



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**CONTROL DE LA CARGA Y SU RELACIÓN
CON EL RENDIMIENTO PARA UNA
JUGADORA PROFESIONAL DE
BALONMANO DE CARA A PREPARAR
LOS JJOO**

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

Curso académico. – 2021-2021.

Alumna. - Lara González Ortega.

Tutor académico. - Rafael Sabido Solana.

Centro en el que se ha planteado la propuesta: CID, Elche.

ÍNDICE

Resumen y palabras clave	pág. 3
1. Introducción	pág. 5
2. Metodología	pág. 8
2.1. Muestra	pág.8
2.2. Variables	pág.9
2.3. Instrumental	pág.11
2.4. Procedimiento	pág.13
2.5. Análisis estadístico	pág.14
3. Resultados	pág.15
4. Discusión	pág.17
5. Limitaciones	pág.18
6. Conclusiones	pág.19
7. Referencias bibliográficas	pág.19



RESUMEN:

El objetivo de este estudio fue controlar la carga de entrenamiento de una jugadora profesional de balonmano de cara a preparar los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 y conocer su relación con el rendimiento en competición oficial.

El control de las distintas variables se llevó a cabo durante 14 semanas de competición en la máxima categoría femenina de la Federación Francesa de Balonmano, LFH.

Las variables cuantificadas fueron, por un lado, la capacidad de salto (CMJ) y el equilibrio monopodal semanalmente, previo al entrenamiento. Por otro lado, la variabilidad de la frecuencia cardíaca diariamente al despertar. El índice de Hooper y Foster a través de la aplicación Optitrainer, tras cada sesión de entrenamiento. Por último, el rendimiento fue valorado tras cada partido siguiendo criterios de analistas especializados.

Se observó que el CMJ era la variable que mayor relación mostraba con el rendimiento. También se observó una tendencia a correlacionar entre los índices subjetivos y la VFC con el rendimiento. Estos resultados no son extrapolables teniendo en cuenta que el estudio fue realizado a un único sujeto, por lo que son necesario más estudios, con muestras más grandes para poder sacar conclusiones generales.

PALABRAS CLAVE: balonmano, control de la carga, CMJ, VFC, equilibrio, índice de Hooper, índice de Foster, rendimiento.

ABSTRACT:

The aim of this study was to control the training load of a professional handball player to prepare the Olympic Games in Tokyo 2021 and to know its relationship with the performance in official competition.

The control of the different variables was carried out during 14 weeks of competition in the highest female category of the French Handball Federation, LFH.

The quantified variables were, on the one hand, the countermovement jump (CMJ) and the monopodal balance weekly, before training. On the other hand, the measurement of heart rate variability (HRV) day-to-day, upon awakening. Last, the index of Hooper and Foster through the Optitrainer app, after each training session. The performance was evaluated after each game according to criteria of specialized analysts.

It was noted that CMJ was the variable that had the greatest relationship with performance. A tendency to correlate between subjective indices and HRV with performance was also observed. These results are not extrapolable considering that the study was conducted to a single subject, so more studies are needed, with larger samples to be able to draw general conclusions.

KEYWORDS: handball, load control, CMJ, HRV, balance, Hooper index, Foster index, performance.

RESUM:

L'objectiu d'aquest estudi va ser controlar la càrrega d'entrenament d'una jugadora professional d'handbol de cara a preparar els Jocs Olímpics de Tòquio 2021 i conèixer la seua relació amb el rendiment en competició oficial.

El control de les diferents variables es va dur a terme durant 14 setmanes de competició en la máxima categoria femenina de la Federació Francesa d'Handbol, LFH.

Les variables quantificades van ser, d'una banda, la capacitat de salt (CMJ) i l'equilibri monopodal setmanalment, previ a l'entrenament. D'altra banda, la variabilitat de la freqüència cardíaca diàriament, en despertar. L'índex de Hooper i Foster a través de l'aplicació Optitrainer, després de cada sessió d'entrenament. Finalment, el rendiment va ser valorat després de cada partit seguint criteris d'analistes especialitzats.

Es va observar que el CMJ era la variable que major relació mostrava amb el rendiment. A mes a mes es va observar una tendència a correlacionar entre els índexs subjectius i la VFC amb el rendiment. Aquest resultat no són extrapolables tenint en compte que l'estudi va ser realitzat a un únic subjecte, per la qual cosa són necessaris més estudis, amb mostres més grans per a poder traure conclusions generals.

PARAULES CLAU: handbol, control de la càrrega, CMJ, HRV, equilibri, índex de Hooper, índex de Foster, rendiment.



1. INTRODUCCIÓN

- ¿Qué es el balonmano?

El balonmano es un deporte de equipo, interactivo, complejo, altamente exigente y reglado en el que, dos equipos de siete jugadores cada uno, intentan marcar el máximo número de goles en la portería contraria sin invadir las respectivas áreas, se juega en una pista de 40 x 20 metros.

Podemos analizar el rendimiento en balonmano basándonos en cuatro aspectos.

La **técnica**; que comprende dos conocimientos, el saber hacer en posesión de balón (gestos técnicos como el pase, el lanzamiento o el bote) y el saber hacer sin balón, tanto en fase ofensiva como defensiva (desmarque, penetración, bloqueo, neutralización...).

