

# Validez del dispositivo inercial WIMU PRO<sup>tm</sup> para el registro de la frecuencia cardiaca en un test de campo

## Validity of WIMU PRO<sup>tm</sup> inertial device to register heart rate variable in a field test

Iván Molina-Carmona<sup>1</sup>, Carlos Gómez-Carmona<sup>2,5</sup>, Alejandro Bastida-Castillo<sup>3,5</sup> y José Pino-Ortega<sup>5\*</sup>

*1 Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Murcia. Campus de Excelencia Internacional Regional "Campus Mare Nostrum".*

*2 Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Extremadura.*

*3 Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Murcia. Campus de Excelencia Internacional Regional "Campus Mare Nostrum".*

*4 Doctor en Ciencias del Deporte. Departamento de Actividad Física y Deporte. Universidad de Murcia. Campus de Excelencia Internacional Regional "Campus Mare Nostrum".*

*5 Grupo de investigación BioVetMed & SportSci. Universidad de Murcia. Campus de Excelencia Internacional Regional "Campus Mare Nostrum".*

**Resumen:** *Introducción.* Los avances tecnológicos han contribuido a la mejora de la colección de datos fisiológicos y cinemáticos con relación a la competición y los entrenamientos. Dispositivos inerciales tales como WIMUPRO<sup>TM</sup> (RealTrack Systems, Almería, España) compuesto por diferentes sensores (cuatro acelerómetros, dos giróscopos, un magnetómetro, un chip GNSS para posicionamiento global mediante satélite, un chip UWB para posicionamiento por radiofrecuencia de onda corta en deportes indoor, receptor de Ant+ y Bluetooth, entre otros) se utilizan dentro de una variedad de situaciones deportivas. Es importante conocer la validez y precisión del dato de dichas mediciones ya que se utilizan en contextos reales del juego. *Objetivo.* Evaluar la validez del dispositivo inercial WIMU PRO<sup>TM</sup> para registrar la variable frecuencia cardiaca (FC) en relación con un dispositivo validado como es Polar Team 2'. *Participantes.* 15 jugadores de fútbol de categoría cadete participaron voluntariamente en este estudio (edad:  $15,40 \pm 0,50$  años, altura:  $169,26 \pm 0,08$  cm, peso:  $62,00 \pm 12,32$  kg). *Procedimiento.* Los individuos que componen la muestra llevaron a cabo el test RSA (adaptado de Bangsbo 2008) el cual consta de 7 sprints de 30 metros con una recuperación activa entre ellos de 20 segundos, el cual simula las exigencias reales de competición en fútbol. *Resultados.* Se encontró una correlación muy alta entre los datos obtenidos por el registro del dispositivo WIMU PRO<sup>TM</sup> y los realizados por el dispositivo Polar Team 2' ( $r^2=.958$ ,  $p<.001$ ). *Conclusiones.* El dispositivo inercial WIMU PRO<sup>TM</sup> es válido para registrar la variable de intensidad de actividad física frecuencia cardiaca en fútbol. **Palabras claves:** Fútbol, dispositivo inercial, esfuerzos intermitentes de alta intensidad.

**Abstract:** *Introduction.* Technological advances have contributed to improve physiological and kinematical data collection in training sessions and competition matches. Inertial devices as WIMU PRO<sup>TM</sup> (RealTrack Systems, Almeria, Spain) composed by different sensors (four accelerometers, two gyroscopes, a magnetometer, a GNSS chip to global tracking through satellite triangulation, a UWB chip to indoor sports tracking, Ant+ and Bluetooth receivers, among others) is used in different sports situations. It is important to know the validity and precision of measurement data because it is used in real game contexts. *Objective.* Evaluate inertial unit WIMU PRO<sup>TM</sup> validity to collect heart rate (HR) data in relation to validated device Polar Team 2'. *Participants.* 15 under-16 football players participated voluntarily in this research (age:  $15,40 \pm 0,50$  years, height:  $169,26 \pm 0,08$  cm, weight:  $62,00 \pm 12,32$  kg). *Procedure.* Football players performed RSA test (adapted from Bangsbo 2008) composed of 7 sprints of 30 meters with 20 seconds active recovery between sprints, which simulated the real demands of football matches. *Results.* It was found a very strong correlation between WIMU PRO<sup>TM</sup> and Polar Team 2' data ( $r^2=.958$ ,  $p<.001$ ). *Conclusions.* WIMU PRO<sup>TM</sup> inertial device is valid to register heart rate data in football.

