	%CV						Chi-Cuadrado	V de Cramer	
	Acc			Dec					
	1-2.5	2.5-4	>4	-1--2.5	-2.5--4	>-4			
1ºQ	27.4%	26.6%	2.2%	22.5%	18.6%	2.7%			
2ºQ	29.3%	24.3%	2.5%	20.7%	19.8%	3.3%*			
Rápido	3ºQ	25.6%	25.7%	2.2%	22.1%	22.7%*	1.7%	.001	.052
	4ºQ	27.2%	25.8%	1.6%	25.7%*	18.8%	1.0%*		
	Total	27.4%	25.7%	2.1%	22.9%	19.8%	2.1%		

Nota: Acc=Aceleración; Dec=Deceleración; %CV= Coeficiente de Variación*= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$

Anova de Medidas Repetidas

Los resultados inferenciales muestran que existen diferencias significativas atendiendo a la duración de las aceleraciones y desaceleraciones entre el primer y el cuarto periodo ($p \leq 0.01$). Con respecto a la máxima velocidad alcanzada en las aceleraciones y desaceleraciones existen diferencias en todos los periodos entre diferentes rangos ($p \leq 0.01$). En relación a la velocidad de inicio se encuentran diferencias entre el primer y el cuarto periodo ($p \leq 0.01$). (Tabla 5 y Figura 4 y 6).

Tabla 5
Diferencias según las variables de carga externa

Variables	df	F	Sig	p	Comparación por pares
Duración					
Rango	5	.47	.794		
Periodos	3	7.683	.000	**	
RangoxPeriodos	12	1.181	.290		c, e, f 1 y 4
Marcador	1	.007	.933		
PB	1	.028	.868		
Máx					
Rango	5	7.771	.000	**	
Periodos	3	.104	.958		
RangoxPeriodos	12	30.203	.000	**	a, b, c, d, e, f
Marcador	1	.759	.384		
PB	1	1.006	.316		
Velocidad de Inicio					
Rango	5	1.503	.185		
Periodos	3	2.682	.045	*	
RangoxPeriodos	12	10.502	.000	**	b, c, d, e, f 1 y 4
Marcador	1	.411	.521		
PB	1	.383	.536		

Nota: *= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$; a=[(1-2.5)-(2.5-4)]; b=[(1-2.5)-(-1--2.5)]; c=[(1-2.5)-(-2.5--4)]; d=[(2.5-4)-(-1--2.5)]; e=[(2.5-4)-(-2.5--4)]; f=[(-1--2.5)-(-2.5--4)]

Discusión

El objetivo del estudio fue conocer el perfil de aceleración de los árbitros internacionales de baloncesto en cada uno de los periodos de juego. Los resultados muestran un perfil de aceleraciones y desaceleraciones por periodos de juego, mostrando las diferencias existentes entre los mismos. Se observa que a medida que avanza el partido, la duración de las aceleraciones y desaceleraciones disminuye, por tanto, resulta interesante caracterizar el perfil de acelerometría del árbitro, pues presenta una gran importancia en deportes intermitentes (Gaudino, Alberti y Iaia, 2014), influyendo en la toma de decisiones del árbitro y determinando el rendimiento del mismo en el transcurso del partido (Delaney et al., 2017).

Dada la importancia de estas acciones intermitentes en el juego y en los movimientos para la toma de decisiones arbitrales (García-Santos et al., 2017), es necesario analizar de la forma más fiable posible estas variables. Para ello, la presente investigación ha empleado dispositivos inerciales con tecnología UWB, gracias a su fiabilidad en deportes indoor (Bastida-Castillo et al., 2018). Se trata de una tecnología que permite sincronizar con precisión los movimientos de los deportistas durante el juego (Molina-Carmona et al., 2018) y satisfacer las demandas del juego. La monitorización de estas demandas desde un punto de vista objetivo, va a permitir conocer el perfil del rendimiento real de un árbitro de baloncesto (García-Santos et al., 2017), establecer mejor los periodos de descanso y reducir el riesgo de lesión (Colby, Dawson, Heasman, Rogalski y Gabbett, 2014). Más si cabe, si los árbitros participan en campeonatos de corta duración, donde existen partidos todos los días, como sucede en la presente investigación. Además, es importante concretar el perfil de aceleración de los árbitros, debido al daño muscular creado por este tipo de acciones durante el juego y la fatiga que puede ocasionar en la función muscular durante más de 24 horas (Howatson y Milak, 2009).

