

Control de la carga interna en jugadores de balonmano

**GRADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



CURSO ACADÉMICO 2024-2025

Alumno/a: Jerónimo Cartagena Castillo

Tutor académico: Rafael Sabido Solana

ÍNDICE

CONTEXTUALIZACIÓN	1
MÉTODO	2
PARTICIPANTES.....	2
PROCEDIMIENTO	2
MEDIDAS E INSTRUMENTOS	3
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	4
FINANCIACIÓN.....	4
REFERENCIAS.....	5
ANEXOS.....	6
ANEXO 1	6
ANEXO 2	7



CONTEXTUALIZACIÓN

El balonmano es un deporte colectivo de oposición y de alta intensidad que combina acciones técnicas específicas con un fuerte componente físico-táctico. Se juega en un campo cuyas medidas son 40 x 20 metros, con dos equipos de siete jugadores (seis de campo y un portero) con el objetivo de introducir la pelota en la portería contraria, en partidos que duran 60 minutos divididos en dos tiempos de 30 minutos y con una serie de reglas publicadas en el Reglamento de Partido y Competiciones a través de la Real Federación Española de Balonmano en septiembre de 2022. Durante el partido, los jugadores deben realizar movimientos explosivos como sprints cortos, saltos o cambios de dirección, además de contacto físico y lanzamientos a portería, lo que convierte al balonmano un deporte muy exigente desde el punto de vista fisiológico y neuromuscular (Karcher & Buchheit, 2014).

El rendimiento en balonmano depende de una serie de cualidades físicas específicas, entre las que destacan la fuerza explosiva, la potencia, la agilidad, la velocidad de reacción, la resistencia intermitente y la capacidad de recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (Gorostiaga et al., 2009; Michalsik & Aagaard, 2015). Además de los aspectos físicos, existen varios factores de rendimiento en balonmano como pueden ser los aspectos tácticos, técnicos, nutricionales, cognitivos, coordinativos..., en resumen, se trata de un deporte complejo y multifactorial en el que debemos tener en cuenta muchos factores (Wagner y col., 2019). Todas estas capacidades deben integrarse en un entorno dinámico en el que el jugador toma decisiones en tiempo real, bajo la presión del oponente y con un nivel elevado de incertidumbre. Por ello, el balonmano exige no solo preparación física, sino también una elevada competencia táctica y psicológica.

En este contexto, la acumulación de carga, en entrenamiento o competición, puede derivar en fatiga, una condición fisiológica que se caracteriza por la disminución temporal de la capacidad de rendimiento físico y cognitivo (Enoka & Duchateau, 2016). La fatiga puede ser de dos tipos, central (neurológica) o periférica (muscular), y afecta directamente a la ejecución motora, alterando la eficiencia, la coordinación y la precisión de los movimientos (Gandevia, 2001). En deportes de contacto y acciones explosivas como el balonmano, los efectos de la fatiga se traducen en una pérdida de control motor, una menor capacidad de respuesta ante estímulos y un aumento del riesgo de lesiones, tanto por mecanismos agudos (por ejemplo, tras un salto o contacto donde la fatiga no te permite controlar la recepción) como por sobreuso (a lo largo de microciclos de entrenamiento mal periodizados, debido a la fatiga acumulada).

Por todo esto, surge la necesidad de medir y controlar la carga de entrenamiento, entendida como el conjunto de estímulos fisiológicos, biomecánicos y psicológicos que recibe el deportista, se ha convertido en un pilar fundamental para mejorar el rendimiento y preservar la salud del jugador. Hasta hace poco, el control de carga se ha tratado desde un enfoque externo (velocidad, distancia recorrida, número de acciones técnicas), pero cada vez más investigaciones resaltan la importancia del control interno de la carga, es decir, cómo responde el cuerpo ante esos estímulos externos. A través del de la carga interna podemos monitorizar parámetros como la frecuencia cardíaca, la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), los marcadores bioquímicos y neuromusculares, y más recientemente, la variabilidad motora (Gómez-Carmona et al., 2020).

