

García-Santos, D.; Pino-Ortega, J.; García-Rubio, J.; Vaquera, A.; Ibáñez, S.J. (202x) Relationship between External and Internal Load in Basketball Referees. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. x (x) pp. xx Pendiente de publicación / In press.

ORIGINAL

RELACIÓN ENTRE LA CARGA INTERNA Y EXTERNA EN ÁRBITROS DE BALONCESTO

RELATIONSHIP BETWEEN EXTERNAL AND INTERNAL LOAD IN BASKETBALL REFEREES

García-Santos, D.¹; Pino-Ortega, J.²; García-Rubio, J.³; Vaquera, A.⁴ e Ibáñez, S.J.⁵

¹ Estudiante de doctorado en Ciencias del Deporte. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Extremadura. Miembro del Grupo de Optimización del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo (España) dgarcianu@alumnos.unex.es

² Doctor y profesor en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Murcia (España) josepinoortega@um.es

³ Doctor y profesor en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Extremadura. Miembro del Grupo de Optimización del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo (España) jagaru@unex.es

⁴ Doctor y profesor en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de León (España) avajj@unileon.es

⁵ Catedrático y profesor de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Extremadura. Miembro del Grupo de Optimización del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo (España) sibanez@unex.es

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Ayuda a los Grupos de Investigación (GR18170) del Gobierno de Extremadura (Departamento de Economía e Infraestructuras); con la contribución de la Unión Europea a través de los fondos FEDER. Agradecer la colaboración del Área Técnica de Árbitros y de los árbitros participantes en el estudio de la Federación Internacional de Baloncesto (FIBA).

Código UNESCO / UNESCO Code: 5899 Otras Especialidades Pedagógicas (Educación Física y Deporte) / Other Pedagogical Specialties (Physical Education and Sport)

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 17. Otras (Rendimiento Deportivo) / Other (Sport Performance)

Recibido 15 de marzo de 2020 **Received** March 15, 2020

Aceptado 21 de abril de 2020 **Accepted** April 21, 2020

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en analizar las relaciones existentes entre los parámetros de carga interna (objetiva y subjetiva) y externa. La muestra estuvo compuesta por un total de 15 partidos disputados en el Eurobasket femenino U-16, donde participaron un total de nueve árbitros (6 masculinos y 3 femeninos). Las variables analizadas de carga interna fueron la frecuencia cardiaca y la percepción subjetiva de esfuerzo. Las variables de carga externa se dividieron en cinemáticas y neuromusculares, medidas a través de dispositivos inerciales. Los resultados explican que existen relaciones entre los valores de carga interna objetiva y carga externa, así como entre las variables de carga externa. En cambio, no existen relaciones entre la carga interna subjetiva y las variables de carga interna y externa objetiva, exceptuando el PowerMetabolic. Estos resultados demuestran que la competición y el nivel de los árbitros influyen en gran medida en las variables subjetivas.

PALABRAS CLAVES: Árbitro de Baloncesto, Carga Interna Objetiva, Carga Interna Subjetiva, Carga Externa Objetiva.

ABSTRACT

The aim of the present paper consists in analysing the relations between their internal (objective and subjective) and external load parameters. The sample was composed of a total of 15 matches played in the women's U16 Eurobasket championship, in which a total of nine referees (6 men and 3 women) participated. The internal load variables analysed were heart rate and the subjective rating of perceived exertion. The external load variables were divided into kinematic and neuromuscular variables, measured using inertial devices. The results show that there are associations between the values of objective internal load and external load, as well as between the variables of external load. In contrast, there is no relation between internal subjective load and the variables of objective internal and external load, except regarding Metabolic Power. These results indicate that the competition and the level of the referees greatly influence the subjective variables.

KEYWORDS: Basketball Referee, Objective Internal Load, Subjective Internal Load, Objective External Load.

1. INTRODUCCIÓN

La monitorización y cuantificación de las demandas de esfuerzo de los deportistas resulta esenciales para optimizar su rendimiento (Weston et al., 2012), para instaurar programas de entrenamiento acordes a las necesidades de juego de cada deporte (Castillo, Weston, McLaren & Yanci, 2016) y para reducir el riesgo de lesión (Bartlett, O'Connor, Pitchford, Torres-Ronda & Robertson, 2017). Para ello, es necesario analizar el contexto en el que se desarrolla la competición (Vaquera, Mielgo-Ayuso, Calleja-González & Leicht, 2016), y conocer las características propias del deporte.

El Baloncesto es de un deporte que ha sufrido grandes cambios en el reglamento a lo largo del tiempo (Cormery, Marcil & Bouvard, 2008), lo que ha provocado un juego más rápido y atractivo para el espectador (Allegretti et al, 2015). La evolución del deporte ha propiciado una mejora y profesionalización de los árbitros, adquiriendo un rol más importante dentro de la competición y considerándose un deportista más dentro del juego. Bajo esta perspectiva, el análisis de la carga de esfuerzo de un árbitro resulta necesario para establecer con precisión el perfil del rendimiento del mismo (García-Santos, Gamonales, León, Mancha & Muñoz, 2017), y conseguir así, una mejora de su práctica arbitral (Myers, Feltz, Guillén & Dithurbide, 2012).

El análisis del rendimiento del árbitro puede realizarse desde varias perspectivas, que permiten conocer un perfil del rendimiento del árbitro mucho más completo. En este sentido, en el presente estudio, es posible analizar el perfil antropométrico (Castillo, Cámara & Yanci, 2019) y las exigencias de carga interna (fisiológicas) y externa (cinemáticas y neuromusculares) (Bartlett et al, 2017). Existen diversos instrumentos que permiten registrar estas demandas de carga interna y externa en los deportistas. Algunos de estos instrumentos permiten cuantificar la carga de esfuerzo de forma subjetiva. Uno de los métodos más empleados en el rendimiento deportivo es la escala de percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) (Borg, 1982), que establece una escala *Likert* de 0 a 10 según el esfuerzo alcanzado por el deportista. Estos instrumentos de percepción subjetiva del esfuerzo necesitan un entrenamiento previo en el manejo de la herramienta por parte de jugadores o árbitros, para que el dato sea válido y fiable (Castagna, Bizzini, Póvoas & D'Ottavio, 2017; McLaren, Graham, Spears & Weston, 2016).