Hasta donde conocemos, es el primer análisis que se realiza del perfil de acelerometría en árbitros de baloncesto y son escasas en otros deportes colectivos. Los resultados muestran que un árbitro de baloncesto realiza 4585 aceleraciones y 3879 deceleraciones de media por partido. Un

estudio semejante, con árbitros de balonmano, se observa que estos realizan 2838 aceleraciones y 2630 desaceleraciones por partido (García-Santos et al., 2017). Esta diferencia podría asociarse a las características del deporte y al nivel de la competición, pues el presente estudio se realiza en un torneo internacional, con árbitros senior de nivel internacional, mientras que el estudio de los árbitros de balonmano era de nivel regional. En ningún caso, es posible comparar la duración e intensidad de las aceleraciones puesto que no son medidas en árbitros de balonmano. Por otro lado Gómez-Carmona y Pino-Ortega (2016) analizan el perfil de aceleraciones en árbitros de fútbol, identificando que se realizan menos aceleraciones y desaceleraciones durante un encuentro en los árbitros de fútbol (1217 aceleraciones y 1092 deceleraciones), que en baloncesto. Atendiendo a la intensidad de las aceleraciones, se observa que el árbitro de baloncesto está aproximadamente el 61,5% del tiempo en intensidades bajas ($1-2.5 \text{ m/s}^2$), frente al 91% en fútbol. Con respecto al rango de intensidad media ($2.5-4 \text{ m/s}^2$), se identifica que existe un mayor tiempo de trabajo en los árbitros de baloncesto, frente al tiempo que trabajan los árbitros de fútbol (35% frente al 8%). Mientras que en acciones de alta intensidad ($>4 \text{ m/s}^2$) no existen tantas diferencias entre estos deportes, siendo el tiempo de trabajo a alta intensidad del 3,5% en árbitros de baloncesto frente al 1% en fútbol. Estos datos pueden relacionarse con el tipo de movimientos de los árbitros, más cortos e intensos en baloncesto, con una velocidad mayor de juego en baloncesto y con las dimensiones propias del terreno de juego (Ibáñez, García-Rubio, Gómez y González-Espinosa, 2018). Dado que se tratan de deportes con características totalmente diferentes no se puede concretar ninguna relación o diferencia significativa, más allá de la importancia que tienen este tipo de variables en las acciones de alta intensidad, y por ende en los movimientos que determinan el éxito en cada deporte (Schelling y Torres, 2016).

Así mismo el perfil de acelerometría puede verse influenciado por otras variables situacionales que determinan el contexto de juego de un partido y el rendimiento de los árbitros. En este sentido, se encuentran el marcador y las PB. Existen estudios centrados en jugadores que determinan que la variación en el marcador afecta al ritmo del partido, siendo un partido con mayor intensidad cuando la diferencia es amplia, y un partido más pausado cuando el partido está más disputado (Oliver, 2004). En el presente estudio el marcador no afecta en el rendimiento de los árbitros durante el partido. Con respecto a las PB, encontramos investigaciones que exponen que durante los primeros minutos de juego se realiza un juego más rápido con más situaciones de uno contra uno y lanzamientos rápidos, mientras que al final del partido existen posesiones más largas donde interviene más las jugadas tácticas colectivas (Gómez et al., 2013). En el presente trabajo, no es posible valorar el tipo de posesión que se realiza, pero si se puede observar que la media de PB por partido (85 ± 7) determina que se tratan de partidos rápidos con gran número de jugadas

para cada equipo, debido en gran parte a la categoría en formación en la se encuentra.