La **táctica**; el balonmano se compone de 4 fases de juego sucesivas, el contrataque, el ataque posicional, el repliegue defensivo y la defensa. Con el fin de maximizar las posibilidades de éxito, el entrenador establece un sistema de juego ofensivo y defensivo (cruces, permutas, defensa mixta, sistema defensivo 6-0, 5-1, 3-2-1...).

El **determinante psicológico**, que hace referencia al conjunto de competencias emocionales, conductuales y cognitivas del deportista.

El **determinante físico**; el balonmano es un deporte intermitente que alterna periodos cortos de alta intensidad (esfuerzos breves y explosivos: 2-3 segundos máximo) que son muy frecuentes (más de 300 por partido), y periodos de recuperación activa o pasiva más largos (15 a 30 segundos aproximadamente) (Buchheit, 2003). Donde la distancia media recorrida por el jugador durante un partido es de 4.400 metros y la frecuencia cardiaca media es alrededor de 160 ppm, con picos de hasta 185ppm. Esta no es lineal, sino que aumenta y disminuye continuamente, debido a la alternancia de esfuerzos supra-máximos (esfuerzos explosivos) y de periodos de recuperación incompleto (Póvoas y col., 2012). Sin embargo, las actividades de baja intensidad, como quedarse quieto (37-43%) y caminar (35-43%) representan la mayor proporción del tiempo de juego (en torno al 70%), las carreras de ritmo lento y medio representan el 10%, las carreras de ritmo rápido y los sprints el 5% y los apoyos específicos (lanzamientos, saltos, uno contra uno, cambios de dirección, giros, contactos, sprints...) representan aproximadamente el 15% (5% para los apoyos específicos intensos) (Mangematin y Babault, 2012). Por lo tanto, las acciones cortas e intensas representan solo una pequeña parte del tiempo de juego (alrededor del 10% según los estudios), pero son determinantes (cambio de dirección para evitar a un defensor, aceleración tras haber recuperado el balón...). Por ello la capacidad de recuperar lo más rápidamente posible entre dos esfuerzos intensos y poder repetir estos a lo largo del tiempo, preservando la calidad (velocidad, precisión) y su eficacia, es crucial para obtener un alto nivel de rendimiento.

- La carga de entrenamiento

Con el fin de mejorar el rendimiento deportivo de nuestros atletas, los sometemos a una carga de entrenamiento. El entrenamiento es un proceso mediante el cual los atletas están expuesto a estímulos de ejercicios repetitivos y sistemáticos con el objetivo de inducir adaptaciones deseadas, como retrasar el inicio de la fatiga, aumentar la producción de potencia, mejorar la coordinación motora o reducir el riesgo de lesiones (Mujika, 2017). El principal objetivo del entrenamiento es la mejora del rendimiento y alcanzar el pico de forma en el momento correcto, lo que provoca que el control y cuantificación de la carga de entrenamiento resulte fundamental. Teniendo en cuenta que los atletas responden de manera diferente a una misma carga de entrenamiento, controlar ésta de forma individualizada es esencial para determinar si se están adaptando a su programa de entrenamiento, comprender las respuestas individuales al entrenamiento, evaluar la fatiga y la necesidad asociada de recuperación, y

minimizar el riesgo de sobreentrenamiento no funcional, lesión y enfermedad (Bourdon y col., 2017).

Según Cuadrado y col., (2012) la carga suministrada a los deportistas puede conocerse mediante índices internos del organismo (frecuencia cardiaca, Vo₂, concentración de ácido láctico...), así como por los índices externos o cargas externas (kilometrajes, número de lanzamientos, saltos, aceleraciones, etc. La carga externa, son medidas objetivas del trabajo realizado por el atleta durante el entrenamiento o la competición y se evalúan independientemente de la carga interna (Bourdon y col., 2017).

Esa carga externa está compuesta por cuatro variables fundamentales: volumen, frecuencia, intensidad y densidad. El volumen, relacionado directamente, cada día por más entrenadores, con el rendimiento, resulta muy fácil de cuantificar, por ejemplo, número de horas de entrenamiento en una sesión (Mujika, 2006). La frecuencia, variable también fácil de medir, hace referencia al número de veces que el deportista se entrena en un periodo determinado (Mujika, 2006). La intensidad, descrita por Mujika (2006) como la cantidad de energía gastada por minuto en una tarea determinada (kj/min), es más difícil de cuantificar, hasta ahora ha sido expresada en términos de velocidad, potencia, frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno, concentración de lactato sanguíneo, gasto energético o percepción subjetiva del esfuerzo. Por último, indicar también la influencia de la densidad, relación entre la duración del esfuerzo y de la pausa de recuperación (inter series-ejercicios, sesiones, microciclos...). La alteración de esta relación, ya sea alargando o acortando la pausa con relación a la duración del esfuerzo, puede cambiar la dirección del entrenamiento, y es que tanto la longitud de la pausa, como su carácter (activo o pasivo), influyen en el nivel de recuperación.