Desde el punto de vista objetivo, el método más empleado para analizar la carga interna es el registro de la frecuencia cardiaca (HR) (Matković, Rupčić & Knjaz, 2014; Vaquera, Mielgo-Ayuso, Calleja-González & Leicht, 2017). Se trata de una medida que permite conocer la intensidad de ejercicio debido a su estrecha relación con la estimulación del organismo (Karvonen, Kentala y Mustala, 1957). En el arbitraje deportivo, la HR junto con la RPE han sido los indicadores de carga más empleados para analizar la carga interna en árbitros (Vaquera et al., 2017), debido a que se tratan de métodos fáciles de usar y de bajo coste. De hecho, existe una gran correlación entre estos métodos de valoración de carga interna objetiva y subjetiva, sobre todo en situaciones de alta intensidad (Costa et al., 2013; Weston, Bird, Helsen, Nevill & Castagna, 2006). Por otra parte, aparecen otros métodos en el análisis de carga interna objetiva en jugadores y árbitros, tales como la medición de lactato (Tessitore, Cortis, Meeusen & Capranica, 2007), el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) (McLaren et al, 2016), el cortisol (Moreira, McGuigan, Arruda, Freitas & Aoki, 2012) o la testosterona (Schelling, Calleja-González, Torres-Ronda & Terrados, 2015). Para su análisis es necesario un material específico y un uso adecuado del mismo, pues puede alterar la rutina del deportista durante la competición.

La carga externa se ha definido como el estrés mecánico y locomotor causado por la actividad deportiva (Bucheit, Lacombe, Cholley & Simpson, 2018), existiendo variables cinemáticas y neuromusculares, que analizan respectivamente los desplazamientos y sus intensidades y el esfuerzo alcanzado

entre la interacción de la gravedad con los agentes del juego (García-Ceberino, Antúnez, Feu & Ibáñez, 2020). En este sentido, se encuentran diferentes sistemas para el análisis del rendimiento (EPTS), como el video-based tracking (Allegretti et al., 2015; Nabli et al., 2017), los sistemas Global Navigation Satellite System (GNSS) por satélite (Malone, Lovell, Varley & Coutts, 2017; Gómez-Carmona & Pino-Ortega, 2016) o los sistemas LPS (Local Position System) con tecnología Ultra-wideband (UWB) (Alarifi et al., 2016; García-Santos, Pino-Ortega, García-Rubio, Vaquera & Ibáñez, 2019b). En el primero de los casos, el análisis cinemático se realiza mediante algoritmos matemáticos a través de un sistema de cámaras que permite el seguimiento del juego y sus participantes. En los sistemas GNSS y LPS, los deportistas deben llevar consigo el propio dispositivo mediante un arnés anatómico situado en la espalda para poder registrar los datos. Además, los LPS con tecnología UWB gracias a su sistema de antenas de radiofrecuencia permiten analizar las variables de carga en los deportes *indoor* (Bastida-Castillo et al., 2019). Algunos de estos sistemas aportan información en tiempo real gracias a la tecnología ANT+, lo que supone un control más preciso del árbitro, pues determinan variables cinemáticas (distancia recorrida, aceleraciones, velocidades, etc) y neuromusculares (PlayerLoad, PowerMetabolic e Impactos), que permiten conocer con exactitud la carga que implica un partido en tiempo real (Reina, García-Rubio, Antúnez & Ibáñez, 2020), así como el índice de fatiga producido (Barrett, 2016). Todo ello va a permitir adaptarse mejor a las características del juego (Matković et al., 2014) y trabajar sobre aquellos aspectos que el árbitro precisa mejorar con respecto a las variables de carga interna y externa.

Tras analizar la literatura existente no se han encontrado investigaciones que triangulen y relacionen la información proveniente de distintos sistemas de evaluación de la carga en árbitros de baloncesto durante la competición. Por este motivo, el presente estudio se centra en caracterizar la carga interna objetiva y subjetiva y la carga externa objetiva en los árbitros de baloncesto durante la competición e identificar las relaciones existentes entre estos indicadores de rendimiento, para poder determinar que instrumentos emplear en función de los recursos y posibilidades.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DISEÑO

La presente investigación emplea un diseño transversal con grupos naturales específicos (Ato, López & Benavente, 2013), para valorar las correlaciones existentes entre las variables de carga externa e interna en árbitros de baloncesto.

2.2 PARTICIPANTES

La población que participó en el presente estudio estuvo determinada por nueve árbitros de categoría internacional, seis hombres (M) y tres mujeres (F), que participaron en el Eurobasket femenino U-16, disputado en Gibraltar en 2017. Las características antropométricas de los participantes se observan en la *figura*

2. Los árbitros fueron informados al inicio de la investigación del protocolo experimental y sus posibles beneficios, firmando un consentimiento informado. Los procedimientos abordados en el presente estudio fueron aprobados según el comité ético de la Universidad de Extremadura (Ref. 67/2017), bajo la Declaración de Helsinki (2013). La Federación Internacional de Baloncesto (FIBA) autorizó la participación y monitorización de todos los árbitros en el transcurso del campeonato.

2.3 MUESTRA

La muestra estuvo compuesta por los datos obtenidos de los quince partidos disputados en formato torneo durante el campeonato Europeo Femenino U-16. En cada partido participaban tres árbitros, designados por el Comité Técnico de Árbitros de la FIBA. Todos los árbitros participaron en el mismo número de veces. Los encuentros estaban compuestos por cuatro periodos de diez minutos de duración. Entre los cuartos primero y segundo y los cuartos tercero y cuarto existía una pausa de dos minutos, mientras que entre el segundo y tercer cuarto el tiempo de descanso fue de diez minutos.

2.4 VARIABLES

Las variables empleadas en este estudio, permiten conocer la carga interna y externa de los árbitros de baloncesto durante la competición y cuantificar su rendimiento. Se registraron las siguientes variables:

Carga Interna Objetiva (iTL)

La iTL está determinada por el porcentaje de frecuencia cardiaca máxima (%HRmax). Conociendo el porcentaje de frecuencia cardiaca es posible determinar la intensidad de trabajo. Los porcentajes de trabajo se establecieron dividiendo diferentes zonas de trabajo siguiendo a Vaquera et al., (2017) (Z1: 50-60%, Z2: 60-70%, Z3: 70-80%, Z4: 80-90%, Z5: 90-95%, Z6: >95%). Para el cálculo de la HRmax se utilizó una adaptación de la fórmula de Whaley, Kaminsky, Dwyer, Getchell & Norton, (1992), tanto para hombre como para mujeres:

Hombres

$$HR_{max} (bpm) = 203.9 - [0.812 * Age] + [0.276 * HR_{basal}] - [0.084 * Body Mass]$$

Mujeres

$$HR_{max} (bpm) = 204.8 - [0.718 * Age] + [0.162 * HR_{basal}] - [0.105 * Body Mass]$$

Carga Externa Objetiva Cinemática (eTL_k)

Se registraron diferentes variables para conocer la eTL_k, tales como la *velocidad máxima (Vmax)*, la *velocidad media (Vmed)*, el *número de aceleraciones (Acc)* y *desaceleraciones (Dec)*, las *aceleraciones (Acc/m)* y *desaceleraciones por minuto (Dec/m)*, la *distancia recorrida total (Dis)* y *por minuto (Dis/m)* y el *número de pasos totales (St)* y *por minuto (St/m)*. La velocidad media y máxima de todos los árbitros fue expresada ambas en metros por segundo (m/s). Se calculó el número de aceleraciones y desaceleraciones realizadas a lo largo de un partido,

así como las aceleraciones y desaceleraciones por minuto, expresadas en metros por segundo al cuadrado (m/s^2). La distancia recorrida se obtuvo mediante los metros recorridos durante el partido y por minuto. Así mismo, el número de pasos se calcularon durante todo el partido y por minuto.