En el perfil de acelerometría se observa que existen diferencias significativas entre el primer y el cuarto periodo en la duración de las aceleraciones y desaceleraciones y en la velocidad de inicio de las desaceleraciones. Esto se debe a la diferencia en la velocidad de juego entre unos periodos y otros, ya que al inicio del partido los jugadores se encuentran físicamente mejor y pueden proponer un ritmo de juego más alto. La duración de las aceleraciones o deceleraciones es posible que sea menor en el último periodo, debido al aumento de la fatiga al final del partido (Weston et al., 2007). Estos estudios se han realizado en fútbol, donde las características del terreno de juego son diferentes y los jugadores deben permanecer durante periodos prolongados de tiempo más amplios en el mismo, debido al número limitado de cambios. Por lo que quizás no se corresponda con la fatiga que puedan adquirir los jugadores y árbitros de baloncesto. Estos resultados son semejantes en jugadores, quienes realizan aceleraciones y desaceleraciones más cortas, pero a mayor velocidad en el último periodo (Dextrat et al., 2015). Estas similitudes pueden producirse gracias a que las exigencias de juego son las mismas para jugadores y árbitros. Por tanto, es posible destacar el cuarto periodo como el espacio de tiempo más importante del juego. Es el momento donde se decide el partido y por ende existe una gran variabilidad en el resultado (García-Rubio, Gómez, Cañadas, y Ibáñez, 2015), una intensidad de juego más alta y un mayor número de interrupciones (Gómez, Jiménez, Navarro, Lago-Peñas, y Sampaio 2011). Sería interesante seguir en esta línea de trabajo para conocer las causas de este perfil de aceleraciones y desaceleraciones en el último periodo de juego.

Por ello, es necesario realizar investigaciones centradas en la toma de decisiones de los árbitros en situaciones finales de partido con estrés mental, fisiológico y fatiga acumulada, con el fin de preparar al árbitro ante este tipo de situaciones y poder resolverlas adecuadamente dentro del contexto en el que se desarrolla la competición (Vaquera et al., 2016). Identificar el perfil de aceleración y desaceleración en un árbitro de baloncesto, permite conocer las variables que junto con el PlayerLoad (PL) y la velocidad resultan más predictivas en el rendimiento de los deportistas (Schelling y Torres, 2016), pues son indicadores interrelacionados e influyentes en las acciones de alta intensidad (Hoppe, Baumgart, Slamka, Polglaze y Freiwald, 2017). Para ello, será necesario entender la variabilidad del juego, ajustar las exigencias arbitrales a las necesidades específicas de cada jugada, para minimizar los errores que puedan cometerse en la toma de decisiones asociadas a este tipo de variables.

Conclusiones

Los hallazgos encontrados permiten identificar el perfil de aceleración y desaceleración de los árbitros de baloncesto

durante los diferentes periodos de juego, así como las diferencias entre ellos. Durante el último cuarto se realizan aceleraciones y desaceleraciones con una duración menor, pero con mayor intensidad, con respecto al resto de periodos. La elaboración de este perfil permite instaurar programas de entrenamientos acordes a las exigencias de la competición.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Ayuda a los Grupos de Investigación (GR18170) de la Junta de Extremadura (Consejería de Economía e Infraestructuras); con la aportación de la Unión Europea a través de los FEDER.

Accelerometry profile of basketball referees during U'16 euroasket women

Abstract

The monitorization of the acceleration profile allows determining the high intensity actions that determine the success of competition. The aim of the study is to analyze the acceleration profile of basketball referees through Ultra Wide-Band technology. The sample was composed of nine international referees, who refereeing fifteen official games during U'16 international championship. The independent variable was defined by the different periods of the game. The dependent external load variables were the intensity, duration, maximum peak and start speed of accelerations and decelerations. And the dependent situational variables were game score and ball possessions. The *WIMU PRO™* inertial devices have been used for the analysis of variables. The repeated measures Anova test was performed to know the differences between periods. The results show that there are significant differences between the first and the fourth period in the duration of accelerations and decelerations and in the start speed of decelerations. Acceleration basketball referees profile can meet the demands of the game and properly analyze the predictors of performance.

