



**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**Departamento de Rendimiento Deportivo y Salud**

**Trabajo Final de Máster:**

**ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE LA FATIGA EN JÓVENES  
JUGADORES MASCULINOS DE BALONMANO**

**José Manuel Marín Muñoz**

**Elche, 2015**

Alumno:

José Manuel Marín Muñoz

Tutor:

Dr. D. Rafael Sabido Solana

Titulación:

Master Universitario en Rendimiento Deportivo y Salud

Curso Académico:

2014 – 2015



**Trabajo Fin de Máster**

**Título:** Análisis y cuantificación de la fatiga en jóvenes jugadores masculinos de balonmano

**Nombre del Alumno:** D. José Manuel Marín Muñoz

**Nombre del Tutor:** Dr. D. Rafael Sabido Solana

**Tipo de TFM:** Trabajo de iniciación a la investigación

**Titulación:** Máster Universitario en Rendimiento Deportivo y Salud

**Centro:** Universidad Miguel Hernández de Elche

**Curso académico:** 2014 - 2015

**Convocatoria:** Julio





## **Agradecimientos**

A mi tutor D. Rafael Sabido por ayudarme en la elección y desarrollo de este trabajo, por sus consejos, por su ayuda y paciencia, y sobre todo, por su amor y dedicación por este deporte que es el balonmano.

A mi familia, amigos y compañeros por ayudarme en todo este largo camino y ayudarme siempre a seguir adelante en este difícil mundo que es el rendimiento deportivo.





## ÍNDICE

INTRODUCCION Y MARCO CONCEPTUAL .....	1
MATERIAL Y MÉTODO .....	6
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	10







**Resumen:** El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el nivel de carga fisiológico y mecánico para conocer la fatiga durante diversas situaciones de juego en jugadores masculinos de balonmano. La muestra estuvo compuesta por 19 jugadores de balonmano del Club Balonmano de Elche. Esa cuantificación de fatiga se produjo en tres tipos de situaciones: sesión de sobrecarga excéntrica en una máquina Yo-Yo, en partido simulado durante el entrenamiento y en partido oficial de competición. Las variables cuantificadas se registraron previas al desarrollo de la actividad y posterior, se cuantificó la lactacidemia en sangre, la capacidad de salto y una prueba de estabilidad. Los resultados muestran diferencias significativas en lactato en sangre, capacidad de salto y estabilidad en el eje sagital en la situación de sobrecarga excéntrica. Este trabajo puede ayudar a conocer qué tipo de variables pueden ser indicadores de fatiga y cómo afecta cada tipo de trabajo a los jugadores, en este deporte existen pocos estudios que valoren esta cuantificación y que centren su objetivo en el estudio de la fatiga.

**Palabras clave:** Balonmano, fatiga, entropía, cuantificación, lactato, CMJ.

**Abstract:** The aim of this study was to quantify the level of physiological and mechanical fatigue during various game situations in young male handball players. The subjects were 19 male handball players in semi-professional level from the Handball Club of Elche. The measures situations were in eccentric overload work situations on a Yo-Yo machine, simulated game during training and in an official competition match. The quantified variables were recorded prior to the development of the activity and later, there were measured the lactate in blood, jumping ability and stability testing. The results show significant differences in lactate levels, evaluating each situation significant differences appears in the eccentric overload work in lactate levels, jumping ability and in the sagittal axis stability test. This work may help to know what kind of variables can be indicators of fatigue and how it affects each type of work to players, in this sport there are few studies that evaluate this quantification and to focus its objective on the study of fatigue.

**Keywords:** Handball, fatigue, entropy, quantification, lactate, CMJ.



## INTRODUCCION Y MARCO CONCEPTUAL

La fatiga en el deporte ha sido estudiada desde diferentes puntos de vista durante más de un siglo, y en la actualidad aún no se conocen todos los procesos implicados en este estado que impide la práctica de un trabajo manual y de actividad física (Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme, 2010).

La fatiga fisiológica suele actuar como mecanismo de alerta ante un sobreesfuerzo puntual o una repetida acción de esfuerzos que se prolongan en el tiempo. Podemos diferenciar entre la fatiga central y la fatiga local, la primera es un estado multifactorial que se produce por un esfuerzo producido por la movilización de grandes grupos musculares. La fatiga local se determina en una zona muscular en concreto que interviene en la ejecución de la acción que se está realizando (Åstrand, et al., 2010; Barbany, 2006; Billat, 2002).