Carga Externa Objetiva Neuromuscular (eTL_N)

La eTL_N fue expresada a través de Impactos (Imp), Power Metabolic (*PMet*) y Player Load (PL). Tanto el PL como el *PMet* fue calculado por minuto como en la totalidad del partido. Mientras que los Imp se calcularon únicamente en la totalidad del partido. Los Imp permiten calcular la fuerza G a la que está sometida el árbitro durante las diferentes acciones de juego (Puente, Abián-Vicén, Areces, López & Del Coso, 2017). Su cálculo se realizó mediante la suma vectorial de las fuerzas G en los tres planos (x, y, z). En la presente investigación se determinaron cuando su valor fue superior a 5 Gs.

El *PMet* se determinó a través de la multiplicación de la velocidad (*V*) por el coste energético de la actividad (*CE*) derivada de la inclinación y la aceleración (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & Di Prampero, 2010). Su fórmula es la siguiente:

$$PMet = CE \cdot V$$

La variable *PL* se utilizó para evaluar la carga externa neuromuscular de los árbitros (Cormack, Mooney, Morgan & McGuigan, 2013), gracias a su fiabilidad y validez (Barrett, 2016; Barreira et al., 2017). Se calculó mediante la suma vectorial de los cuatro puntos de las aceleraciones en sus 3 ejes (vertical, medio-lateral y antero-posterior). Su unidad de medida se representa mediante medidas arbitrarias (a.u.). La ecuación empleada para su cálculo fue:

$$PlayerLoad_{t=n} = \sqrt{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{(Z_{t=i+1} - Z_{t=i})^2 + (X_{t=i+1} - X_{t=i})^2 + (Y_{t=i+1} - Y_{t=i})^2}{100}}$$

Donde (*Z*) es la aceleración del eje antero-posterior, (*X*) la aceleración del eje medio-lateral; (*Y*) la aceleración del eje vertical, (*t*) tiempo y (*n*) número.

Carga Interna Subjetiva (iTLs)

La iTLs se midió a través de la percepción subjetiva de esfuerzo (*RPE*). Para realizar su cálculo se empleó la escala CR10 de Borg (Borg, 1982). Se trata de una escala que establece valores numéricos de 0-10, siendo cero el valor mínimo y 10 el valor máximo. Esta escala explica la carga de esfuerzo subjetivo de un árbitro durante un partido. Se midió al finalizar el partido por cada uno de los árbitros.

2.5 MATERIALES

Para la percepción subjetiva de esfuerzo se ha empleado la escala CR-10 de Borg (1982). Para el análisis de carga interna y externa objetiva se utilizaron

respectivamente las bandas de Frecuencia Cardíaca GARMIN® y los dispositivos inerciales WIMU-PRO™ (Realtrack System, Almería, España). El dispositivo está integrado por diferentes sensores de localización con tecnología Ultra Wide-Band (UWB). Estos sensores permiten la monitorización del deportista de forma objetiva. Para realizar el análisis de los diferentes datos se ha empleado el software S-PRO™ (RealTrack Systems, Almería, España). Para el registro y funcionamiento de estos dispositivos en instalaciones cerradas, se empleó un sistema de seis antenas de radiofrecuencia interconectadas entre sí con una frecuencia de muestro de 18Hz. El protocolo de equipamiento del dispositivo al sujeto y del sistema de antenas se detalla en la *figura 1*. A la izquierda se representa el lugar donde debe colocarse la máquina WIMU-PRO™. En la derecha se explica la colocación del sistema de antenas en el terreno de juego.

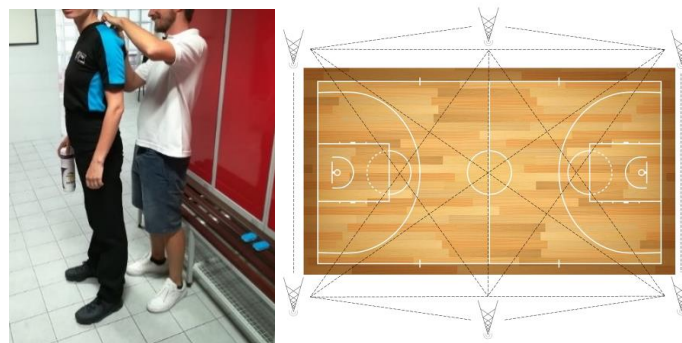


Figura 1. Introducción del dispositivo WIMU-PRO en su arnés anatómico específico y colocación del sistemas de antenas en el terreno de juego.

2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar, se ha realizado un análisis exploratorio para conocer el modelo de contraste de hipótesis (Field, 2013). Para ello, se han estudiado las pruebas de contraste de Normalidad (*Prueba de Shapiro-Wilk*), de Aleatoriedad (*Prueba de Rachas*) y de Homocedasticidad (*Prueba de Levene*). El análisis de asunción de criterios ha determinado que las variables cumplen el modelo de contraste de hipótesis paramétrico.

A continuación, se han calculado los descriptivos de cada variable (media, desviación típica). Posteriormente, se analizó la relación entre las variables a través del coeficiente de correlación de *Pearson* (r), pues se pretende conocer la fuerza con la que los pares de variables están relacionados. Los rangos establecidos empleados para las correlaciones fueron: *leve* (0.1-0.3), *moderada* (0.3-0.5), *grande* (0.5-0.7), *muy grande* (0.7-0.9), *casi perfecta* (>0.9) y *perfecta* (1) (Field, 2013). Finalmente, se ha llevado a cabo un análisis de *Regresión Lineal* (r^2) para conocer donde se producen esas correlaciones y ver en qué porcentaje las variables independientes (variables de carga interna objetiva y subjetiva) explican los cambios producidos en las variables dependientes (carga externa). El valor de significatividad utilizado para los diferentes análisis realizados es $p < 0.05$. El paquete software estadístico empleado ha sido SPSS (SPSS Inc., Chicago IL, EEUU) en su versión 21.

3. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados observados en los diferentes análisis realizados. Inicialmente en la *figura 2*, se concretan la media de los valores antropométricos de los árbitros participantes, tanto masculinos como femeninos.

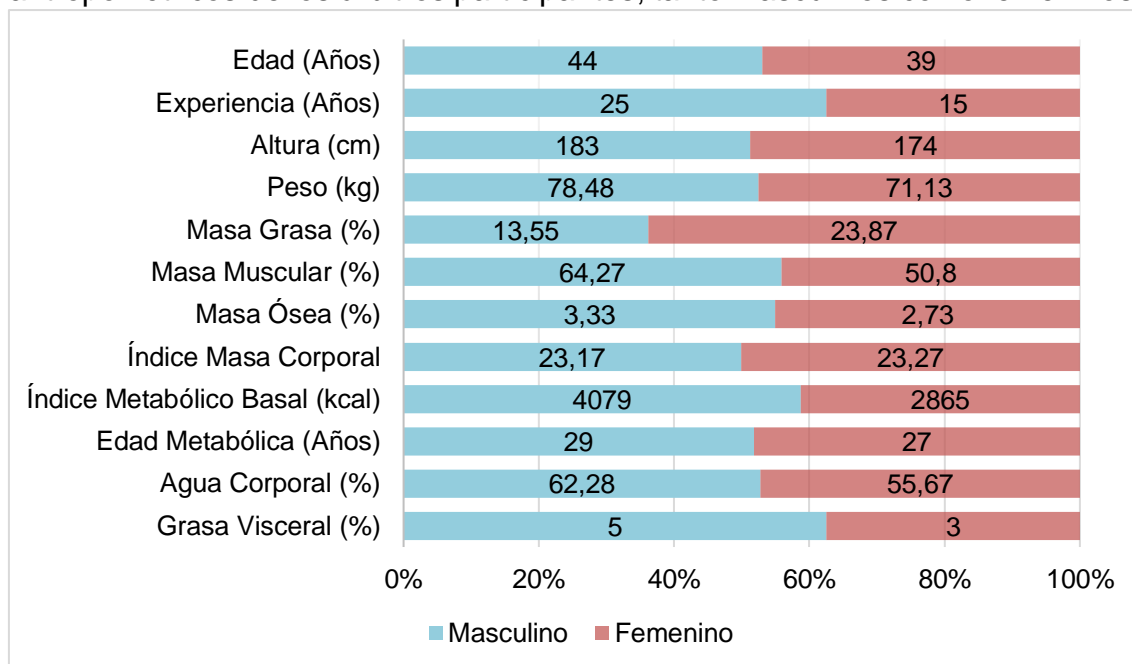


Figura 2. Datos Antropométricos.

La Tabla 1 expresa los datos descriptivos (media y desviación típica) de cada una de las variables estudiadas.

Tabla 1. Resultados Descriptivos de las Variables de Carga Interna y Externa.

| Variables | n | Mean | SD | |
|-------------------------------|-----------------------------------|------|-------|------|
| iTL | %HRmax | 45 | 61,84 | 7,18 |
| | Accelerations (m/s ²) | 45 | 1079 | 192 |
| | Decelerations (m/s ²) | 45 | 505 | 138 |
| | Acc/min (m/s ²) | 45 | 13,65 | 1,92 |
| | Dec/min (m/s ²) | 45 | 6,40 | 1,68 |
| eTL _C | VMax (km/h) | 45 | 18,91 | 1,17 |
| | VMed (km/h) | 45 | 4,87 | 0,21 |
| | Steps | 45 | 2616 | 543 |
| | Steps/min | 45 | 33 | 6 |
| | Distance (m/s) | 45 | 4330 | 603 |
| | Distance/min (m/s) | 45 | 55 | 5 |
| | PlayerLoad TM | 45 | 44,13 | 7,92 |
| PlayerLoad TM /min | 45 | 0,56 | 0,08 | |
| eTL _N | PowerMetabolic | 45 | 15,60 | 2,57 |
| | PowerMetabolic/min | 45 | 0,20 | 0,03 |
| | Impacts | 45 | 1024 | 372 |
| iTL _S | RPE | 45 | 2,02 | 1,01 |

Nota: iTL= Carga Interna Objetiva; eTL_C= Carga Externa Cinemática; eTL_N= Carga Externa Neuromuscular; iTL_S= Carga Interna Subjetiva; n=Nº de periodos totales; Mean=Media; SD=Desviación Típica; %HRmax=Porcentaje de Frecuencia Cardíaca Máxima; RPE=Percepción Subjetiva de Esfuerzo; Acc/min=Aceleraciones por minuto;

*Dec/min=Deceleraciones por minuto; VMax=Velocidad Máxima; VMed: Velocidad Media;
Steps=Pasos; Distance=Distancia; Impacts=Impactos.*

La Tabla 2 presenta las relaciones existentes entre las variables de carga interna objetiva y subjetiva y las variables de carga externa cinemáticas y neuromusculares. Los resultados muestran relaciones significativas entre diferentes grupos de variables. Existen correlaciones significativas entre %HRmax con la Vmed ($p \leq 0.01$), St/m ($p \leq 0.05$), Dis/min ($p \leq 0.01$) y PL/min ($p \leq 0.05$). Las aceleraciones con la Vmax ($p \leq 0.05$), Dis ($p \leq 0.01$), PL ($p \leq 0.01$) y PMet ($p \leq 0.01$). La Vmax con la Dis/min ($p \leq 0.01$), PMet ($p \leq 0.01$). Y, por último, la distancia se asocia al PL ($p \leq 0.01$) y PMet ($p \leq 0.01$). La RPE no guarda ninguna relación con ninguna de las variables de carga interna y externa, exceptuando el PMet ($p \leq 0.05$).