**Keywords:** Football, inertial device, intermittent high intensity efforts.

## Introducción

Los avances tecnológicos están contribuyendo a la mejora de la colección de datos fisiológicos y cinemáticos con relación a la competición y los entrenamientos en el deporte en general (Boyd, Ball, y Aughey, 2011; Montgomery, Pyne, y Minahan, 2010), y en el fútbol en particular (Bloomfield, Polman,

y O'Donoghue, 2007; Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román, y Castagna, 2013; Santos-Lozano y Garatachea, 2012). Desde los escenarios de la actividad física, la nueva tecnología de medición o registro está permitiendo que los datos de alta calidad se registren en situaciones cada vez más válidas (Achten y Jeukendrup, 2003; Grossman, Wilhelm, y Brutsche, 2010; Jobson, Nevill, y Atkinson, 2009; López et al, 2016, 2017). Los dispositivos inerciales denominados WIMU (dispositivos inerciales inalámbricos para el análisis del movimiento) de pequeñas dimensiones que incorporan diferentes sensores (acelerómetro, giroscopio,

Dirección para correspondencia [Correspondence address]: José Pino Ortega. Doctor en Ciencias del Deporte. Departamento de Actividad Física y Deporte. Facultad Ciencias del Deporte, Universidad de Murcia, Calle Argentina, 19, 30720 San Javier, Murcia (España). E-mail: josepinoortega@um.es

magnetómetro, chip GPS y chip UWB, entre otros) los cuales pueden medir simultáneamente diferentes variables como frecuencia cardíaca (FC) que supone la variable objeto de estudio además de otras como aceleración, velocidad, tiempo y distancia pudiendo relacionar todas en el tiempo. Las variables registradas se pueden visualizar en tiempo real o descargando dicha información posteriormente en un ordenador.

Por lo tanto, es importante que los instrumentos que utilizamos para la cuantificación de las cargas sean válidos y fiables testeándolos en situaciones similares a las demandas del juego en sí. De esta forma, colectivamente, los deportes de equipo se pueden describir como deportes con esfuerzos intermitentes de alta intensidad debido al patrón de juego que los caracteriza (Oliver, Williams, y Armstrong, 2006). En un partido de fútbol se realizan entre 120 y 250 esfuerzos de alta intensidad (Mohr, Krstrup, y Bangsbo, 2003). La capacidad realizar sprints repetidos (RSA) se define como la capacidad de realizar sprints de corta duración (< 3 min) y de manera repetida (al menos 7 veces) (Spencer et al., 2004). Las pruebas de RSA han sido diseñadas para replicar un período estresante de juego encontrando variabilidad en la frecuencia cardíaca. Reilly (2001) recomienda que el RSA debe estar compuesto por una distancia de sprint de 30 m, repitiéndose 7 veces, con un período activo de recuperación entre sprints de 15 a 25 segundos.

Dispositivos inerciales tales como WIMU PRO™ se utilizan dentro de una variedad de situaciones deportivas (Casamichana y Castellano, 2011; Costa et al., 2013). Las mediciones hechas por dispositivos multi-variables, en cualquier ambiente, deberían conocer la precisión y claridad en cuanto a su validez (Atkinson y Nevill, 1998; Welk, Schaben, y Morrow, 2004). G. J., J. A. SCHABEN, and J. R. MORROW, JR. Reliability of Accelerometry-Based Activity Monitors: A Generalizability Study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 9, pp. 1637–1645, 2004. Numerous studies have examined the validity of accelerometry-based activity monitors but few studies have systematically studied the reliability of different accelerometer units for assessing a standardized bout of physical activity. Improving understanding of error in these devices is an important research objective because they are increasingly being used in large surveillance studies and intervention trials that require the use of multiple units over time. Four samples of college-aged participants were recruited to collect reliability data on four different accelerometer types (CSA/MTI, Biotrainer Pro, Tritrac-R3D, and Actical. La constante acuerdo entre la verdadera (“*Criterion*”) y magnitud de medida (“*Predictor*”) es el principio subyacente de validez (Bruton, Conway, y Holgate, 2000; Currell y Jeukendrup, 2008). Cualquier nueva tecnología que registre datos reales o de campo debe ser rigurosamente evaluada a través de metodologías controladas, con el fin de conocer la precisión de la medición (Thomas, Silverman, y Nelson, 2014;

Welk, 2005). Así, esta investigación presenta como objetivo evaluar la validez del dispositivo inercial WIMU PRO™ para registrar la variable frecuencia cardíaca en contextos propios del fútbol como son la capacidad de realizar sprints repetidos (RSA).

