

## RELACIÓN ENTRE LA CARGA CARDIOVASCULAR Y CINEMÁTICA EN FÚTBOL

GARCÍA OCAÑA, F. <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Licenciado en ciencias de la Actividad Física y del Deporte. INEF Barcelona. Entrenador Nacional de Fútbol.

### RESUMEN

Quince jugadores masculinos de fútbol (edad  $17,6 \pm 0,6$  años, peso  $72,10 \pm 3,56$  kg y estatura  $1,78 \pm 0,03$  m), participaron en el estudio. Se procedió al registro, mediante un dispositivo portátil GPS de las distancias y la FC en tres períodos de la temporada: inicio, mitad y final período competitivo. Se evidenció una relación directamente proporcional entre la carga cinemática y la cardiovascular ( $p < 0,05$ ). Las distancias totales se incrementaron desde el inicio de la temporada ( $p < 0,01$ ), para mantenerse al final de la misma. Se muestra un reducción significativa de la carga cardiovascular al final del período competitivo ( $p < 0,01$ ) provocando una mejora en el índice cardio-cinético (ICC) ( $p < 0,01$ ). Se sugiere que el ICC podría informar de los estados de forma del futbolista a lo largo de la temporada

**PALABRAS CLAVE:** Trimps, carga cardiovascular, carga cinemática, estado de forma, índice cardio-cinético, fútbol.

---

Fecha de recepción: 03/01/2018. Fecha de aceptación: 02/03/2018  
Correspondencia: [fgarci10@gmail.com](mailto:fgarci10@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El control de las cargas de entrenamiento y competición, así como el estado de forma de los deportistas son unos de los parámetros más estudiados y que mayor interés despierta por parte de los profesionales de la actividad física y el deporte. El conocimiento del estado de forma condicional del futbolista es el resultado de la valoración de diferentes pruebas fisiológicas. Sin embargo, existen innumerables inconvenientes en su aplicación en los deportes colectivos, ya sean por motivos económicos, por la utilización de materiales costosos, por el elevado número de pruebas a realizar, el calendario competitivo, o por la propia

motivación de los jugadores.

En los últimos años y gracias a las nuevas tecnologías, se plantea la posibilidad que la propia competición sea el medio de control. En este sentido, las variables más analizadas suelen estar relacionadas con aquellas que hacen referencia a parámetros externos de la carga física o cinemática como las distancias recorridas, la densidad de los esfuerzos, la velocidad de los desplazamientos; o aquellos indicadores que valoran la carga fisiológica y las alteraciones internas que se producen en el organismo del deportista, siendo el más utilizado la monitorización de la frecuencia cardiaca (FC).

Algunos autores consideran que los

Trimps son un buen sistema para cuantificar la carga total de la actividad y estimar el estrés fisiológico soportado por el deportista (Banister, 1991). Sin embargo, la valoración de la carga cardiovascular no proporciona información sobre la performance del sujeto ni del grado de optimización de su estructura condicional. Además, en los deportes de naturaleza intermitente, una mayor o menor carga cardiovascular puede estar enormemente influida por la recuperación de la FC (FC rec). Pudiendo ser su valor más alto cuando la FC rec es elevada. Asociando erróneamente que una mayor carga cardiovascular le corresponde una mayor carga cinemática.

Una posible solución para valorar la intensidad competitiva en el fútbol podría estar relacionada con el análisis cinemático y el control de las distancias recorridas por los futbolistas. Algunos autores proponen la monitorización de las distancias a velocidades por encima del umbral anaeróbico, como las más apropiadas para la valoración de la performance, ya que muestran una alta sensibilidad entre futbolistas de diferentes categorías y se correlacionan con determinados parámetros fisiológicos (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003).

Sin embargo, algunos

investigadores han argumentado que la alta variabilidad observada en las distancias alcanzadas a estas velocidades entre partidos y a lo largo de la temporada pueden dificultar la correcta valoración del estado de forma de los futbolistas (Mohr et al., 2003).

Las limitaciones mostradas, tanto de la variable cinemática y cardiovascular, en la comprensión de la performance del deportista pudieran ser resueltas si dichos parámetros fueran analizados en continua interacción.