PENDIENTE DE PUBLICACIÓN / IN PRESS

Tabla 2. Resultado de las Correlaciones.

| Variables | | | eTL _c | | | | | | | | | eTL _n | | | | | iTL _s | |
|------------------|--------|------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|
| | | | Acc | Dec | Acc/m | Dec/m | Vmax | Vmed | St | St/m | Dis | Dis/m | PL | PL/m | PMet | PMet/m | Imp | RPE |
| iTL | %HRmax | r | 0.10 | 0.15 | 0.23 | 0.21 | 0.25 | 0.50 | 0.25 | 0.34 | 0.27 | 0.51 | 0.10 | 0.20 | 0.24 | 0.32 | -0.11 | -0.12 |
| | | Sig. | 0.50 | 0.33 | 0.14 | 0.16 | 0.10 | 0.00** | 0.10 | 0.02** | 0.07 | 0.00** | 0.52 | 0.18 | 0.11 | 0.03** | 0.46 | 0.41 |
| eTL _c | Acc | r | 1.00 | 0.91 | 0.62 | 0.62 | 0.34 | -0.17 | 0.41 | -0.02 | 0.80 | 0.17 | 0.46 | 0.06 | 0.78 | 0.26 | 0.08 | 0.06 |
| | | Sig. | | 0.00** | 0.00** | 0.00** | 0.02* | 0.26 | 0.01** | 0.88 | 0.00** | 0.26 | 0.00** | 0.67 | 0.00** | 0.09 | 0.60 | 0.67 |
| | Dec | r | | 1.00 | 0.80 | 0.87 | 0.48 | 0.03 | 0.27 | 0.07 | 0.67 | 0.43 | 0.26 | -0.00 | 0.71 | 0.48 | -0.09 | -0.06 |
| | | Sig. | | | 0.00** | 0.00** | 0.00** | 0.83 | 0.07 | 0.64 | 0.00** | 0.00** | 0.09 | 0.98 | 0.00** | 0.00** | 0.55 | 0.66 |
| | Acc/m | r | | | 1.00 | 0.96 | 0.51 | 0.18 | 0.04 | 0.22 | 0.26 | 0.64 | -0.03 | 0.16 | 0.38 | 0.64 | -0.22 | -0.17 |
| | | Sig. | | | | 0.00** | 0.00** | 0.24 | 0.77 | 0.14 | 0.08 | 0.00** | 0.84 | 0.30 | 0.01* | 0.00** | 0.14 | 0.27 |
| | Dec/m | r | | | | 1.00 | 0.56 | 0.24 | 0.07 | 0.22 | 0.33 | 0.67 | -0.02 | 0.14 | 0.44 | 0.68 | -0.25 | -0.21 |
| | | Sig. | | | | | 0.00** | 0.11 | 0.66 | 0.14 | 0.03* | 0.00** | 0.87 | 0.37 | 0.00** | 0.00** | 0.10 | 0.15 |
| | Vmax | r | | | | | 1.00 | 0.30 | 0.16 | 0.20 | 0.32 | 0.47 | 0.03 | 0.07 | 0.37 | 0.49 | -0.15 | -0.11 |
| | | Sig. | | | | | | 0.04* | 0.28 | 0.17 | 0.03 | 0.00** | 0.84 | 0.65 | 0.02* | 0.00** | 0.31 | 0.47 |
| | Vmed | r | | | | | | 1.00 | 0.12 | 0.44 | 0.14 | 0.80 | 0.18 | 0.63 | 0.10 | 0.49 | 0.12 | -0.24 |
| | | Sig. | | | | | | | 0.44 | 0.00** | 0.34 | 0.00** | 0.23 | 0.00** | 0.51 | 0.00** | 0.45 | 0.11 |
| | St | r | | | | | | | 1.00 | 0.73 | 0.62 | 0.19 | 0.74 | 0.41 | 0.42 | -0.00 | 0.36 | -0.07 |
| | | Sig. | | | | | | | | 0.00** | 0.00** | 0.28 | 0.00** | 0.01** | 0.00** | 0.98 | 0.01* | 0.65 |
| | St/m | r | | | | | | | | 1.00 | 0.12 | 0.53 | 0.34 | 0.65 | -0.00 | 0.22 | 0.15 | -0.25 |
| | | Sig. | | | | | | | | | 0.43 | 0.00** | 0.02* | 0.00** | 0.99 | 0.15 | 0.32 | 0.10 |
| Dis | r | | | | | | | | | 1.00 | 0.28 | 0.72 | 0.14 | 0.85 | 0.23 | 0.25 | 0.02 | |
| | Sig. | | | | | | | | | | 0.06 | 0.00** | 0.37 | 0.00** | 0.12 | 0.10 | 0.91 | |
| Dis/m | r | | | | | | | | | | 1.00 | 0.10 | 0.54 | 0.29 | 0.73 | -0.13 | -0.27 | |
| | Sig. | | | | | | | | | | | 0.51 | 0.00** | 0.05 | 0.00** | 0.40 | 0.07 | |
| eTL _n | PL | r | | | | | | | | | | 1.00 | 0.61 | 0.55 | 0.00 | 0.74 | -0.05 | |
| | | Sig. | | | | | | | | | | | | 0.00** | 0.00** | 0.99 | 0.00** | 0.75 |
| | PL/m | r | | | | | | | | | | | | 1.00 | 0.06 | 0.28 | 0.58 | -0.26 |
| | | Sig. | | | | | | | | | | | | | 0.67 | 0.06 | 0.00** | 0.08 |
| | PMet | r | | | | | | | | | | | | | 1.00 | 0.57 | 0.13 | -0.11 |
| | | Sig. | | | | | | | | | | | | | | 0.00** | 0.39 | 0.49 |
| | PMet/m | r | | | | | | | | | | | | | | 1.00 | -0.18 | -0.38 |
| | | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | 0.24 | 0.01** |
| Imp | r | | | | | | | | | | | | | | | 1.00 | 0.13 | |
| | Sig. | | | | | | | | | | | | | | | | 0.39 | |

Nota: iTL= Carga Interna Objetiva; eTL_c= Carga Externa Cinemática; eTL_n= Carga Externa Neuromuscular; iTL_s= Carga Interna Subjetiva; %HRmax=Porcentaje de Frecuencia Cardíaca Máxima; Acc=Aceleraciones; Dec=Desaceleraciones Acc/min=Aceleraciones por minuto; Dec/min=Deceleraciones por minuto; VMax=Velocidad Máxima; VMed: Velocidad Media; St=Pasos; St/m=Pasos por minuto; Dis=Distancia recorrida; Dis/m=Distancia recorrida por minuto; PL=PlayerLoad; PL/m=PlayerLoad por minuto; PMet=Power Metabolic; PMet/m=Power Metabolic per minute; Imp=Impacts; RPE=Percepción Subjetiva de Esfuerzo; r=rho de Pearson; *=p≤0.05; **=p≤0.01.

Tabla 3. Resultados Regresión Lineal.

| | | eTL _C | eTL _N | eTL _C + eTL _N | iTL |
|------------------|----------------|------------------|------------------|-------------------------------------|-------|
| iTL | R ² | 0.357 | 0.206 | 0.599 | |
| | D-W | 2.221 | 2.188 | 2.164 | |
| | Sig. | 0.081 | 0.096 | 0.007** | |
| iTL _S | R ² | 0.215 | 0.299 | 0.454 | 0.016 |
| | D-W | 1.439 | 1.586 | 1.695 | 1.150 |
| | Sig. | 0.308 | 0.013** | 0.188 | 0.414 |

Nota: iTL= Carga Interna Objetiva; eTL_C= Carga Externa Cinemática; eTL_N= Carga Externa Neuromuscular; iTL_S= Carga Interna Subjetiva; D-W=Durbin-Watson; **= $p \leq 0.01$.