La manipulación de esos cuatro factores va a producir una serie de adaptaciones y respuestas en el atleta, denominada carga interna, y definida como “la respuesta biológica individual a la carga de entrenamiento y competición a la que es sometido el deportista” (Bourdon y col, 2017). Los métodos directos mediante el control de biomarcadores (concentración de lactato, niveles de Creatinquinasa, urea...) resultan invasivos y costosos, por lo que se utilizan métodos indirectos que son menos costosos y no invasivos, como la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la percepción del esfuerzo percibido (RPE), la capacidad de salto...

Para conseguir que esas adaptaciones fisiológicas beneficien el rendimiento deportivo es necesario una carga óptima, ya que un entrenamiento insuficiente puede aniquilar los beneficios del rendimiento, del mismo modo que una carga excesiva puede conducir a una sobrecarga de la capacidad del sistema y a un mayor riesgo de lesiones y enfermedades (Vanrenterghem y col., 2017). Si conseguimos un estímulo suficientemente intenso, llevará al atleta a una desadaptación del organismo (alteración de la homeostasis a nivel muscular, energético, metabólico) que provoca un nivel de fatiga aguda y una disminución temporal del rendimiento.

La fatiga resultante puede causar una adaptación positiva o una mejora en el rendimiento siempre que se permita una recuperación adecuada (Halsón y Jeukendrup, 2004), permitiendo que el cuerpo se readapte (estado funcional mejorado aumento de las reservas debido al estrés físico) y, por tanto, tener sucesivamente un retorno del nivel de rendimiento al estado de base y luego un fenómeno de supercompensación (Bompa, 2007). Esto nos muestra claramente que para progresar es necesario pasar por una fase de fatiga aguda y que la fatiga es un fenómeno fisiológico al que se enfrenta diariamente el atleta. Sin embargo, es indispensable hacer desaparecer la fatiga aguda gestionando la carga entrenamiento / recuperación. Esto permitirá acumular el efecto positivo de cada sesión de entrenamiento y aumentar su nivel de rendimiento, se trata del efecto acumulativo. Por el contrario, si se interrumpe el equilibrio entre el estrés de entrenamiento apropiado y la recuperación adecuada, una respuesta anormal al entrenamiento puede ocurrir y puede desarrollar un estado de sobreentrenamiento (Halsón

y Jeukendrup, 2004). El atleta verá su rendimiento disminuido, inhibiendo así todos los efectos positivos del entrenamiento. Síndrome de sobreentrenamiento no funcional, el atleta puede requerir de meses o posiblemente años para recuperarse completamente (Foster, 1998), aumentando el riesgo de lesión / enfermedad, llegando a una disminución del rendimiento durante largos periodos e incluso al abandono de la práctica deportiva.

- **¿Qué es la fatiga y como controlarla?**

Conocer el grado de fatiga que experimenta un deportista es fundamental de cara a organizar su entrenamiento y su recuperación, pero en ocasiones supone un proceso complicado por su naturaleza multifactorial (Halsón, 2014). Edwards (1981) define la fatiga como un fallo en el mantenimiento de la fuerza (o potencia) requerida o esperada.

Una de las formas de clasificar la fatiga es en aguda o crónica, y según aparezca en el momento del ejercicio o al acabar éste, también puede ser objetiva (medible: frecuencia cardíaca, por ejemplo) o subjetiva (descrita por el sujeto), y va a estar influenciada por el volumen, frecuencia, intensidad y densidad del ejercicio (Halsón, 2014).

A pesar de que actualmente no existe un marcador único de fatiga descrito en la literatura (Halsón, 2014), se utilizan distintos tipos que podemos clasificarlos en tres grandes grupos.

En primer lugar, marcadores biológicos-fisiológicos, que nos permiten evaluar el impacto que tiene el ejercicio físico sobre los diferentes órganos y tejidos, como: cortisol, testosterona, lactato, creatina fosfoquinasa, amoníaco, frecuencia cardíaca, presión arterial... La mayor parte de estos se miden en sangre, orina y saliva.

En segundo lugar, marcadores mecánicos, son evaluaciones de rendimiento físico que permiten analizar el impacto que tiene la carga de entrenamiento sobre el rendimiento del atleta. Por ejemplo, aumento del tiempo de sprint, movilizar un determinado peso, disminución de la velocidad de lanzamiento, disminución del ROM, disminución de la altura del salto, etc.

Gracias al avance en el campo tecnológico, cada vez existen más herramientas que nos ayudan a monitorizar este tipo de variables, como los sistemas de posicionamiento global (GPS, muy utilizados en el fútbol), acelerómetros, giroscopios, plataformas de contacto... El mayor inconveniente de estas herramientas es su alto coste, ya que dificulta mucho la adquisición de estas herramientas por parte de equipos no profesionales (Tapia-López, 2017).

Por último, marcadores perceptivos o subjetivos, donde encontramos todas las escalas y cuestionarios que intentan evaluar cómo los individuos perciben determinados estados físicos y psicológicos, se puede cuantificar desde elementos como la energía, calidad del sueño, estado de ánimo (Profile of Moods, POMS), recuperación, estrés. (Recovery Stress Questionnaire, REST-Q, Total quality recovery TQR), (Escala de Borg, RPE). Incluso muchos deportes de equipo suelen adoptar cuestionarios personalizados para administrar diariamente a sus deportistas (Thorpe y col., 2017).