Es por ello que se propone:

- a) Analizar la relación entre la carga cardiovascular (Trimps) y las distancias totales alcanzadas durante la competición
- b) Establecer un índice (ICC) mediante la relación entre la carga cardiovascular y cinemática.
- c) Observar la evolución de los Trimps, las distancias recorridas y el ICC a lo largo de la temporada y por puestos específicos.

## MÉTODO

### Participantes

15 jugadores masculinos de fútbol (edad  $17,6 \pm 0,6$  años, peso  $72,10 \pm 3,56$  kg y estatura  $1,78 \pm 0,03$  m) de la categoría división de honor juvenil del campeonato español, temporada 2014 –

2015, participaron en el estudio.

### Material

Un dispositivo portátil GPS Garmin Forerunner 305 fue utilizado para el registro de la FC y las distancias recorridas.

- Cuantificación Carga Cardiovascular

Se procedió al registro de los impulsos de entrenamiento descritos por Banister (1991) utilizando la ecuación:

$$\text{Trimps} = \text{TD} [(\text{FC act} - \text{FC rep}) / (\text{FC max} - \text{FC rep})] 0.64e^{1,92x}$$

TD= Duración Total actividad (min)

FC act= Frecuencia cardiaca actividad ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )

FC max= FC máxima ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )

FC rep= FC reposo ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ )

e= base del logaritmo neperiano

$$X = [(\text{FC act} - \text{FC rep}) / (\text{FC max} - \text{FC rep})]$$

- Índice Cardiocinético (ICC)

Su cálculo se efectuó aplicando la fórmula:

$$\text{ICC} = \text{DT} / \text{Trimps}$$

DT: Distancias totales recorridas (m.).

### Procedimiento

Se registraron las DT y la FC en tres períodos de la temporada: inicio, mitad y final período competitivo, en un mismo campo de juego (100 x 60), durante

45 minutos utilizando el mismo sistema táctico.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los valores fueron expresados como valores medios  $\pm$  desviación standard (mean  $\pm$  DS) y el IC al 95% (95% IC). La correlación de Pearson se aplicó para comprobar la relación entre la carga cardiovascular y cinemática. La ANOVA de medidas repetidas fue llevada a cabo para observar la asociación entre el período de la temporada y a) los Trimps, b) las distancias totales c) el ICC. Mientras que la ANOVA de muestras independientes se utilizó para relacionar la posición táctica de los jugadores con a) distancias totales recorridas, b) carga cardiovascular, c) índice cardiocinético. La significación entre niveles fue llevada a cabo por el post – hoc de Bonferroni. En todas las ANOVAS la significación fue establecida en  $p < 0.05$ .

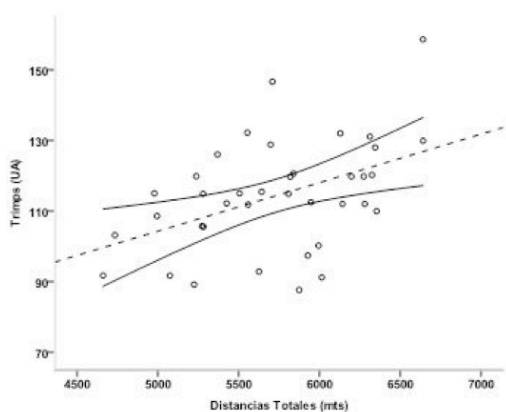
### Resultados

- Relación Trimps y Distancias totales

Se observa una correlación directamente proporcional  $r = 0,321$ ,  $p < 0.05$  entre la carga cinemática,  $5573 \pm 552$  m.; (IC 95% 5363 – 5707 m.) y los Trimps,  $115 \pm 15$  UA; (IC 95% 109 – 120 UA), en futbolistas juveniles que

participaron durante 45 min en competición amistosa (figura 1).

**Figura 1:** Asociación entre la carga cardiovascular (Trimps) y la cinemática (distancias totales); ( $r=,321$   $p<0.05$ ).



- Distancias Totales, Periodo Temporada y Puestos Específicos.