La variabilidad motora hace referencia a los pequeños cambios o variaciones en la ejecución de un mismo movimiento a lo largo del tiempo. En contra de corrientes previas que consideraban la variabilidad como sinónimo de error, autores como Stergiou y Decker (2011) destacan que una cierta cantidad de variabilidad es esencial para la adaptabilidad del sistema motor. Sin embargo, cuando esta variabilidad aumenta de forma significativa y desorganizada, puede tratarse de una pérdida de control por fatiga, estrés o sobrecarga. Por este motivo el análisis de la variabilidad motora se está consolidando como una herramienta innovadora y no

invasiva para detectar estados de fatiga funcional y anticipar posibles riesgos de lesión para el deportista (Meardon et al., 2011).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el control de la carga interna en jugadores de balonmano, prestando especial atención a cómo afecta la fatiga sobre el rendimiento físico y motor y su manifestación a través de la variabilidad motora como posible indicador no invasivo del estado de la fatiga. La investigación surge de la necesidad de buscar estrategias de evaluación y seguimiento que permitan ajustar la carga de forma individualizada, favoreciendo un rendimiento óptimo, saludable y eficiente del deportista.

La hipótesis con la que partimos es que la variabilidad motora aumenta de forma significativa en situaciones de fatiga en jugadores de balonmano, reflejando una pérdida de control neuromuscular, y que puede utilizarse como un indicador fiable de fatiga en el control interno de la carga.

MÉTODO

PARTICIPANTES

Nueve jugadores semiprofesionales de balonmano con una media de 27.55 ± 7.53 años, un peso de 87.65 ± 10.52 kilogramos y una altura de 181.78 ± 6.43 centímetros participaron en el estudio. Todos los sujetos poseían más de 10 años de experiencia en la práctica del balonmano y al menos dos años de experiencia en el entrenamiento de fuerza. Los participantes fueron informados del riesgo potencial de las sesiones durante el estudio, podían retirarse de manera voluntaria en cualquier momento y se obtuvo el consentimiento informado de cada participante previo al estudio, el cual fue aprobado por el comité de ética de la Universidad (código COIR: TFG.GAF.RSS.JCC.250319) conforme con la Declaración de Helsinki.

PROCEDIMIENTO

El estudio constó de tres mediciones de familiarización con los test y para tener valores de referencia de cada participante, así como medidas pre y post partido durante los últimos cuatro partidos de liga del equipo como local. Posteriormente el primer día de entrenamiento se tomarán datos para comparar la recuperación que han tenido con la medida postpartido. Después de tener todas las medidas se compararán los resultados de carga interna obtenidos con el desempeño durante el partido a través de las estadísticas de cada participante.

Los participantes debían acudir 30 min antes del inicio del entrenamiento para poder realizar las mediciones todos en las mismas condiciones, los días en los que se realizaban las mediciones de referencia/familiarización eran martes, jueves o viernes, las de pre y post partido los sábados y las de recuperación los lunes.

Tanto las medidas de referencia y recuperación como las pruebas pre y post partido consistían en una prueba de 10 sentadillas a un ritmo constante y tenían 20 segundos de medición para su realización con un banco como referencia para la bajada. La otra prueba en la que se quería analizar la variabilidad motora era mantener 30 segundos una sentadilla isométrica intentando que se movieran lo menos posible, el sujeto empezaba en una posición cómoda de sentadilla isométrica y se le colocaba el dispositivo en la región sacra, a continuación, debía de aguantar los 30 segundos en esa misma posición. En ambas pruebas de sentadilla se

buscaba el análisis de la variabilidad en ese movimiento, para analizar la variabilidad motora de cada sujeto, los datos se han extraído mediante la aplicación “Phyphox”.

El otro test era un salto vertical (Contra Movement Jump) con las manos en las caderas, en el cual se buscaba la máxima altura de salto posible, en este test grabábamos el salto y posteriormente lo analizábamos mediante la aplicación “MyJump” ajustando los fotogramas de despegue y aterrizaje obteniendo así la altura del salto.

Antes de empezar con el protocolo de mediciones había un calentamiento que los participantes debían realizar que se basaba en 3 minutos de carrera continua, 1 minuto de jumping jacks, movilidad articular del tren inferior haciendo especial énfasis en cadera, rodilla y dorsi-flexión de tobillo, 2 min de ejercicios CORE en posiciones isométricas, 30 segundos en plancha frontal, 30 segundos en plancha lateral por cada lado y 30 segundos de puente de glúteo isométrico, a continuación realizaban 2 series de 10 bisagras de cadera en posición de bipedestación y 8 sentadillas y por último realizaban 5 saltos progresivos imitando el CMJ en la que buscaban progresivamente la máxima altura posible.