La fatiga durante el ejercicio refleja la incapacidad del músculo o del organismo en conjunto para mantener la misma intensidad de esfuerzo (Barbany, 2006). Este concepto es muy complejo, el cual implica factores psicológicos y fisiológicos (Åstrand, et al., 2010).

Un ejemplo de fatiga a nivel fisiológico se produce por la fatiga en la placa terminal cuando el nervio motor sufre una estimulación a una alta frecuencia. El potencial de acción se transmite a una menor frecuencia. El mecanismo contráctil también puede fatigarse y no responder de una manera adecuada al estímulo que le transmite el nervio, el aporte de oxígeno debe cubrir las necesidades del músculo, de no ser así el contenido de ATP disminuye y aumenta el lactato. Debido a ello los puentes cruzados de actina y miosina no logran romper los puentes cruzados, no llegando a relajarse el músculo (Hüter-Becker, Schewe & Heipertz, 2006).

En el deporte conocer la situación de los jugadores a través de mediciones de parámetros para conocer su estado de fatiga se ha convertido en uno de los puntos clave durante los últimos años. Por ello en cada deporte se intenta determinar los parámetros que mejor pueden reflejar el estado de fatiga de sus practicantes, intentado así mejorar el rendimiento del equipo en general y ayudando a planificar cargas. El objetivo primordial del control de las cargas es mejorar el rendimiento competitivo a través de los entrenamientos. El análisis y la cuantificación de las cargas en los entrenamientos y competición pueden proporcionar una serie de información valiosa a la hora de programar las cargas y la intensidad de cada ejercicio o tarea.

Las exigencias físicas que demanda la competición en el balonmano han sido un foco de estudio en los últimos donde podemos encontrar estudios fisiológicos y físicos como los llevados a cabo por Póvoas et al. (2012, 2014) donde incluso se llega a realizar de una manera más detallada por posiciones determinadas.

Podemos encontrar dos tipos de formas de valoración: cargas internas, referidas a las reacciones que se producen en el cuerpo al realizar una acción física (frecuencia cardíaca, lactato,  $VO_{2max}$ , etc.) y cargas externas, que son aquellas variables cuantitativas y cualitativas que se pueden cuantificar de forma externa en el deportista (distancia, velocidad, aceleración, capacidad de salto, etc.) y las. El control de las cargas puede ayudarnos a conocer la fatiga que se acumula en los jugadores durante el entrenamiento o durante la competición. Es importante conocer cómo se manifiestan las exigencias físicas, fisiológicas y energéticas del deporte que se producen durante la competición para realizar una mejor planificación y control y lograr así mejorar el entrenamiento para obtener un mayor rendimiento en nuestros deportistas (Barbero, Coutts, Granda, Barbero & Castagna, 2009).

Desde el punto de vista de la carga interna, relación entre lactato y fatiga ha sido estudiada desde inicios del siglo XX con los estudios realizados por Fletcher & Hopkins en 1907, esta sustancia ha sido asociada como un indicador directo de la fatiga, durante el ejercicio el lactato en sangre aumenta en relación al tipo de ejercicio que se esté realizando. Los niveles de lactato continúan a un nivel elevado una vez que estamos en reposo, esto se debe a la gluconeogénesis producida para restaurar los niveles de glucógeno que se han consumido durante la actividad (Brooks, 1986). Sin embargo, la concentración de lactato puede variar dependiendo del tipo de ejercicio, la duración y otros factores que pueden afectar de manera diferente a cada sujeto (Temperatura, humedad, dieta, cantidad de masa muscular utilizada...) (Beneke, Leithäuser & Ochentel, 2011).

En cuanto a la carga externa, uno de los parámetros estudiados ha sido la pérdida de la capacidad de salto se ha utilizado como un factor que puede determinar la fatiga en los deportistas. A través de esta capacidad se intenta conocer el efecto que produce en el organismo de los sujetos una carga de estrés aplicada (Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel & González-Badillo, 2011).