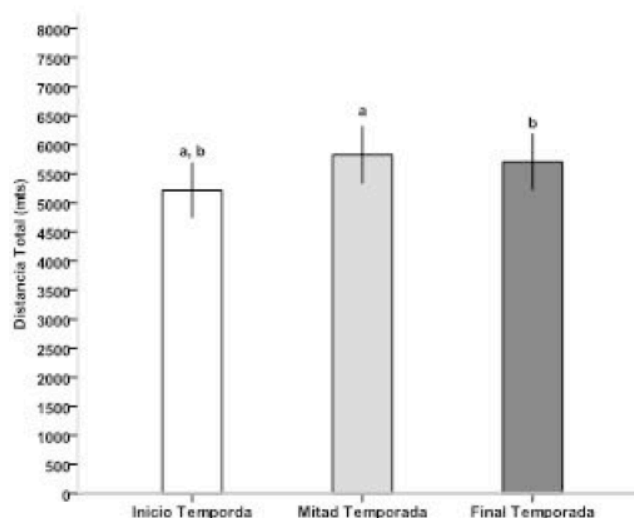
Las DT recorridas para cada uno de los periodos fue de  $5218 \pm 130$  m (IC 95% 4934 – 5502 m),  $5828 \pm 135$  m (IC 95% 5532 – 6123 m) y  $5705 \pm 133$  m (IC 95% 5414 – 5995 m), en el inicio, mitad y final del periodo competitivo, respectivamente.

Comparadas las muestras se observa como las diferencias entre las medias son significativas entre el inicio y mitad ( $p<0.001$ ) y entre el inicio y final periodo competitivo ( $p<0.01$ ). Pero no entre periodos, mitad y final temporada (figura 2).

En función del rol táctico, los extremos recorrieron las mayores distancias: extremos  $5823 \pm 596$  m (IC

95% 5394 – 6252 m), no estableciéndose diferencias significativas entre las diferentes posiciones.

**Figura 2:** Evolución de la carga cinemática durante la temporada. Diferencias significativas a) entre inicio, mitad ( $p<0.001$ ); b) inicio y final temporada ( $p<0.01$ ).



- Trimps, Periodo Temporada y Puestos Específicos

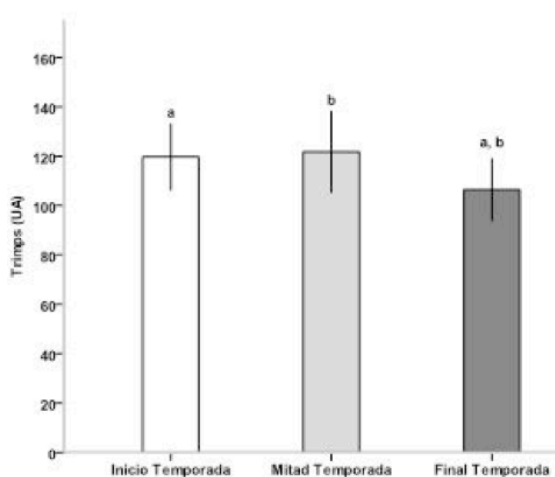
La carga cardiovascular registrada mediante los Trimps fue de  $119 \pm 13$  UA (IC 95% 111 – 127 UA),  $121 \pm 16$  UA (IC 95% 111 – 131 UA) y  $106 \pm 12$  UA (IC 95% 98 – 114 UA) en el inicio, mitad y final del periodo competitivo, respectivamente.

Comparadas las muestras se observa como las diferencias entre las medias son significativas entre el final y el

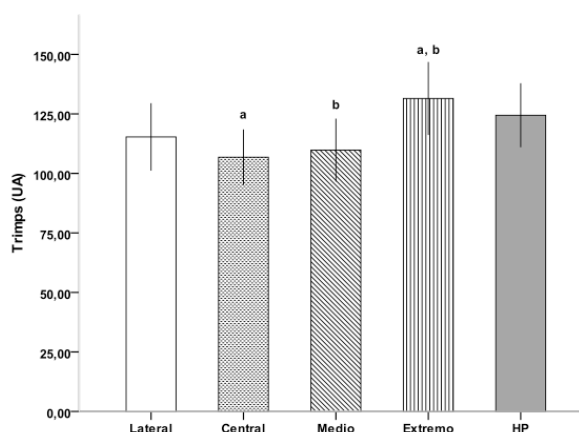
inicio; y el final y la mitad del periodo competitivo ( $p < 0.01$ ) (figura 3).