Este tipo de herramientas resultan de gran interés, ya que no son invasivas ni costosas y nos aportan información acerca de la fatiga psicológica y fisiológica experimentada por el deportista. A pesar de su gran utilidad, no están exentas de limitaciones, ya que resulta complejo reflejar una percepción mediante un número como pueda ser en el caso de la escala de Borg, requiriendo un aprendizaje previo. Además, en ocasiones el uso de cuestionarios demasiado extensos y precisos puede resultar aburrido y/o confuso para el deportista (Tapia-López, 2017).

- **Objetivo del estudio.**

Este estudio tiene como objetivo cuantificar la carga de entrenamiento para una jugadora de balonmano profesional de cara a preparar los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 y conocer su relación con el rendimiento en competición oficial.

Nos planteamos las siguientes hipótesis:

Esperamos que un descenso en la variabilidad de la frecuencia cardiaca se relacione con un descenso del rendimiento.

Creemos que un registro del salto CMJ y del equilibrio más elevado se relacionará con un mejor rendimiento en competición.

Por último, hipotetizamos que una percepción de la carga mayor (escala de Borg, índice de Hooper y Foster) se relacionará con un peor rendimiento.

2. METODOLOGIA

2.1. MUESTRA

Este estudio se realizó con una jugadora profesional de balonmano, jugadora de la Selección Española (132 internacionalidades absolutas) y de la liga profesional francesa (Ligue Butagaz Energie). Posee una experiencia en la práctica de balonmano federado de 17 años, y entrena de forma específica, al menos, 6- 7 sesiones por semana.

Se llevó a cabo una serie de mediciones durante 14 semanas de competición, en las cuales se disputaron un total 14 partidos de competición oficial con el equipo ESBF Besançon. De los 14 partidos disputados 11 de Liga regular, donde 6 fueron como visitante y 5 como local. Los 3 partidos restantes también con el equipo ESBF Besançon pero en este caso Copa de Francia, (de los 3 partidos, 2 como visitante y 1 local).

Antes de comenzar el estudio se informó a la participante de los objetivos y procedimientos diarios de realización, además de los beneficios y riesgos del estudio, aportando un consentimiento informado en el que se aceptaba el uso de los datos que se obtuvieran en el estudio. Se le pidió cumplimentar un historial clínico para registrar las lesiones previas y se le comunicó que debía abstenerse de consumir estimulantes (Cafeína) o depresores (Alcohol) durante la realización del estudio, ya que podía provocar alteraciones sobre las variables a registrar.

Previamente a iniciar la temporada, se llevó a cabo una batería de test y antropometría para conocer las características y el potencial físico de la jugadora.

Tabla 1. Características de la participante.

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS	01 / 07 / 2020
Edad (años)	28
Altura (cm)	186
Peso (kg)	73,8
IMC (kg/m ²)	21,3 Normopeso

Ratio cintura/cadera	0,79	
Suma de 6 pliegues (mm)	49	
Suma de 8 pliegues (mm)	59	
Composición Corporal	%	KG
% Masa Grasa (Yuhasz, 1974)	11,17	8,24
% Masa Grasa (Withers, 1987)	12,9	9,52
% Masa Muscular (Lee et al, 2000)	33,89	25,01
% Masa Ósea (Martin, 1991)	3,82	2,82

2.2. VARIABLES

- Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.

Medida indirecta, asequible, objetiva y no invasiva para controlar el estado del sistema nervioso autónomo y la aptitud cardiovascular (Schneider y col., 2018). Es el término utilizado para describir la oscilación en el intervalo entre latidos consecutivos del corazón, se evalúa comúnmente examinando los intervalos entre sucesivas ondas R (Halson y Jeukendrup, 2004). El desarrollo tecnológico y con él la aparición de aplicaciones en teléfonos inteligente, ha aumentado exponencialmente la forma de medir la VFC, de modo que ahora se puede registrar con precisión usando sólo un dispositivo Smartphone (Plews y col., 2017).

La VFC, como una medida indirecta de la homeostasis del sistema nervioso autónomo, tiene el potencial de indicar signos tempranos de sobrecarga de los tejidos somáticos antes de la aparición de dolor o lesión (Willians y col., 2017). Desequilibrios en el sistema nervioso simpático y parasimpático, pueden indicar que un atleta está en un estado de reparación y recuperación continua frente a otro que se está adaptando positivamente a la carga de entrenamiento (Willians y col., 2017).

Generalmente, una mayor heterogeneidad de la Frecuencia Cardíaca se asocia con una mayor Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, y se correlaciona con una mayor salud cardiovascular y recuperación, una persona saludable es más variable, capaz de responder más rápido.

Factores como el estrés, la temperatura, las enfermedades (principalmente cardiovasculares), posición del cuerpo, la ingesta de cafeína y/o alcohol, así como una mayor intensidad de la carga provoca una disminución de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, cuanto más constante es un sistema menos saludable.

- Salto con contramovimiento.