## Método

### Participantes

En este trabajo participaron 14 jugadores de fútbol pertenecientes a un equipo de categoría cadete de la Región de Murcia (edad  $15,40 \pm 0,50$  años, altura  $169,26 \pm 0,08$  cm, peso  $62,00 \pm 12,32$  kg). Todos los sujetos mantenían una experiencia en la práctica del fútbol federado superior a 2 años y realizan entrenamientos específicos 3 veces por semana con una duración de 90 minutos por sesión. Así mismo, fueron notificados del diseño de la investigación y de sus requerimientos, beneficios y riesgos, y todos los padres o tutores legales de los participantes aportaron el consentimiento informado antes de la realización del mismo. El estudio se desarrolló en base a las disposiciones éticas de la Declaración de Helsinki (2013) y obtuvo la valoración favorable por parte del Comité Ético de Investigación de la Universidad de Murcia.

### Muestra

La muestra en esta investigación estuvo compuesta por un total de 2732 registros, de los cuales 1366 registros corresponden al dispositivo inercial WIMU PRO™ y los 1366 restantes al dispositivo Polar Team 2\* en la variable frecuencia cardíaca.

### Instrumentos

*Dispositivo inercial WIMU PRO™ (RealTrack Systems, Almería España):* Este dispositivo inercial integra diferentes sensores tales como cuatro acelerómetros, dos giróscopos, un magnetómetro, un chip GPS, y un chip UWB. Para el registro de la señal de frecuencia cardíaca se emplearon diferentes bandas GARMIN\* (Garmin Ltd., Olathe, Kansas, Estados Unidos) la cual enviaba los datos al sistema WIMU PRO™ (RealTrack Systems, Almería, España) a través de la tecnología Ant+ con una frecuencia de muestreo de 4 Hz.

*Polar Team 2\* (Polar Electro, Finlandia):* Es un sistema de concentración de señales de diferentes sensores de la marca Polar diseñado para el control y monitorización tanto de actividad física en grupo como de deportes colectivos. Para el registro de la señal de frecuencia cardíaca se emplearon diferentes bandas Polar\* (Polar Electro, Finlandia) la cual enviaban los datos al dock Polar Team 2\* mediante tecnología Bluetooth con una frecuencia de muestreo de 4 Hz.

## Procedimiento

El procedimiento llevado a cabo para registrar los datos obtenidos en el estudio ha consistido en realizar un test de campo para analizar la capacidad de realización de sprints repetidos (RSA, adaptado de Bangsbo 2008) en una única sesión (diseño transversal). El estudio se realizó en el horario de entrenamiento habitual de los deportistas (18:00 horas), utilizándose la superficie donde entrenan y compiten semanalmente. El test consta de 7 sprints de 30 metros con una recuperación activa (carrera a <8km/h) de 20 segundos entre cada esfuerzo.