En relación al puesto específico se registraron los siguientes valores: laterales  $115 \pm 14$  UA (IC 95% 106 – 124 UA); centrales  $106 \pm 11$  UA (IC 95% 97 – 115 UA); medios  $110 \pm 13$  UA (IC 95% 100 – 118 UA); extremos  $131 \pm 15$  UA (IC 95% 120 – 142 UA); delanteros  $124 \pm 13$  UA (IC 95% 113 – 135). Se obtuvieron diferencias significativas entre las posiciones de extremos con relación a medios ( $p < 0.44$ ) y centrales ( $p < 0.14$ ) (figura 4).

**Figura 3:** Evolución de la carga cardiovascular (Trimps) durante la temporada. Diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre a) final y mitad; b) final e inicio temporada.



**Figura 4:** Carga cardiovascular (Trimps) en función del puesto específico a lo largo de la temporada. Diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) extremos con relación a jugadores centrales y medios.



- ICC, Período Temporada y Puestos Específicos

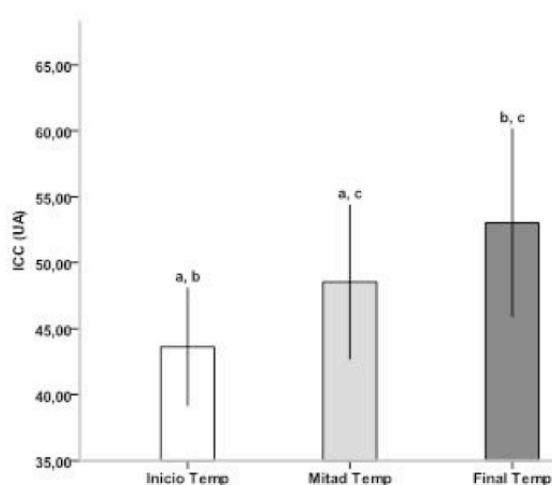
La asociación entre la carga cinemática y cardiovascular expresada mediante el ICC fue de  $43 \pm 4$  UA (IC 95% 41 – 46) en el inicio, registrándose  $48 \pm 6$  UA (IC 95% 44 – 52) y  $54 \pm 7$  UA (IC 95% 49 – 58) durante la mitad y final de la temporada, respectivamente. El valor medio del ICC a lo largo del periodo competitivo fue de  $48 \pm 7$  UA (IC 95% 46 – 50).

Comparadas las muestras se observa como las diferencias entre las medias son significativas en todos los periodos ( $p < 0.01$ ). Hay un incremento significativo del ICC después del inicio de

la temporada y a lo largo de la misma (figura 5).

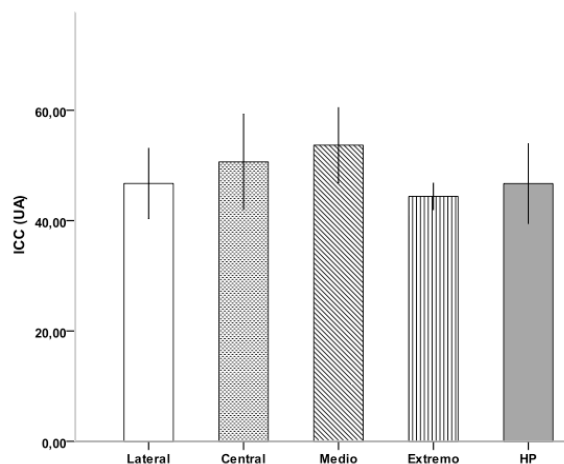
**Figura 5:** Evolución del índice Cardio - cinético (ICC) durante la temporada.

Diferencias significativas entre a) inicio y mitad; c) mitad y final temporada ( $p < 0.01$ ); b) entre inicio y final temporada ( $p < 0.001$ ).