Durante décadas el salto con contramovimiento ha sido utilizado como test de valoración en el ámbito del rendimiento deportivo, para evaluar la potencia muscular de la capacidad de impulsión vertical (Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel y González-Badillo, 2011). Hoy en día, distintos estudios (Jiménez-Reyes y González-Badillo, 2011; Jiménez-Reyes y col., 2011) corroboran que el CMJ es un buen predictor del rendimiento, debe ser utilizado para el control y la dosificación de la carga, permite controlar la evolución del rendimiento a través de una prueba fácil y sin ninguna interferencia sobre el entrenamiento. Y es que, la pérdida de altura en el salto CMJ es una medida no invasiva, económica y fácil, que indica el grado de fatiga

neuromuscular, debido a las estrechas relaciones ($r > 0.90$) que dicha habilidad ha mostrado tener con los valores de lactato y amonio en sangre después de diversos esfuerzos, principales indicadores biológicos de la fatiga (Jiménez-Reyes y col., 2011; Gorostiaga y col., 2010).

- **Equilibrio.**

El equilibrio se define como la capacidad del cuerpo para permanecer estable con un mínimo balanceo y con el centro de gravedad sobre una base de apoyo. El equilibrio y la estabilidad postural dependen directamente de las capacidades funcionales, como la fuerza, la resistencia, la coordinación y la propiocepción del sistema musculoesquelético (Sampedro-Molinuevo, Meléndez Ortega y Ruiz Solano, 2010).

La edad, sexo, el nivel de actividad física y la fatiga, son factores que han demostrado científicamente que pueden influir en la estabilidad del equilibrio (García-López y Rodríguez-Marroyo, 2013).

Vuillerme y col. (2006) observaron un deterioro de la estabilidad tras un protocolo fatigante y todavía más preocupante si la fatiga iba acompañada de un requerimiento de atención durante la tarea, proponiendo para el control de la misma, ésta biometría dinámica y estática con ojos cerrados, ya que entienden que la información visual puede suplir la somatosensorial en condiciones de fatiga.

Durante años se ha incluido la valoración del equilibrio del cuerpo humano y su estabilidad dentro de las baterías de test de condición física y motricidad. Utilizándose actualmente también para el control de la fatiga (Vuillerme y col., 2006) y pudiendo resultar una medida útil para el control de la carga interna. Existen distintas herramientas de valoración de equilibrio estático y dinámico. En este estudio nos hemos decantado por la evaluación del equilibrio estático monopodal con ojos cerrados, como medida indirecta de la carga interna.

- **Percepción del esfuerzo**

La Escala de Borg es una herramienta válida y fiable que, mediante la escala de esfuerzo percibido (PSE) o Rate of Perceived Exertion (RPE), los atletas pueden monitorizar el estrés fisiológico que su cuerpo experimenta durante el ejercicio y así poder ajustar su intensidad de entrenamiento usando sus propias percepciones de esfuerzo (Halsón, 2014). En un principio se consideró útil para indicar un valor de carga interna fiable en pruebas aeróbicas, posteriormente Foster y col., (2001) comprobaron que la RPE era adecuada para el control de la intensidad en todo el espectro de esfuerzos y para valorar la sesión en su globalidad.

A pesar de su naturaleza subjetiva, supone una de las herramientas de control indirecta de la carga interna más extendida dentro del entrenamiento y de la competición de los deportes colectivos gracias a su fácil aplicación, disponibilidad y bajo coste. Está altamente correlacionada con otros métodos de valoración de carga interna, como el Vo_{2m} , el lactato en sangre y con otros métodos basados en FC (Halsón, 2014).

Será necesario un periodo de familiarización para aprender a usar la/s escala/s, aunque la escala CR-10 permite incorporar las propiedades de una escala de razón.

Un estudio llevado a cabo con un equipo de balonmano mostro que el PSE es un buen indicador de la carga de entrenamiento, considerándose, además, un procedimiento válido para comparar valores de la carga planificada por el equipo técnico con respecto a los valores reales de entrenamiento (Cuadrado-Reyes, Chiroso, Chiroso, Martín-Tamayo y Aguilar-Martínez, 2012). De esta manera se puede comprobar si lo planificado se ajusta con lo realizado, cuanto

mayor sea la correlación entre parámetros previstos y reales, podrá decirse que existe una aplicación correcta de las cargas de entrenamiento (Cuadrado-Reyes y col., 2012).

- **Índice de Hooper.**

El uso del índice de Hooper o escala de bienestar, permite determinar el nivel de adaptación del deportista a la carga de entrenamiento y detectar en caso de sobreentrenamiento. Hooper y Macknon (1995) consideran que el índice es una buena herramienta para predecir la falta de frescura y las variaciones de rendimiento en competición. El método de Hooper se basa en el análisis de 4 marcadores subjetivos: fatiga, estrés, rigidez y calidad del sueño. Para la evaluación del Índice de Hooper se utiliza una escala subjetiva (escalones de 1 a 7).