Previamente a la realización del mismo, a todos los participantes se les registraron las medidas antropométricas. Tras las mediciones, los sujetos recibieron instrucciones acerca del protocolo del mismo y, posteriormente, tras la colocación de los dispositivos, ejecutaron dicho test. El equipamiento de WIMU PRO<sup>TM</sup> estaba compuesto por una cinta de frecuencia cardíaca GARMIN<sup>®</sup> colocada en el pecho y el dispositivo inercial WIMU PRO<sup>TM</sup>, el cual fue ubicado entre las escapulas por un arnés específico diseñado para tal fin. En cuanto al equipamiento de Polar Team 2<sup>®</sup>, este estaba constituido por una cinta de frecuencia cardíaca Polar<sup>®</sup> situada en la parte inferior a la cinta vinculada con el dispositivo WIMU PRO<sup>TM</sup>. Para poder sincronizar los datos en el tiempo, ambos dispositivos (WIMU PRO<sup>TM</sup> y Polar Team 2<sup>®</sup>) fueron iniciados al mismo tiempo. Todos los test se realizaron en la misma superficie, con una climatología estable y una temperatura de 24<sup>o</sup> sin que ningún agente externo pudiera repercutir en los valores reales obtenidos en las distintas pruebas. Los datos registrados por WIMU PRO<sup>TM</sup> se guardaron en una memoria interna de 2GB que incorpora cada dispositivo y fueron analizados por el software denominado S PRO<sup>TM</sup> (RealTrack Systems, Almería, España). En cuanto a los datos registrados por Polar Team 2<sup>®</sup> se analizaron con el software Polar Team 2 Pro<sup>®</sup>.

## Análisis estadístico

Los datos de ambos dispositivos evaluados fueron exportados de los respectivos softwares de registro (S PRO<sup>TM</sup> para el dispositivo WIMU PRO<sup>TM</sup> y Polar Team 2 Pro<sup>®</sup> para el dispositivo Polar Team 2<sup>®</sup>) a una hoja de cálculo (Microsoft Excel) a través de la que se formó la base de datos que posteriormente sería analizada en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics (versión 24.0; SPSS Inc., Chicago, Illinois, EEUU). Se comprobó la normalidad de las variables mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov reportando ser estas no paramétricas. Por tanto, para comprobar la validez del dispositivo WIMU PRO<sup>TM</sup> se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman que fue reportado mediante un gráfico de dispersión. Como criterio de interpretación de la *r* de Spearman se estableció una relación baja ( $\leq 0,3$ ), una relación moderada

( $>0,3 - \leq 0,7$ ), una relación alta ( $>0,7 - \leq 0,9$ ) y una relación muy alta ( $>0,9$ ) (Field, 2009). El nivel de significación se estableció en  $p < 0,001$ .

## Resultados

En la figura 1 se muestra el gráfico de dispersión de los datos obtenidos en la variable frecuencia cardíaca de los dispositivos WIMU PRO<sup>TM</sup> y Polar Team 2<sup>®</sup> donde encontramos una relación de forma estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) con una  $r^2 = 0,95$ .

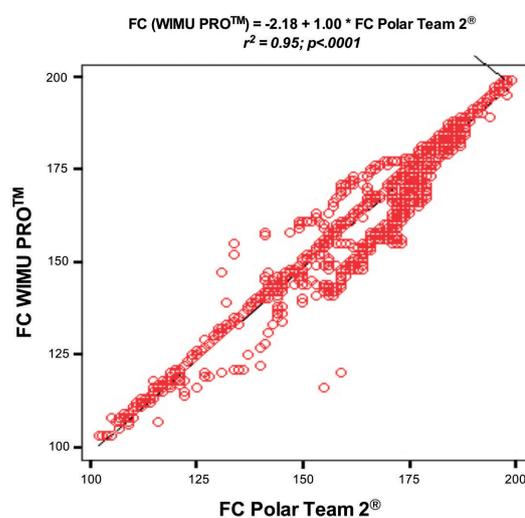


Figura 1. Diagrama de dispersión de las variables FC (WIMU PRO<sup>TM</sup>) y FC (Polar Team 2<sup>®</sup>).

## Discusión

El propósito de este trabajo fue evaluar la validez del dispositivo inercial WIMU PRO<sup>TM</sup> para registrar la variable FC durante una prueba de RSA que simula acciones intermitentes de alta intensidad similares a las de competición en fútbol. Desde nuestro conocimiento, este es el primer estudio que evalúa la validez del dispositivo inercial WIMU PRO<sup>TM</sup> para medir FC. Los resultados de validez fueron satisfactorios obteniendo una relación muy alta entre el conjunto de datos obtenido por WIMU PRO<sup>TM</sup> y los registrados por Polar Team 2<sup>®</sup>.