Con relación a la función táctica, los jugadores presentaron los siguientes registros: laterales  $46 \pm 6$  UA (IC 95% 42 – 51), centrales  $50 \pm 8$  UA (IC 95% 45 – 55), medios  $53 \pm 6$  UA (IC 95% 49 – 58), extremos  $44 \pm 2$  UA (IC 95% 38 – 50), delanteros  $46 \pm 7$  UA (IC 95% 41 – 52). No encontrándose diferencias significativas entre las diversas posiciones (figura 6).

**Figura 6:** Índice cardio - cinético (ICC) según puestos específicos.



## DISCUSIÓN

En los deportes de naturaleza continua y progresiva sin pausas de recuperación, una mayor FC durante la actividad refleja el incremento de la intensidad de la misma. Así se evidencia en los diversos estudios donde se asocia el incremento proporcional de la FC con el  $V_{O_2}$  (Bunc, Heller, & Leso, 1988). Así mismo, una mayor carga cardiovascular durante el ejercicio, normalmente expresada como porcentaje de la FC máxima o de reserva o la utilización de diferentes índices como los impulsos de entrenamiento (Trimps) o la carga interna de Edward (Edwards, 1993), es asociada a un incremento de la intensidad cinemática durante el desempeño competitivo pudiéndose estimar la participación de los diferentes metabolismos energéticos.

Sin embargo, en los deportes de naturaleza intermitente, como el fútbol, donde se alternan diferentes tipos de recuperación con esfuerzos de intensidad variable y fraccionados, sustentados por procesos metabólicos anaeróbicos la FC podría no reflejar la carga física o cinemática, y por tanto la valoración que se realice asociando una mayor Fc de trabajo durante la competición con una mayor intensidad de la actividad puede que sea inadecuada, al no identificar la intensidad física de las cargas aplicadas.

Sin embargo, los resultados del presente trabajo muestran una relación directamente proporcional entre la carga cardiovascular, expresada mediante el registro de los Trimps y las distancias recorridas por los futbolistas ( $r= 0,321$ ,  $p<0.05$ ). Semejantes resultados son encontrados por Mallo, Navarro, Aranda, & Helsen (2009) al comparar la FC media, expresada como porcentaje la  $FC_{max}$ , con las distancias de alta intensidad recorridas por los árbitros de fútbol de categoría internacional.

Dicha asociación podría estar determinada por los niveles de  $VO_2$  max del jugador. Se ha demostrado una correlación entre la capacidad aeróbica y las DT recorridas durante los partidos. Así mismo, los jugadores expuestos a una

mayor carga cardiovascular manifiestan mayores adaptaciones en el metabolismo aeróbico, con un incremento del  $VO_2$  max, y de la velocidad al umbral láctico (Stagno, Thatcher, & Van Someren, 2007).

Por otro lado, la estimación indirecta del gasto energético en los deportes colectivos, mediante la utilización de la FC también ha sido descrita por diferentes autores estableciéndose diferencias relevantes según el rol desempeñado por el jugador durante la competición.

La literatura evidencia como las posiciones más expuestas a una mayor demanda energética son los jugadores centrocampistas y los atacantes, independientemente de la categoría, o la edad, frente a los jugadores centrales. Coincidentes resultados son encontrados en nuestro estudio. Menor carga cardiovascular en centrales y mayor en jugadores atacantes. Si bien, los jugadores sometidos a un mayor estrés cardiovascular manifiestan mayor carga cinemática, observamos como los centrocampistas con similares distancias totales recorridas que los extremos registran una menor carga fisiológica ( $r=0,44$ ). Posiblemente, el estrés cardiovascular se vea más influido por la magnitud de las distancias recorridas a alta

velocidad que por las distancias totales (Mallo et al., 2009).

Las diferencias en relación a la carga interna no son mostradas en la variable cinemática entre los diversos puestos específicos. No obstante, la tendencia es similar a la presentada en la literatura. Menores distancias recorridas por los defensas centrales y mayores para los centrocampistas y jugadores de banda (Di Salvo, Baron, & Cardinale, 2007).

Sin embargo, hay que analizar y comparar con precaución los resultados de las diferentes investigaciones, ya que la metodología utilizada en el registro de los datos puede ofrecer una elevada variabilidad que sobrevalore las distancias totales conseguidas.