Keywords: acceleration profile; basketball; referees

Perfil da acelerometria dos árbitros do basquetebol durante o eurobasket feminino U'16

Resumo

A quantificação do perfil de aceleração permite determinar as ações de alta intensidade que determinam o sucesso de uma competição. O objetivo deste estudo é especificar o perfil de aceleração de árbitros de basquete através da tecnologia Ultra Wide-Band. A amostra foi composta por nove árbitros internacionais, que fizeram um total de quinze jogos oficiais durante um campeonato internacional do U'16. A variável independente foi definida pelos diferentes períodos de jogo. As variáveis dependentes da carga externa foram a intensidade, duração, pico máximo e velocidade de início das acelerações e desacelerações feitas pelos árbitros. E variáveis dependentes situacionais foram o marcador e as posses de bola. Para a análise das variáveis, foram utilizados dispositivos inerciais *WIMU PRO™*. As tabelas de teste estatístico de Contingência e Anova de medidas repetidas foram levadas a cabo para saber as diferenças entre períodos. Os resultados mostram que existem diferenças significativas entre o primeiro e o quarto períodos na duração das acelerações e desacelerações e na velocidade com que as desacelerações começam. A criação do perfil de aceleração dos árbitros de basquetebol possibilita conhecer as demandas do jogo e analisar adequadamente as variáveis preditivas do desempenho.

Palavras chaves: perfil de aceleração; basquetebol; árbitros

Referencias

- Alarifi, A., Al-Salman, A., Alsaleh, M., Alnafessah, A., Al-Hadhrami, S., Al-Ammar, M. A. y Al-Khalifa, H. S. (2016). Ultra wideband indoor positioning technologies: Analysis and recent advances. *Sensors*, 16(5), 707. doi: 10.3390/s16050707
- Ato, M., López, J. J. y Benavente, A. (2013). A classification system for research designs in psychology. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. doi: 10.6018/analesps.29.3.178511
- Bartlett, J. D., O'Connor, F., Pitchford, N., Torres-Ronda, L. y Robertson, S. J. (2017). Relationships between internal and external training load in team-sport athletes: evidence for an individualized approach. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 230-234. doi: 10.1123/ijpspp.2015-0791.
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C., de la Cruz, E. y Pino Ortega, J. (2018). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European Journal of Sport Science*, Pending of Publication. doi:10.1080/17461391.2018.1427796
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C. D., Hernández-Belmonte, A. y Pino-Ortega, J. (2018). Validez y fiabilidad de un dispositivo inercial (*WIMU PRO™*) para el análisis del posicionamiento en balonmano [Validity and Reliability of an Inertial Device (*WIMU PRO™*) to Tracking Analysis in Handball]. *E-Balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 14(1), 9-16.
- Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B. y Gabbett, T. J. (2014). Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2244-2252.