La validez de registro de los dispositivos de registro de la FC de Polar ha sido ampliamente demostrada comparando sus registros con ECG (Goodie, Larkin, y Schauss, 2000) y hasta con ECG y otros monitores (Terbizan, Dolezal, y Albano, 2002), obteniendo valores de frecuencia cardíaca que eran válidos en comparación con los valores del ECG. Goodie et al. (2000) determinaron que un monitor de frecuencia cardíaca Polar<sup>®</sup> podría medir con precisión la frecuencia car-

díaca de 30 participantes de edad comprendida entre 18 y 48 años en reposo, así como durante dos tareas diferentes (alta y baja intensidad). Los participantes se midieron simultáneamente por el monitor de frecuencia cardíaca Polar® y un ECG. Se encontró que el monitor Polar® registró valores de frecuencia cardíaca que eran válidos en comparación con los valores del ECG. Terbizan et al. (2002) comprobó la validez de siete monitores de ritmo cardíaco, incluyendo dos monitores de ritmo cardíaco Polar®, mediante la comparación de las medidas obtenidas por los monitores de un electrocardiograma (ECG) de medición. En este estudio, las tasas de corazón de 14 hombres (19,6 ± 2,3 años) se midieron simultáneamente por los monitores de ritmo cardíaco y un ECG durante 10 segundos, en reposo y en un tapiz rodante. Los monitores de frecuencia cardíaca POLAR Vantage XL®, POLAR Accurex II®, Cardiochamp® y Cateye-PL 6000® tuvieron una alta precisión ( $r \geq 0.90$ ) y un muy bajo error estándar de estimación ( $EEE \leq 5$  latidos/min), por lo que resultaron ser precisos tanto en reposo como durante la realización de ejercicio.

A partir de estos estudios los monitores Polar han sido utilizados para demostrar la validez de otros dispositivos, como en el estudio de Barbosa (2008) donde comprobó la validez de brazaletes SenseWear HR® en la medición de la frecuencia cardíaca en comparación con el ECG, Actiheart Mini Mittery® y el monitor de Polar®. En general, el brazaletes SenseWear HR obtuvo correlaciones altas en el registro de la frecuencia cardíaca en comparación con el ECG, Actiheart Mini Mittery® y el monitor de Polar®.

Por otro lado, cada vez más se hace más hincapié en la integración de la tecnología en un único sistema que siguen-

do a Buchheit y Simpson (2016) exponen que el estado de la microtecnología todavía está en construcción y tanto clubes como entrenadores deben elegir las variables a analizar y la tecnología de monitorización en base a dos puntos: (i) su utilidad dentro de su programa y (ii) el costo (precio de la tecnología, facilidad de uso, facilidad de análisis de datos, portabilidad, capacidad de impacto en el programa de capacitación...). La propuesta de validación que aquí se presenta también pretende ajustarse a estas demandas y ser una práctica útil y sencilla al reunir varias tecnologías al mismo tiempo en un único sistema inercial.

## Conclusiones y aplicaciones prácticas

El dispositivo inercial WIMU PRO™ ha sido demostrado ser un instrumento válido para la monitorización de la frecuencia cardíaca durante acciones típicas del fútbol, por tanto, puede ser utilizado durante el entrenamiento y la competición en deportes de equipo en general, y en el fútbol en particular, para cuantificar las demandas físicas en relación a la frecuencia cardíaca y así llevar a cabo una planificación de la carga de entrenamiento con referencia a esta variable fisiológica.

Por otro lado, esta validación ofrece la capacidad a entrenadores e investigadores en el ámbito de las ciencias de la actividad física y el deporte de registrar variables fisiológicas y cinemáticas, a través de un mismo sistema y sincronizados en el tiempo, para la cuantificación de la carga resultando el proceso de registro y análisis de datos una tarea más eficiente y práctica.