En relación al período de competiciones, se obtienen mayores distancias recorridas durante la mitad y el final frente al inicio de la temporada. Análogos resultados son encontrados por otros autores (Rampinini et al., 2007). No obstante, la carga cardiovascular disminuye significativamente provocando la mejora del ICC al final del período competitivo.

### **FC de recuperación**

Algunos autores (Wilmore & Costill, 2001) afirman que la recuperación

de la FC post-ejercicio es un buen indicador de la condición física. Ya que cuanto mejor es ésta, más rápidamente se recuperan los valores cardiovasculares de reposo.

Por otro lado, parece ser que la FC rec es sensible al tipo de cargas aplicadas y a las adaptaciones fisiológicas adquiridas por los deportistas.

Bucheit et al. (2008) observó una reducción significativa de la FC rec tras un período de entrenamiento en los dos grupos de tratamiento, uno mediante carreras intermitentes de alta intensidad y el otro mediante la repetición de sprints (RSA). Dichos esfuerzos son semejantes a los desarrollados por los futbolistas.

Mientras otras líneas de investigación mostraron relaciones entre el  $VO_2$  max, el umbral anaeróbico y la potencia mecánica desarrollada en los sujetos con una mayor recuperación del sistema cardiovascular (Darr, Bassett, Morgan, & Thomas 1988).

### **FC en acciones ejecutadas a intensidades submáximas**

La FC registrada durante esfuerzos de intensidad submáxima demuestra como una disminución de la misma está relacionada con incrementos en la condición física aeróbica del sujeto



(Bucheit et al., 2010).

Una menor  $FC_{\text{submax}}$  durante la actividad ha sido asociada a una mejora en la economía de carrera debido a una mayor eficiencia energética incrementando la performance del sujeto en los deportes con predominio metabólico aeróbico (Lamberts, Lemmink, Durandt, & Lambert, 2004).

Bucheit et al. (2012) mostró una relación entre el incremento de la velocidad aeróbica máxima y la reducción de la  $FC_{\text{submax}}$  en una población semejante a la del presente estudio.

Consecuentemente, si existiera correlación entre las variables fisiológicas  $FC_{\text{rec}}$  y  $FC_{\text{submax}}$  con el ICC podríamos establecer un indicador válido para identificar y monitorizar el estado de forma de los futbolistas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Banister, E.W. (1991). Modeling elite athletic performance. In: MacDougall J.D., Wenger H.A., & Green, H.J. (eds.) *Physiological testing of the high-performance athlete*. Human Kinetics, Champaign, Ill., pp 403–424
- Bucheit, M., Millet, G. P., Parisy, A., Pourchez, S., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(2), 362-371.
- Bucheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European journal of applied physiology*, 108(6), 1153-1167.
- Bucheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European journal of applied physiology*, 112(2), 711-723.
- Bunc, V., Heller, J., & Leso, J. (1988). Kinetics of heart rate responses to exercise. *Journal of sports sciences*, 6(1), 39-48.
- Darr, K. C., Bassett, D. R., Morgan, B. J., & Thomas, D. P. (1988). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 254(2), H340-H343.
- Di Salvo, V., Baron, R., & Cardinale, M. (2007). Time motion analysis of elite footballers in European cup competitions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(10), 14-15.
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. In: Edwards, S., Ed. *The Heart Rate Monitor Book*. 8th ed. Sacramento, CA: Feet Fleet Press.
- Lamberts, R. P., Lemmink, K. A., Durandt, J. J., & Lambert, M. I. (2004). Variation in heart rate during submaximal exercise: implications for monitoring training. *The Journal of strength & conditioning research*, 18(3), 641-645.
- Mallo, J., Navarro, E., Aranda, J. M. G., & Helsen, W. F. (2009). Activity profile of top-class association football referees in relation to fitness-test performance and match standard. *Journal of*

*sports sciences*, 27(1), 9-17.

Mohr, M., Krstrup, P., & 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.

Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, 28(12), 1018-1024.

Stagno, K. M., Thatcher, R., & Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of sports sciences*, 25(6), 629-634.

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Editorial Paidotribo.