- **Rendimiento**

Según Krusinskiene y Skarbalius (2002) el análisis de la actividad competitiva es de especial importancia en los deportes de equipo como el balonmano. El éxito va estar determinado por el rendimiento técnico individual y táctico del equipo. Hasta el momento, el método más utilizado para estudiar y analizar la acción real de juego en balonmano ha sido la observación directa en tiempo real o visionado de video, ya que es un modelo de análisis que ayuda a percibir y a estudiar mejor las relaciones que tienen lugar en el terreno de juego. Permitiendo individualizar, de forma que cada profesional lo adapte buscando operatividad y/o para que la recogida de datos pueda realizarse lo más rápido posible (Tapia- López, 2017). Por ello esta variable va a ser analizada mediante tablas de rendimiento creadas por el cuerpo técnico para el control de dicho rendimiento.

2.3. INSTRUMENTAL

- **HRV4TRAINING**

De los diferentes parámetros de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, el cuadrado medio de la raíz de los sucesivos intervalos RR (RMSSD) se considera el índice preferido para la monitorización deportiva ya que parece no estar influido por la frecuencia respiratoria y es relativamente fácil de calcular e interpretar (Plews y col., 2013).

Para registrar el índice rMSSD de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca se utilizó la Aplicación HRV4Training validada (Altini y Amft, 2016).

Se decantó por esta aplicación por la validez de la fotopleitismografía de teléfonos inteligentes en comparación con otros dispositivos de medición como Polar H7 o ECG, además de su fácil uso, ya que no se requiere de ningún aparato adicional que no sea un dispositivo Smartphone (Plews y col., 2017; Williams y col., 2017).

La fotopleitismografía es un avance tecnológico que permite medir la variabilidad de la frecuencia cardíaca simplemente con un dispositivo Smartphone, mediante reflexión a través de la iluminación de la piel mediante un LED (por ejemplo, el flash del Smartphone) y la detección de la cantidad de luz reflejada por un fotodetector o una cámara situada junto a la fuente de luz (Plews y col., 2017).

- **MYJUMP**

Para evaluar la capacidad de salto se utilizó la aplicación MyJump, por su validez (Gallardo-Fuentes y col., 2016), nos permite medir de forma sencilla y fiable el salto con contramovimiento.

Como los mejores resultados se obtienen con dispositivos con cámara lenta, se utilizó el iPhone 10. El registro se efectuó, grabando los pies desde el frente con la aplicación y seleccionando las imágenes del despegue y el aterrizaje del salto, así automáticamente (mediante algoritmos) se calcula la altura del salto vertical (a partir del tiempo de vuelo), además de los niveles de fuerza, potencia y velocidad. También incluye variables como el tiempo de contacto, el stiffness o el índice de fuerza reactivo.

- **OPTITRAINER**

Se utilizó la aplicación Optitrainer como herramienta para el control y monitorización de la carga de entrenamiento percibida por nuestra deportista. Combinando dos métodos, la Escala de Esfuerzo Percibido (PSE) de Foster (1995), y el Índice de Hooper.

Método RPE (Rating of Perceived Exertion) de Foster (1995). Este método utiliza la escala de percepción de la fatiga CR10 de Borg (1982). La carga de entrenamiento se determina gracias a la duración del ejercicio y a la puntuación obtenida en la RPE (incluye 10 puntos). La escala mide la dificultad de la sesión, de 1 para un esfuerzo muy fácil o reposo, hasta 10 para un esfuerzo de una dificultad máxima. El deportista debe evaluar la RPE dentro de los 30 minutos siguientes al final de la sesión. Hay que señalar que la percepción individual está influida por un gran número de factores (condiciones ambientales, nivel de fatiga, personalidad, concentración hormonal, etc.).

En el caso de entrenamientos de fuerza, la evaluación de la carga se hará teniendo en cuenta el número de repeticiones y el RPE (atención, la RPE es más sensible a un aumento de la intensidad que del volumen, es dependiente de los grupos musculares trabajados e influenciada por muchos otros parámetros como el nivel de experiencia, el modo de contracción o el movimiento). Es importante tener en cuenta que el estado de bienestar del deportista en reposo y la percepción de la dificultad del esfuerzo (Escala de Borg) se degradan en un deportista sobreentrenado.

El método RPE permite determinar el indicador de monotonía (evaluación de la variabilidad del entrenamiento), el indicador de tensión (o de carga efectiva; indicador relativo a las adaptaciones negativas y al sobreentrenamiento) y el indicador de aptitud (evaluación de la capacidad de rendimiento temporal del deportista). Si el nivel de monotonía es superior a 2 y/o la carga efectiva semanal superior a 6000 UA, existe riesgo de sobreentrenamiento. Si supera los 2,5 y/o 10.000 UA entonces existe riesgo de lesión o enfermedad.

- **Índice de Hooper.**

Tras cada sesión de entrenamiento el deportista valora de 1 a 7 los cuatro ítems, donde 1 corresponde con muy, muy bajo (muy, muy bueno en el caso del sueño) y el 7 corresponde con muy muy alto (muy, muy malo en el caso del sueño). Los ítems que valora son: cómo ha sido el sueño de la noche anterior, qué nivel de stress presenta, cuál es el nivel de fatiga general que presenta y, por último, si tiene algún dolor muscular local y nivel de éste (este dolor se refiere a una zona localizada del cuerpo y no a una posible fatiga general que se valora en su ítem correspondiente).