## Bibliografía

- Achten, J., y Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.
- Atkinson, G., y Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217-238.
- Bangsbo, J. (2008). *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. (3rd ed) Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Barbosa, M. (2008). *Validation of the sensewear hr armband for measuring heart rate and energy expenditure*. Cleveland State University. Recuperado a partir de [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=csu1210341369](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=csu1210341369)
- Bloomfield, J., Polman, R., y O'Donoghue, P. (2007). Reliability of the Bloomfield Movement Classification. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 20-27.
- Boyd, L. J., Ball, K., y Aughey, R. J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 311-321.
- Bruton, A., Conway, J. H., y Holgate, S. T. (2000). Reliability: what is it, and how is it measured? *Physiotherapy*, 86(2), 94-99.
- Buchheit, M., y Simpson, B. M. (2016). Player Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-23. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0499>
- Casamichana, D., y Castellano, J. (2011). Demandas físicas en jugadores semiprofesionales de fútbol: ¿se entrena igual que se compite? *CCD. Cultura\_Ciencia\_Deporte.*, 6(17), 121-127. <https://doi.org/10.12800/ccd>
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., y Castagna, C. (2013). Relationship Between Indicators of Training Load in Soccer Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 369-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>
- Costa, E. C., Vieira, C. M., Moreira, A., Ugrinowitsch, C., Castagna, C., y Aoki, M. S. (2013). Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *Journal of sports science & medicine*, 12(3), 559.
- Currell, K., y Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports medicine*, 38(4), 297-316.
- Field, A. P. (2009). *Discovering statistics using SPSS: (and sex, drugs and rock «n» roll)* (3rd ed). Los Angeles: SAGE Publications.
- Goodie, J. L., Larkin, K. T., y Schauss, S. (2000). Validation of the Polar Heart Rate Monitor for Assessing Heart Rate During Physical and Mental Stress. *Journal of Psychophysiology*, 14(3), 159-164. <https://doi.org/10.1027//0269-8803.14.3.159>
- Grossman, P., Wilhelm, F. H., y Brutsche, M. (2010). Accuracy of ventilatory measurement employing ambulatory inductive plethysmography during tasks of everyday life. *Biological Psychology*, 84(1), 121-128.

- <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.02.008>
16. Jobson, S. A., Nevill, A., y Atkinson, G. (2009). Choose your primary outcome variables with care. *Journal of Sports Sciences*, 27(4), 313-314. <https://doi.org/10.1080/02640410902719197>
  17. López Sánchez, G. F., Nicolás López, J., & Díaz Suárez, A. (2016). Effects of a program of intense physical activity on the body composition of adolescents from Murcia. *SPORT TK: Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 5(2), 83-88.
  18. López-Sánchez, G. F., Díaz-Suárez, A., Radzimiński, L., & Jastrzębski, Z. (2017). Effects of a 12-week-long program of vigorous-intensity physical activity on the body composition of 10-and 11-year-old children. *Journal of Human Sport & Exercise*, 12(1), 235-244. doi: 10.14198/jhse.2017.121.19
  19. Mohr, M., Krstrup, P., y Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
  20. Montgomery, P. G., Pyne, D. B., y Minahan, C. L. (2010). The Physical and Physiological Demands of Basketball Training and Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 75-86. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.1.75>
  21. Oliver, J. L., Williams, C. A., y Armstrong, N. (2006). Reliability of a field and laboratory test of repeated sprint ability. *Pediatric Exercise Science*, 18(3), 339-350.
  22. Reilly, T. (2001). Assessment of performance in team games. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Lab Manual: Tests, Procedures, and Data*. New York, NY: Routledge, 171-82.
  23. Santos-Lozano, A., y Garatachea, N. (2012). Tendencias actuales de la acelerometría para la cuantificación de la actividad física. Recuperado a partir de <http://dspace.uma.es/xmlui/handle/10630/5373>
  24. Spencer, M., Lawrence, S., Rechichi, C., Bishop, D., Dawson, B., y Goodman, C. (2004). Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *Journal of Sports Sciences*, 22(9), 843-850. <https://doi.org/10.1080/02640410410001716715>
  25. Terbizan, D. J., Dolezal, B. A., y Albano, C. (2002). Validity of Seven Commercially Available Heart Rate Monitors. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 6(4), 243-247. [https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0604\\_3](https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0604_3)
  26. Thomas, J., Silverman, S., y Nelson, J. (2014). *Research Methods in Physical Activity* (7th Edition). Champaign, Il: Human Kinetics.
  27. Welk, G. J. (2005). Principles of Design and Analyses for the Calibration of Accelerometry-Based Activity Monitors: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(Supplement), 501-511. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000185660.38335.de>
  28. Welk, G. J., Schaben, J. A., y Morrow, J. R. (2004). Reliability of Accelerometry-based Activity Monitors: A Generalizability Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1637-1645. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000074670.03001.98>