Los resultados de la regresión lineal (Tabla 3) exponen que la varianza de las variables de carga externa tanto cinemáticas como neuromusculares son explicadas al 60% por la variable de carga interna objetiva (%HRmax) con un valor de D-W cercano a 2 que determinan la fiabilidad y colinealidad de los datos (Field, 2013). Así mismo, la varianza de las variables de carga externa neuromusculares, concretamente el P_{Met}, es explicada al 30% por la variable de carga interna subjetiva (RPE). El resto de variables no presentan ningún tipo de significatividad.

4. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue establecer las relaciones entre diferentes variables de carga interna y externa de forma objetiva y fiable empleando el uso de dispositivos inerciales y comparándolos con métodos subjetivos como la RPE. Los resultados explican que existen relaciones significativas entre las variables objetivas estudiadas, por lo que el uso de estos dispositivos resulta beneficioso para la cuantificación objetiva del rendimiento de un árbitro (García-Santos et al., 2017), así como para reducir el riesgo de lesión del deportista (Colby, Dawson, Heasman, Rogalski & Gabbett, 2014). Además, se observa que exceptuando el P_{Met}, ninguna de las variables objetivas analizadas guarda relación con la variable subjetiva de la RPE. Para una mejor comprensión de los datos obtenidos, a continuación, se concretan las relaciones existentes entre los diferentes grupos de variables, según el orden establecido en las tablas de resultados.

Si se atiende a las relaciones que existen entre variables objetivas de iTL y eTL_K, se observa que el %HRmax guarda una correlación positiva moderada con la V_{med} y la Dis/min, así como una leve similitud con el St/min. Por tanto, resulta importante conocer la V_{med}, la Dis/min y los St/min para determinar el estrés cardiovascular del árbitro durante el desarrollo del juego. Pues la duración, el tipo y la velocidad del movimiento, así como la carga que produce en el árbitro, se asocia durante un partido de baloncesto una respuesta cardiovascular concreta (McLaren et al., 2017). Por tanto, un partido que presenta índices altos de estrés cardiovascular puede asemejarse a un tipo de partido donde ha existido un ritmo de juego alto, basado en transiciones y finalizaciones rápidas de las diferentes jugadas. Este tipo de partidos suelen existir en categorías de formación (García-Santos et al., 2019a), como sucede en la presente investigación.

Atendiendo a la relación existente entre la iTL y la eTL_N, se observa que únicamente existe una relación positiva entre el %HRmax y el P_{met}/min en la presente investigación. Esta única correlación se debe a que el gasto energético presente en el P_{Met} está íntimamente relacionado con la capacidad aeróbica y el consumo de oxígeno de un árbitro durante su intervención (Hoppe, Baumgart, Slamka, Polglaze & Freiwald, 2017), factores influyentes en el perfil cardiovascular de un deportista. Con respecto a la variable de carga

PlayerLoad, es posible que no guarde ninguna relación porque los árbitros presentan siempre valores más bajos de esta variable que los jugadores (Leicht et al., 2019), pero dependiendo de la intensidad de la competición puede llegar a afectar o no, a la HR. Por último, si se atiende a la posible relación entre la HR y los impactos, se observa que los impactos influyen ínfimamente en el estrés cardiovascular del árbitro, puesto que el único contacto que realiza el árbitro por encima de 5G, es el que realiza durante su carrera a alta intensidad, pues no suelen realizar saltos ni contactar con jugadores.

Los datos observados entre las variables que explican la iTL y la iTLs de un árbitro, muestran que no existe una correlación significativa entre el %HRmax y la RPE. Este hecho puede deberse a que los propios árbitros estaban acostumbrados a arbitrar partidos de mayor nivel y carga física, pues se trata de árbitros internacionales absolutos, que concretamente realizan su labor en partidos de categoría U16. Sin embargo, se conocen investigaciones que explican esta alta correlación entre la RPE y el %HRmax, pero esta se produce en situaciones de alta intensidad (Costa et al., 2013; Vaquera et al., 2017; Weston et al., 2006), pues como explican Marcora, Staiano & Manning (2009), la percepción de la fatiga se asocia a valores elevados de los sistemas cardiorespiratorio y bioenergéticos, sobre todo en situaciones a final de partido donde la fatiga mental es superior a la fatiga muscular. Este hecho ocasiona que algunos estudios afirmen que tanto la frecuencia cardiaca (Matkovic et al., 2014; Vaquera et al., 2016), como la RPE (Castagna et al., 2017) se emplean como indicadores fiables de rendimiento de un árbitro. Siendo la RPE una herramienta estandarizada para conocer la iTLs (McLaren et al., 2016), debido a su bajo coste. Para un buen uso de esta herramienta es necesario un entrenamiento previo adecuado (Gallo et al., 2015), pues es más sencillo predecir el rendimiento para aquellos árbitros que poseen más experiencia y están más familiarizados con la herramienta (Bartlett et al., 2016). En los datos analizados se observa que la iTL es superior a la percepción mostrada por los propios árbitros.

Del mismo modo, existen correlaciones entre variables de carga eTL_K y eTL_N. Es posible concretar que las variables cinemáticas (aceleración, velocidad y distancia) presentan una gran relación con las variables neuromusculares (PL y PMet). Así como, una relación estable entre los pasos e impactos. Estos resultados muestran la importancia de conocer para un árbitro la velocidad alcanzada para recorrer una distancia determinada durante un partido, así como el número de aceleraciones y deceleraciones que realizan en el mismo (Gómez-Carmona & Pino-Ortega, 2016), con el fin de establecer su propia carga de esfuerzo en cada partido, pues cada partido es diferente y el árbitro debe adaptar sus movimientos a las necesidades del juego. En este sentido, estudios recientes determinan las variables neuromusculares (PLTM, PMet e Impactos), como las más predictivas para conocer el rendimiento de los deportistas (Schelling & Torres, 2016; Aoki et al., 2017), pues son indicadores muy relacionados con la velocidad, la distancia y la aceleración (Hoppe et al., 2017). Además, aparecen otro tipo de movimientos asociados a árbitros, como los desplazamientos laterales o la carrera hacia atrás que presentan una gran demanda física y que son cuantificados gracias al PLTM. La suma de estos movimientos establece la cantidad de carga que sufre el árbitro durante la competición, siendo necesario tener la información, pues puede mostrar indicadores de la existencia de riesgo de lesión (Barreira et al., 2017). Más si cabe cuando el periodo competitivo es reducido y deben arbitrar más de un partido en el mismo día o en días consecutivos. En este sentido, el PMet permite establecer los perfiles de carga (Oxendale, Highton, & Twist, 2017) y el índice de fatiga (Barret, 2016), mediante el conocimiento del gasto energético de un árbitro durante el partido, por lo que es normal que se asocie a las variables cinemáticas ya que son las más predictivas para determinar la fatiga. Para cuantificar este tipo de variables

de carga externa en competiciones indoor, ha sido muy útil el empleo de dispositivos inerciales con tecnología UWB (Bastida-Castillo et al., 2019; García-Santos et al., 2019a, b), que permiten establecer con precisión el dato de cada una de ellas (Serpiello et al., 2017).