Cuanto más alto es el Índice de Hooper, más bajo es su nivel de forma. La aplicación dispone de un histograma y una curva de tendencia a 6 días.

2.4. PROCEDIMIENTO

La **Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca** se registró siguiendo las recomendaciones de la aplicación HRV4Training. Se estableció una rutina, para en la medida de lo posible reproducir el registro bajo las mismas condiciones.

Diariamente a primera hora de la mañana, inmediatamente tras despertar, ya que así el sujeto se encontraba en un estado fisiológico relajado y de esta manera se limitaba la influencia de factores estresantes externos. El registro se llevó a cabo en una habitación oscura donde el sujeto se colocaba en posición decúbito supino, brazos extendidos a lo largo del cuerpo, ojos cerrados, respiración relajada. Colocando el dedo índice de la mano derecha sobre la cámara y flash al mismo tiempo, ejerciendo una ligera presión. Se le recomendó no moverse, no tragar (de ser así, cancelar la medición y repetir, ya que tragar causa taquicardia durante unos segundos y por lo tanto influye en el ritmo cardíaco), no bostezar.

El registro tenía una duración de un minuto.

La **Capacidad de salto y la estabilidad** se evaluaron una vez por semana, el mismo día, a principio de semana (generalmente los lunes por la mañana), lo más alejado posible de la competición. Siguiendo el siguiente protocolo. Previo al entrenamiento, tras un calentamiento estandarizado, que consistió en: 8 minutos de trabajo cardiovascular, carrera en la que se incluía desplazamientos como, skipping, talones al glúteo, desplazamiento lateral, carrera de espaldas. Seguido de cinco minutos de movilidad articular (tobillo, rodillas y cadera) y con algunos ejercicios de activación muscular como sentadillas, zancadas, saltos verticales como medida de calentamiento específica para el test.

Una vez finalizada la rutina de calentamiento empezábamos con el *test de equilibrio monopodal estático*, el único material necesario para el registro era un cronometro. Sujeto descalzo, podía mantener los calcetines puestos. Debía doblar una pierna sobre la otra, a la altura de la rodilla y colocar las manos en la cintura. Una vez adoptada la posición monopodal, el sujeto cerraba los ojos y el cronometro se ponía en marcha. El sujeto debía mantener el equilibrio el máximo tiempo posible. El cronometro se detenía tan pronto como el sujeto perdía el equilibrio, es decir, si movía el pie de apoyo o el pie libre dejaba de estar en contacto con la rodilla. Sí se permitían oscilaciones para corregir la posición de la parte superior del cuerpo, pelvis u hombros. Se realizaron primero los tres intentos con una extremidad y luego se realizaron con la otra extremidad, utilizándose el mejor valor de las tres repeticiones para el análisis posterior, en segundos.

Una vez finalizado el test de equilibrio monopodal estático, se pasaba a registrar la capacidad de salto con la aplicación myjump, a través del *salto con contramovimiento (CMJ)*. Grabamos con el teléfono móvil los pies desde el frente. Sujeto en posición de bipedestación, pies paralelos y separados, aproximadamente a la anchura de las caderas, con las plantas totalmente en contacto con el suelo. No se permitía la ayuda de brazos, por lo que las manos debían quedarse fijas, pegadas a las caderas. El tronco debía estar próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Tras mantener la posición inicial 2-3 segundos, el sujeto descendía hasta alcanzar una posición próxima a la media sentadilla, con un ángulo de flexión de las rodillas próximo a 90°, y sin parar saltaba lo más alto posible utilizando la elasticidad muscular, manteniendo la verticalidad del tronco. Las piernas debían permanecer rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se podían flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90° en las rodillas. Se realizaron tres saltos, separados por un minuto de descanso aproximadamente. Se eliminaron los dos peores valores y solo se registraba el mejor. Se analizó la altura del salto en centímetros, y la potencia en vatios.

Tras cada sesión de entrenamiento o competición, la deportista rellenaba la aplicación **Optitrainer** (índice de Hooper y de Foster), se le recomendó hacerlo 30 minutos tras haber finalizado la sesión. No se llevó a cabo un periodo de familiarización previo, que suele ser lo habitual, ya que el sujeto había trabajado durante las temporadas anteriores con esta herramienta.

Para valorar el **rendimiento** de nuestra jugadora nos apoyamos en el análisis de video, la entrenadora tras cada partido sacaba las estadísticas individuales de cada jugadora, así como del equipo en su conjunto siguiendo su propio criterio de valoración del rendimiento. En él analizaba las siguientes variables: Positivas; goles, asistencias, penaltis obtenidos, dos minutos obtenidos, blocajes y recuperaciones de balón. Negativas; lanzamientos herrados, pérdidas de balón, penaltis concedidos y dos minutos concedidos. Obteniendo una puntuación total tras cada partido.

Esto nos facilitó la recogida de datos, ya que pudimos obtenerla por medio de un agente externo, el análisis de video, primando así la objetividad.

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Antes de pasar al análisis estadístico, exportamos la serie temporal de datos de todas las variables registradas durante las 14 semanas a un archivo Excel.