MEDIDAS E INSTRUMENTOS

Variabilidad en sentadillas dinámicas. Se utilizó un banco como referencia de hasta donde debían bajar en la sentadilla. A través de la aplicación “Phyphox” con el sensor de acelerometría sin gravedad grabábamos un ensayo de 20 segundos midiendo la aceleración y si el sujeto terminaba antes se mantenía en bipedestación quieto hasta que terminaran esos 20 segundos. Posteriormente se analizó la variabilidad motora mediante la desviación típica y la entropía de la señal.

Variabilidad en posición isométrica. Para esta prueba el sujeto se ponía en posición de sentadilla isométrica y a continuación se empezaba con los 30 segundos que debían mantener en esta posición. Los datos se tomaron mediante la aplicación “Phyphox” con el sensor de acelerometría sin gravedad para su posterior análisis. Posteriormente se analizó la variabilidad motora mediante la desviación típica y la entropía de la señal.

Altura de salto. Se grabó en vídeo las ejecuciones de los CMJ para el posterior análisis de los datos mediante la aplicación “MyJump”, a través de esta aplicación y ajustando las fps del vídeo y los frames podemos identificar la altura del salto.

Análisis estadísticos de partidos. El análisis de rendimiento durante los partidos fue realizado por el delegado del equipo y posteriormente se me han facilitado las planillas con los datos obtenidos en los partidos de cada jugador. ([Ver anexo 1](#))

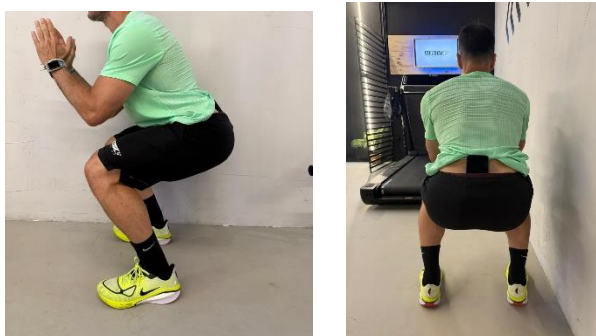


Figura 1. Ejemplo de sentadilla isométrica con la posición del dispositivo

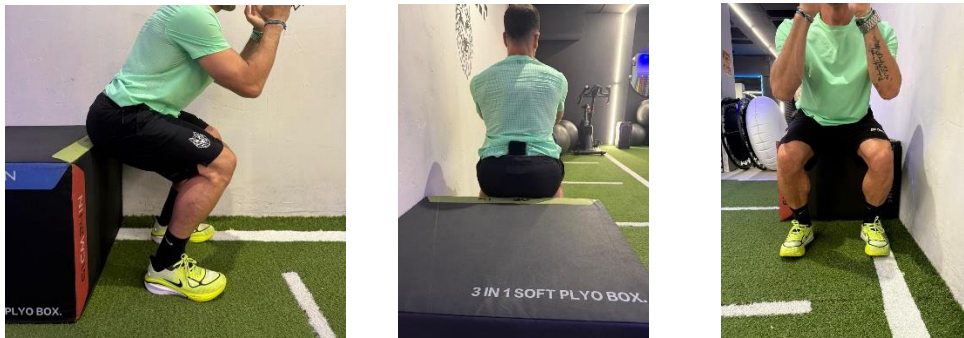


Figura 2. Ejemplo de las sentadillas dinámicas y el instrumento que se utilizó para tener de referencia a la hora de la bajada:

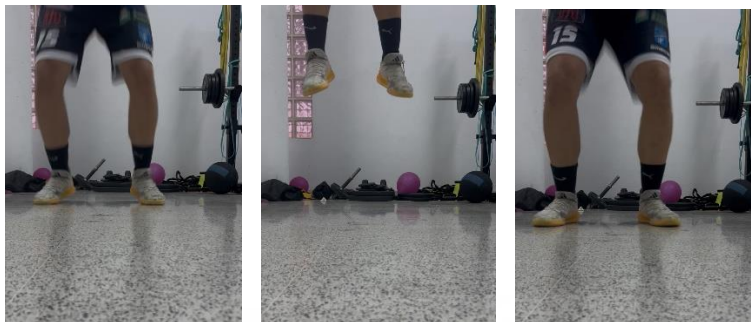


Figura 3. Ejemplo de tres momentos: antes del despegue, fase de vuelo y el aterrizaje durante el CMJ

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS (versión 25, IBM Statistics, Nueva York, EE. UU.). La normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas con seis momentos de evaluación para la primera semana y tres momentos para cada una de las tres semanas siguientes (es decir, test 1, test 2, test 3, pre-partido, post-partido y re-test a las 24 horas). Se incluyeron cuatro variables en el análisis: salto con contramovimiento (CMJ), desviación estándar (SD), entropía muestral (SaEn) y análisis de fluctuación sin tendencia (DFA). El tamaño del efecto se calculó mediante el eta cuadrado parcial (η^2_p) obtenido del ANOVA. Según los umbrales convencionales, el tamaño del efecto se interpretó como pequeño cuando $\eta^2_p \approx 0.01$, medio cuando $\eta^2_p \approx 0.06$ y grande cuando $\eta^2_p \approx 0.14$.