- Delaney, J. A., Cummins, C. J., Thornton, H. R. y Duthie, G. M. (2017). Importance, reliability and usefulness of acceleration measures in team sports. *Journal of Strength & Conditioning Research*. doi:10.1519/JSC.0000000000001849.
- Delextrat, A., Badiella, A., Saavedra, V., Matthew, D., Schelling, X. y Torres-Ronda, L. (2015). Match activity demands of elite Spanish female basketball players by playing position. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 687-703.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS. Third Edition*. Londres: SAGE
- García-Rubio, J., Gómez, M. Á., Cañadas, M., & Ibáñez, S. J. (2015). Offensive Rating-Time coordination dynamics in basketball. Complex systems theory applied to Basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 513-526. doi:10.1080/24748668.2015.11868810
- García-Santos, D. y Ibáñez, S. J. (2016). Diseño y validación de un instrumento de observación para la valoración de un árbitro de baloncesto (IOVAB). *SporTK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 15-26.
- García-Santos, D., Gamonales, J. M., León, K. y Muñoz, J. (2017). A case study: characterization of physiological, cinematic and neuromuscular demands of handball referee during competition. *E-Balonmano: Revista de Ciencias del Deporte*, 13(3), 207-216.
- García-Rubio, J., Gómez, M. Á., Cañadas, M. y Ibáñez, S. J. (2015). Offensive Rating-Time coordination dynamics in basketball. Complex systems theory applied to Basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 513-526. doi:10.1080/24748668.2015.11868810
- Gaudino, P., Alberti, G. y Iaia, F. M. (2014). Estimated metabolic and mechanical demands during different small-sided games in elite soccer players. *Human movement science*, 36, 123-133.
- Gómez, M. A., Jiménez, S., Navarro, R., Lago-Penas, C. y Sampaio, J. (2011). Effects of coaches' timeouts on basketball teams' offensive and defensive performances according to momentary differences in score and game period. *European Journal of Sport Science* 11(5), 303-308. doi:10.1080/17461391.2010.512366
- Gómez, M. A., Lorenzo, A., Ibañez, S. J. y Sampaio, J. (2013). Ball possession effectiveness in men's and women's elite basketball according to situational variables in different game periods. *Journal of Sports Sciences*, 31(14), 1578-1587.
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J. y Pino-Ortega, J. (2018). Static and dynamic reliability of WIMU PRO™ accelerometers according to anatomical placement. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 1754337118816922. doi:10.1177/1754337118816922
- Gómez-Carmona, C. y Pino-Ortega, J. (2016). Kinematic and physiological analysis of the performance of the referee football and its relationship with decision making. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(4), 397-414. doi:10.14198/jhse.2016.114.01
- Hoppe, M. W., Baumgart, C., Slomka, M., Polglaze, T. y Freiwald, J. (2017). Variability of Metabolic Power Data in Elite Soccer Players During Pre-Season Matches. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 233-245. doi:10.1515/hukin-2017-0083
- Howatson, G. y Milak, A. (2009). Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2419-2424. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bac52e
- Ibáñez, S. J., García-Rubio, J., Gómez, M. A. y González-Espinosa, S. (2018). The impact of rule modifications on elite basketball teams' performance. *Journal of Human Kinetics*, (In Press). doi:10.1515/hukin-2017-0193
- Ibáñez, S. J., Sampaio, J., Sáenz-López, P., Giménez, J., & Janeira, M. A. (2003). Game statistics discriminating the final outcome of junior world basketball championship matches (Portugal 1999). *Journal of Human Movement Studies*, 45(1), 1-20.
- Kubatko, J., Oliver, D., Pelton, K. y Rosenbaum, D. T. (2007). A starting point for analyzing basketball statistics. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(3).
- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C. y Coutts, A. J. (2017). Unpacking the black box: applications and considerations for using GPS devices in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2-18. doi:10.1123/ijspp.2016-0236
- Matković, A., Rupčić, T. y Knjaz, D. (2014). Physiological load of referees during basketball games. *Kinesiology*, 46(2), 258-265.
- McLaren, S. J., Graham, M., Spears, I. R. y Weston, M. (2016). The sensitivity of differential ratings of perceived exertion as measures of internal load. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 404-406. doi: 10.1123/ijspp.2015-0223
- Molina-Carmona, I., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A. y Pino-Ortega, J. (2018). Validez del dispositivo inercial WIMU PRO para el registro de la frecuencia cardiaca en un test de campo. *Sportk: revista euroamericana de ciencias del deporte*, 7(1), 81-86.
- Nabli, M. A., Abdelkrim, N. B., Castagna, C., Jabri, I., Batikh, T. y Chamari, K. (2017). Energy Demands and Metabolic Equivalents (METS) in U-19 Basketball Refereeing During Official Games. *Journal Sports Medicine Doping Studies*, 7(190), 2161-0673. doi: 10.4172/2161-0673.1000190
- Oliver, D. (2004). *Basketball on paper: Rules and tools for performance analysis*. Washington, DC: Brassey's.
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Love, T. D., Bracken, R. M. y Kilduff, L. P. (2016). Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2839-2844.
- Sampaio, J., Lago, C., & Drinkwater, E. J. (2010). Explanations for the United States of America's dominance in basketball at the Beijing Olympic Games (2008). *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 147-152.
- Schelling, X. y Torres, L. (2016). Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(4), 585.
- Serpiello, F. R., Hopkins, W. G., Barnes, S., Tavrou, J., Duthie, G. M., Aughey, R. J. y Ball, K. (2017). Validity of an ultra-wideband local positioning system to measure locomotion in indoor sports. *Journal of Sports Sciences*, 1-7. Online. doi:10.1080/02640414.2017.1411867

- Vaquera, A., Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J. y Leicht, A. S. (2016). Sex differences in cardiovascular demands of refereeing during international basketball competition. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(2), 164-169. doi:10.1080/00913847.2016.1158622
- Vaquera, A., Mielgo-Ayuso, J., Calleja-Gonzalez, J. y Leicht, A. S. (2017). Cardiovascular and perceptual stress of female basketball referees during women's International matches. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(4), 476-482. doi:10.23736/S0022-4707.16.06230-7
- Weston, M., Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E. y 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. doi:10.1016/j.jsams.2006.09.001