Como nueva tendencia, en los últimos años ha surgido un nuevo sistema para cuantificar las señales fisiológicas a través del cual se intenta analizar una serie de

fluctuaciones que se producen en el propio sistema del deportista durante la realización de un gesto. Este tipo de medición se ha utilizado en algunos trabajos para analizar gestos técnicos como caminar, correr o simplemente acciones de estabilidad. Este sistema denominado entropía intenta determinar cómo es de regular un sistema, cuanto menor sea la entropía de un sistema más predecible será y tendrá una menor complejidad (Algaba del Castillo, De la Cruz-Torres, Naranjo-Orellana, Centeno-Prada & Beas-Jiménez, 2008; Naranjo-Orellana & De La Cruz-Torres, 2013). Recientes estudios han intentado utilizar este parámetro como un posible predictor de fatiga, intentando relacionar el comportamiento del sistema con un estado de fatiga o sobrecarga que pueda surgir en una determinada situación como podemos encontrar en el estudio de McGregor et al. (2011).

El balonmano es un deporte profesional y olímpico desde 1972, desde entonces algunas de las reglas de juego han sido modificadas, siendo significativo el cambio realizado en el año 2002 que permite realizar contrataques rápidos después de recibir un gol (Ronglan, Raastad & Børghesen, 2005; Karcher & Buchheit, 2014).

Es importante conocer cómo se manifiestan las exigencias físicas, fisiológicas y energéticas del deporte que se producen durante la competición para realizar una mejor planificación y control y lograr así mejorar el entrenamiento para obtener un mayor rendimiento en nuestros deportistas (Barbero, Coutts, Granda, Barbero & Castagna, 2009).

Este deporte se caracteriza por acciones repetidas de aceleraciones, sprints, saltos y rápidos cambios de dirección, a su vez todas estas acciones conllevan contactos entre los jugadores, donde se producen agarrones, empujones y desequilibrios durante las acciones de juego. Las acciones técnicas que se pueden dar en un partido (lanzamientos, pases, fintas, saltos y cambios de ritmo) se desarrollan a gran velocidad e intensidad para obtener éxito. Estos esfuerzos producen fatiga en los jugadores durante el desarrollo del juego, sobre todo en la musculatura de las piernas.

En el balonmano, al igual que en otros deportes como baloncesto, hockey, fútbol americano y fútbol australiano, permite un número ilimitado de cambios entre jugadores durante el partido, lo que puede permitir a los entrenadores controlar el tiempo de juego y el tiempo de descanso para sacar el máximo rendimiento a sus jugadores. Siendo el control de la carga durante el partido un posible indicador de fatiga y de rendimiento.

El objetivo del presente estudio es llevar a cabo una descripción de las cargas para conocer si podrían llegar a ser predictores de fatiga, estudiando la intensidad de la carga que soportan los jugadores durante diferentes situaciones (competición, entrenamiento de fuerza y partido simulados) midiendo variables de carga interna y externa.





## **MATERIAL Y MÉTODO**

### *Participantes*

La muestra del estudio estuvo compuesta por un total de 19 jugadores semi-profesionales del Club Balonmano Elche masculino de las categorías Primera División Estatal grupo-F y Liga Autonómica. Se valoró a jugadores de diferentes posiciones: 7 extremos, 5 laterales, 3 centrales, 3 pivotes y 1 portero. La muestra presentaba una altura media de  $1,83\pm 0,07$  m y un peso de  $81,73\pm 8,95$  Kg. Todos los sujetos de ambos equipos poseen una experiencia en la práctica del balonmano federado superior a 3 años y realizaban entrenamientos específicos 3-4 veces por semana con una duración aproximada de 90 minutos por sesión y trabajo específico de fuerza.

### *Procedimiento*

Se llevaron a cabo una serie de mediciones fisiológicas y mecánicas en tres situaciones distintas: En una sesión de entrenamiento de sobrecarga excéntrica en una máquina Yo-yo, en un partido simulado durante entrenamientos y en partido oficial de competición.

El procedimiento que se realizó fue realizar las valoraciones tras un calentamiento de 10 minutos específico al tipo de actividad que los jugadores iban a desarrollar y una medición posterior al ejercicio físico realizado.

Los test realizados a los jugadores fueron:

Medición de la concentración de lactato en sangre tomado en el lóbulo de la oreja derecha medido a través del Lactate Scout (Leipzig, Alemania). El lactato es uno de los indicadores fisiológicos que aparecen en los deportistas cuando se está realizando un esfuerzo anaeróbico.