FINANCIACIÓN

Este Trabajo Final de Grado es parte del proyecto de I+D+i PID2022-139600NB-I00, financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.



REFERENCIAS

Referencias (APA 7ª edición)

- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2228–2238. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725–1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, Ibáñez SJ, Pino-Ortega J (2020) Accelerometry as a method for external workload monitoring in invasion team sports. A systematic review. *PLoS ONE* 15(8): e0236643. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236643>
- Gorostiaga, Esteban & Ibáñez, Javier & Ruesta, María & Granados, Cristina. (2009). Diferencias en la condición física y en el lanzamiento entre jugadores de balonmano de elite y amateur. [Differences in physical fitness and throwing velocity between elite and amateur handball players]. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 5(2), 57-64. www.e-balonmano.com/revista/v5n2/v5-n2-a1.pdf
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>
- Karcher, C., Buchheit, M. On-Court Demands of Elite Handball, with Special Reference to Playing Positions. *Sports Med* 44, 797–814 (2014). <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
- Michalsik, L. B., & Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(9), 878–891. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24947813/>
- Wagner, H., Fuchs, P., Fusco, A., Fuchs, P., Bell, J. W., & von Duvillard, S. P. (2019). Physical Performance in Elite Male and Female Team-Handball Players. *International journal of sports physiology and performance*, 14(1), 60–67. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0014>
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30(5), 869–888. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.002>
- Meardon, S. A., Hamill, J., & Derrick, T. R. (2011). Running injury and stride time variability over a prolonged run. *Gait & Posture*, 33(1), 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.020>

ANEXO 1

6



CONSENTIMIENTO INFORMADO

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Centro de Investigación del Deporte

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: Aprendizaje y Control Motor

Título del estudio:

Control de la carga interna en jugadores de balonmano

Estimado/a participante:

Le invitamos a participar de manera voluntaria en un estudio de investigación que forma parte de un Trabajo de Fin de Grado (TFG), cuyo objetivo es analizar la carga interna de los jugadores en la práctica del balonmano, en situaciones controladas de entrenamiento o competición, mediante el uso de herramientas no invasivas como la medición de la altura del salto vertical (CMJ) y el análisis de la variabilidad motora mediante la aplicación PHYPHOX.

La investigación se llevará a cabo en colaboración con el equipo técnico del club, y será dirigida por un estudiante de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte bajo la supervisión del profesorado universitario.

¿Qué implica su participación?

- Las sesiones se realizarán en el contexto habitual de entrenamientos y partidos del equipo.
- Se utilizarán dispositivos móviles y se realizarán las mediciones antes y después de los partidos y antes de los entrenamientos.
- Ninguna de las pruebas suponen riesgos para la salud si se siguen las indicaciones establecidas.



Consideraciones importantes:

- Su participación es completamente voluntaria y puede abandonar el estudio en cualquier momento, sin que esto suponga ninguna consecuencia para usted.
- Los datos recogidos serán tratados de forma confidencial y anónima, y únicamente serán utilizados con fines científicos.
- No se hará uso de su imagen ni de su identidad sin consentimiento adicional.

Riesgos:

El estudio no conlleva riesgos significativos, ya que se desarrolla bajo supervisión y dentro de los márgenes habituales de la práctica deportiva.

Contacto:

Para cualquier duda o aclaración puede ponerse en contacto con el estudiante responsable del estudio: jeronimo.cartagena@goumh.umh.es

DECLARACIÓN DEL PARTICIPANTE

Yo, _____,

con DNI _____,

- He leído y comprendido la información anterior.
- He tenido oportunidad de realizar preguntas y mis dudas han sido resueltas.
- Entiendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme en cualquier momento sin dar explicaciones.
- Acepto que se recojan y analicen mis datos de forma confidencial.

Edad: _____

Peso (kg): _____

Altura (cm): _____

Firma del participante: _____

Fecha: ____ / ____ / ____