En cambio, en el presente estudio no aparecen relaciones entre la iTL_s y la eTL_k . Pero según Bartlett et al. (2016), la distancia recorrida a alta intensidad, la velocidad media y las aceleraciones guardan una estrecha relación con la percepción subjetiva de esfuerzo en jugadores en situaciones de entrenamiento. No se sabe cómo pueden influir en situaciones de competición, ni en árbitros tras el uso de la escala CR-10 de Borg (1982). Sin embargo, si se centra la atención en las posibles relaciones entre variables de carga iTL_s y eTL_N , el presente estudio únicamente muestra una correlación negativa entre el $PMet/min$ y la RPE. Ello es debido a la gran relación existente entre la capacidad aeróbica y el consumo de oxígeno con la percepción subjetiva del propio árbitro (Osgnach et al., 2010; Hoppe et al., 2017). Otros estudios exponen que existe una estrecha relación del PL^{TM} con los valores de RPE, pero estas relaciones se han establecido durante sesiones de entrenamiento en jugadores de fútbol (Gaudino et al., 2015), rugby (Lovell, Sirotic, Impellizzeri & Coutts, 2013) o fútbol australiano (Gallo et al., 2015). Hasta la fecha no se han encontrado estudios que analicen estas relaciones en árbitros de diferentes deportes, ni en situaciones específicas de competición, como sucede en la presente investigación, donde además puede influir la falta de entrenamiento en el uso de la herramienta de RPE. Además, sería conveniente tener en cuenta el nivel de la competición, pues los árbitros presentes en esta investigación presentaron valores bajos de RPE, debido a que estaban acostumbrados a un ritmo de juego superior.

Por tanto, se puede concretar que el conocimiento de variables de carga iTL y eTL empleando dispositivos inerciales permite establecer datos fiables y objetivos de los diferentes parámetros físicos que influyen en el rendimiento del árbitro durante la competición (Gómez-Carmona & Pino-Ortega, 2016). Consiguiendo así, instaurar feedbacks y métodos de entrenamientos individualizados a las características de cada árbitro (García-Santos & Ibáñez, 2016) y al contexto donde se desarrolle la competición (Castillo et al., 2016). Con la idea de favorecer lo máximo posible la toma de decisiones y mejorar el rendimiento del árbitro durante la competición (Ahmed et al., 2017). Así mismo, es posible concluir que un uso adecuado de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo puede determinar el rendimiento fisiológico de un árbitro, siempre que no se disponga de herramientas más fiables y costosas. Aunque el nivel competitivo puede influir significativamente en los resultados.

6. CONCLUSIONES

Los hallazgos encontrados permiten establecer que en el presente estudio no existen relaciones entre la carga interna y externa objetiva con la carga interna subjetiva. Exceptuando la relación existente entre la carga interna subjetiva y el $PMet$. Estos datos pueden deberse a las diferencias existentes entre el nivel de la competición y el nivel de los árbitros, acostumbrados a arbitrar partidos de categorías superiores. Sería conveniente realizar futuras investigaciones que analizaran estas relaciones en competiciones de mayor nivel, para comprobar si afecta el nivel de la competición a las relaciones entre variables de carga objetivas y subjetivas.

En cambio, si se encuentran similitudes entre las variables de carga interna objetiva con las variables de carga externa, así como entre las propias variables de carga externa. Esto significa que todas las variables que predicen el rendimiento físico del árbitro se

encuentran interrelacionadas y varían según los condicionantes de la competición. Además, permiten conocer la carga de trabajo de un árbitro durante un partido oficial, así como las necesidades propias de cada árbitro.

Así mismo, es necesario determinar que existen diferentes métodos y recursos de análisis del rendimiento objetivos y fiables que permiten monitorizar al árbitro en tiempo real y dentro del contexto de la competición. El uso de estos dispositivos permitirá establecer programas de entrenamiento adaptados a las características reales de partido y aumentar el rendimiento del árbitro durante la competición.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, H., Davison, G., & Dixon, D. (2017). Analysis of activity patterns, physiological demands and decision-making performance of elite Futsal referees during matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(5), 737-751. doi: 10.1080/24748668.2017.1399321
- Alarifi, A., Al-Salman, A., Alsaleh, M., Alnafessah, A., Al-Hadhrami, S., Al-Ammar, M. A., & Al-Khalifa, H. S. (2016). Ultra-wideband indoor positioning technologies: Analysis and recent advances. *Sensors*, 16(5), 707. doi: 10.3390/s16050707
- Allegretti, L. M., Misuta, M. S., Nicolletti, C., Monezi, I., Bonganha, V., Daniel, J. F., Cavaglieri, C. R., Borin, J. P., & Montagner, P. C. (2015). Distances covered per quarter by elite basketball referees in competition. *Gazzetta Medica Italiana*, 174, 1-2.
- Aoki, M. S., Ronda, L. T., Marcelino, P. R., Drago, G., Carling, C., Bradley, P. S., & Moreira, A. (2017). Monitoring Training Loads in Professional Basketball Players Engaged in a Periodized Training Program. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 348-358. doi: 10.1519/JSC.0000000000001507
- Ato, M., López, J. J., & 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
- Barreira, P., Robinson, M. A., Drust, B., Nedergaard, N., Raja Azidin, R. M. F., & Vanrenterghem, J. (2017). Mechanical Player Load™ using trunk-mounted accelerometry in football: Is it a reliable, task-and player-specific observation? *Journal of Sports Sciences*, 35(17), 1674-1681. doi:10.1080/02640414.2016.12290157
- Barret, S. (2016). *The utility of PlayerLoad™ in Soccer: An examination of the reliability, validity, determinants and the within match patterns* (Thesis doctoral). University of Hull, United Kingdom.
- Bartlett, J. D., O'Connor, F., Pitchford, N., Torres-Ronda, L., & 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/ijsp.2015-0791.
- Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C., De la Cruz-Sánchez, E., Reche-Royo, X., Ibáñez, S., & Pino Ortega, J. (2019). Accuracy and Inter-Unit Reliability of Ultra-Wide-Band Tracking System in Indoor Exercise. *Applied Sciences*, 9(5), 939. doi: 10.3390/app9050939
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine Science Sports Exercise*, 14(5), 377-381.