Test de salto a través de la realización de un salto con contramovimiento (CMJ), la altura de salto se registró con una plataforma de contacto con el Ergotester Globus (Italia). El protocolo utilizado consistió en realizar el salto con las manos en la cadera para medir solamente la potencia en el tren inferior, el sujeto realizaba un contramovimiento flexionando las rodillas en un ángulo aproximado de  $90^\circ$  (fase excéntrica) y seguidamente el salto (fase concéntrica).

La última prueba consistió en una valoración de la estabilidad con un test de equilibrio con ambos pies y ojos cerrados. En esta posición cada participante debía



mantenerse durante 60 segundos con las menores oscilaciones posibles. Esta prueba se valoró mediante dos instrumentos, a través de un dispositivo móvil con un acelerómetro y la aplicación Accelerometer Monitor para Android. Para realizar la validación y fiabilidad del sistema se comparó con una plataforma de fuerza (Kistler, Winterthur, Suiza).

A través de esta prueba se intentó cuantificar la regularidad del sistema de cada jugador en una situación previa al ejercicio físico y posterior a un trabajo físico que producía fatiga en los participantes. Esta regularidad es denominada entropía que se utiliza para cuantificar la regularidad de una serie temporal (Naranjo et al., 2010).

El análisis de los datos obtenidos en la entropía se analizó a través del software Entropy (Elche, España). Calculándose la entropía muestral (SampEn) y la Desviación Típica (SD) para las mediciones de los sujetos en las situaciones para su posterior comparación para obtener así la validación y fiabilidad del dispositivo móvil, se realizó un cálculo de la entropía SampEn a través de las variaciones que se produjeron en los vectores de fuerza en x, y, z comparándolas con los datos obtenidos de la plataforma de fuerza.

#### *Análisis estadístico*

Se realizó un análisis estadístico de los datos con el software IBM SPSS Statistics 20 y el programa Microsoft Excel 2010. Se llevó a cabo un análisis de los descriptivos básicos (Media y Desviación Típica), una prueba de normalidad, una prueba T para medidas relacionadas entre las mediciones pre-pos y un post hoc.

Para la validación y fiabilidad del acelerómetro del dispositivo móvil se calculó la fiabilidad a través del coeficiente de correlación intraclases (ICC) y la validez mediante un análisis factorial.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algaba del Castillo, J., De la Cruz-Torres, B., Naranjo-Orellana, J., Centeno-Prada, R. A. & Beas-Jiménez, J. D. (2008). Análisis del equilibrio estático en sujetos sanos mediante el cálculo de la entropía muestral. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 1(3), 98-101.
- Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl H. A., & Strømme, S. B. (2010). *Manual de fisiología del ejercicio*. Ed: Paidotribo. Badalona.
- Barbany, J. R. (2006). *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Ed: Paidotribo. Badalona.
- Barbero, J. C., Coutts, A. Granda, J., Barbero, V., & Castagna, C. (2009). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to asses speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *Journal of Science and Medicine Sport*, 2, 232-235.
- Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Ochentel, O. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 6, 8-24.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. (pp. 56-61). Ed: Paidotribo. Badalona.
- Brooks, G.A. (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 8(3), 360-368.
- Hüter-Becker, A., Schewe, H., & Heipertz, W. *Fisiología y teoría del entrenamiento*. Ed: Paidotribo. Badalona.
- Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & González-Badillo, J.J. (2011). Aplicación del CMJ para el control del entrenamiento en las sesiones de velocidad. *Cultura Ciencia Deporte*, 6(17), 105-112.
- McGregor, S. J., Armstrong, W. J., Yaggie, J. A., Bollt, E. M., Parshad, R., Bailey, J. J., Johnson, S. M., Goin, A. M., & Kelly, S. R. (2011). Lower extremity fatigue increases complexity of postural control during a single-legged stance. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8, 43.

- Naranjo-Orellana, J., & De la Cruz-Torres, B. (2010). La entropía y la irreversibilidad temporal multiescala en el análisis de sistemas complejos en fisiología humana. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(1), 29-33.
- Póvoas, S. C. A., Seabra, A. F. T., Ascensão, A. A. M. R., Magalhães, J., Soares, J. M. C., & Rebelo, A. N. C. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3366–3376.
- Póvoas, S. C. A., Ascensão, A. A. M. R., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krstrup, P., Soares, J. M. C., & Rebelo, A. N. C. (2014). Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 430–442.
- Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute Fatigue-Induced Changes in Muscle Mechanical Properties and Neuromuscular Activity in Elite Handball Players Following a Handball Match. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 18, 462-472.