- Buchheit, M., Lacombe, M., Cholley, Y., & Simpson, B. M. (2018). Neuromuscular responses to conditioned soccer sessions assessed via GPS-embedded accelerometers: Insights into tactical periodization. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 577-583. doi: 10.1123/ijsp.2017-0045.
- Castagna, C., Bizzini, M., Póvoas, S. C. A., & D'Ottavio, S. (2017). Timing Effect on Training-Session Rating of Perceived Exertion in Top-Class Soccer Referees. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1157-1162. doi:10.1123/ijsp.2016-0626.
- Castillo, D.; Cámara, J. & Yanci J. (2019) Efecto de un periodo competitivo sobre el perfil antropométrico de árbitros de fútbol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 19(73), 93-105. doi:10.15366/rimcafd2019.73.007
- Castillo, D., Weston, M., McLaren, S. J., Cámara, J., & Yanci, J. (2016). Relationships Between Internal and External Match Load Indicators in Soccer Match Officials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-21. doi:10.1123/ijsp.2016-0392
- Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B., & 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.
- Cormack, S. J., Mooney, M. G., Morgan, W., & McGuigan, M. R. (2013). Influence of neuromuscular fatigue on accelerometer load in elite Australian football players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(4), 373-378. doi:10.1123/ijsp.8.4.373
- Cormery, B., Marcil, M., & Bouvard, M. (2008). Rule change incidence on physiological characteristics of elite basketball players: a 10-year-period investigation. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 25-30. doi:10.1136/bjism.2006.033316
- Costa, E. C., Vieira, C. M., Moreira, A., Ugrinowitsch, C., Castagna, C., & Aoki, M. S. (2013). Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 559-564.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th edition). Londres: SAGE.
- Gallo, T., Cormack, S., Gabbett, T., Williams, M., & Lorenzen, C. (2015). Characteristics impacting on session rating of perceived exertion training load in Australian footballers. *Journal of Sports Sciences*, 33(5), 467-475. doi: 10.1080/02640414.2014.947311
- García-Ceberino, J. M., Antúnez, A., Feu, S., & J Ibáñez, S. (2020). Quantification of Internal and External Load in School Football According to Gender and Teaching Methodology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 344. doi: 10.3390/ijerph17010344
- García-Santos, D., & 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., & 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-Santos, D., García-Rubio, J.; Reina, M.; Pino-Ortega, J.; Vaquera, A. & Ibáñez, S. J. (2019a). Perfil de acelerometría de los árbitros de baloncesto durante el Eurobasket femenino U-16. *Revista de Psicología del Deporte*, 28(1), 55-64.

- García-Santos, D., Pino-Ortega, J., García-Rubio, J., Vaquera, A., & Ibáñez, S. J. (2019b). Internal and External Demands in Basketball Referees during the U-16 European Women's Championship. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3421.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Strudwick, A. J., Hawkins, R. D., Alberti, G., Atkinson, G., & Gregson, W. (2015). Factors influencing perception of effort (session rating of perceived exertion) during elite soccer training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(7), 860-864. doi:10.1123/ijsp.2014-0518
- Gómez-Carmona, C., & 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., & 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
- Karvonen, M. J., Kentala, E. & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35(3), 307-315.
- Leicht, A. S., Fox, J., Connor, J., Sargent, C., Sinclair, W., Stanton, R., & Scanlan, A. (2019). External Activity Demands Differ Between Referees and Players During a Sub-Elite, Men's Basketball Match. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-6. doi: 10.1080/02701367.2019.1645268
- Lovell, T. W., Sirotic, A. C., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2013). Factors affecting perception of effort (session rating of perceived exertion) during rugby league training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 62-69.
- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C., & 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/ijsp.2016-0236
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857-864. doi: 10.1152/jappphysiol.91324.2008
- Matković, A., Rupčić, T., & Knjaz, D. (2014). Physiological load of referees during basketball games. *Kinesiology*, 46(2), 258-265.
- McLaren, S. J., Graham, M., Spears, I. R., & 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/ijsp.2015-0223
- McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2017). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 1-18. doi: 10.1007/s40279-017-0830-z
- Moreira, A., McGuigan, M. R., Arruda, A. F., Freitas, C. G., & Aoki, M. S. (2012). Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 861-866.
- Myers, N. D., Feltz, D. L., Guillén, F., & Dithurbide, L. (2012). Development of, and initial validity evidence for, the Referee Self-Efficacy Scale: A multistudy report. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34(6), 737-765. doi: 10.1123/jsep.34.6.737
- Nabli, M. A., Abdelkrim, N. B., Castagna, C., Jabri, I., Batikh, T., & 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
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine Science Sports Exercise*, 42(1), 170-178. doi:10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd
- Oxendale, C. L., Highton, J., & Twist, C. (2017). Energy expenditure, metabolic power and high-speed activity during linear and multi-directional running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 957-961. doi: 10.1016/j.jsams.2017.03.013
- Puente, C., Abián-Vicén J., Areces, F., López, R., & Del Coso, J. (2017). Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 956-962. doi:10.1519/JSC.0000000000001577
- Reina, M., Rubio, J. G., Antúnez, A., & Ibáñez, S. J. (2020). Comparación de la carga interna y externa en competición oficial de 3 vs. 3 y 5 vs. 5 en baloncesto femenino. *Retos*, 37(37), 400-405.
- Schelling, X., Calleja-González, J., Torres-Ronda, L., & Terrados, N. (2015). Using testosterone and cortisol as biomarker for training individualization in elite basketball: a 4-year follow-up study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 368-378. doi: 10.1519/JSC.0000000000000642
- Schelling, X., & 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., & 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
- Tessitore, A., Cortis, C., Meeusen, R., & Capranica, L. (2007). Power performance of soccer referees before, during, and after official matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1183.
- Vaquera, A., Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., & 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., & 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., Bird, S., Helsen, W., Nevill, A., & Castagna, C. (2006). The effect of match standard and referee experience on the objective and subjective match workload of English Premier League referees. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(3), 256-262.
- Weston, M., Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Williams, A. M., & Gregson, W. (2012). Science and medicine applied to soccer refereeing. *Sports medicine*, 42(7), 615-631.
- Whaley, M. H., Kaminsky, L. A., Dwyer, G. B., Getchell, L. H., & Norton, J. A. (1992). Predictors of over-and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(10), 1173-11

Número de citas totales / Total references: 52 (100%)

Número de citas propias de la revista/Journal's own references: 1 (1,92%)

PENDIENTE DE PUBLICACIÓN / IN PRESS