Para la variable salto y equilibrio, seleccionamos el mejor valor registrado al inicio de cada semana de competición.

En cuanto al índice de Hooper que fue registrado diariamente tras cada sesión de entrenamiento a través de la aplicación Optitrainer, calculamos la media semanal, es decir, de los 6 días previos al partido más del día de partido.

Para la variable RPE de la sesión de Foster, que también fue registrada diariamente tras cada sesión de entrenamiento por medio de la aplicación Optitrainer, realizamos un sumatorio de la carga registrada durante cada semana de competición.

Para la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, agrupamos la Frecuencia Cardíaca (en pulsaciones por minuto) y el rmssD en día de partido, post partido, y días previos al partido, que podía haber uno, dos, tres, cuatro o cinco días.

Por último, el rendimiento lo dividimos en tres grupos: positivo, todas las acciones que sumaban en cada partido; negativo, todos los errores cometidos en cada partido; y total, la diferencia entre los aciertos y errores.

Una vez estructurados los datos, llevamos a cabo dos tipos de análisis.

El primer análisis estadístico utilizado fue estimar los coeficientes de correlación bivariado de Pearson entre los valores de salto, equilibrio, índice de Hooper, método RPE de la sesión de Foster y Variabilidad de Frecuencia Cardíaca, con las puntuaciones obtenidas en el rendimiento para validar dichas variables como posibles predictores del rendimiento.

El segundo tipo de análisis que realizamos fue una prueba T. Para ello clasificamos los partidos en buenos y malos. Buenos, aquellos en los que el rendimiento total hubiera sido de 8 puntos o superior, y malos en los que la puntuación total hubiera estado por debajo de 5, discriminando los partidos con una puntuación mediocre de 5,667 puntos. De esta manera se compararon un total de cinco partidos buenos y cuatro partidos malos de los catorce disputados. En todos los casos en que se estableció una relación entre variables o se contrastaron las

diferencias entre medias se consideraron significativas si la probabilidad de error era igual o menor que 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS.

Por un lado, los resultados de los coeficientes de correlación mostraron que el salto era la variable que parecía relacionarse mejor con el rendimiento, $p = 0.094$ $r = 0.464$, mostrando una correlación cercana a la significatividad y con un coeficiente de correlación moderado.

Por otro lado, los resultados de la prueba T, nos permitieron extraer tres ideas fundamentales.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes en función del rendimiento en los partidos. A= Alto rendimiento; B= Bajo rendimiento.

	Rendimiento	N	p	Media	Desv. Desviación
Salto (CMJ)	Alto	5	0.022	32,91	3,59
	Bajo	4		30,97	1,58
equiD	Alto	5	0.983	21,00	6,86
	Bajo	4		24,25	5,68
equiND	Alto	5	0.729	40,60	18,81
	Bajo	4		52,50	18,48
Hooper	Alto	5	0.085	12,46	0,82
	Bajo	4		13,72	2,05
Foster	Alto	5	0.074	4.92	0.68
	Bajo	4		5.30	0.51
rmssD partido	Alto	5	0.066	18,02	4,80
	Bajo	4		15,02	1,997
rmssD post partido	Alto	5	0.488	14,36	6,84
	Bajo	4		13,70	4,19

La primera, al igual que había mostrado el coeficiente de correlación de Pearson, parecía que los partidos de mejor rendimiento estaban precedidos por un registro de salto mayor, que los partidos con un rendimiento inferior.

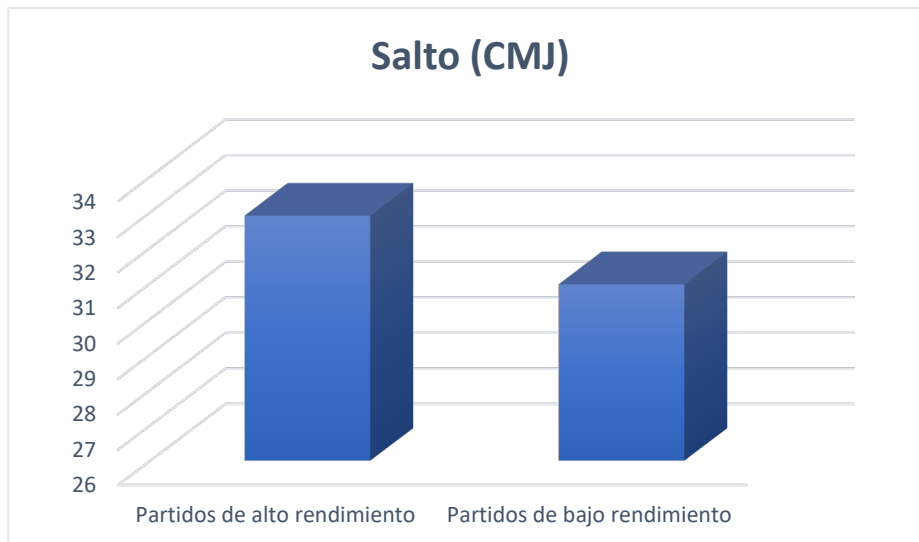


Figura 1. Valores de salto de la semana con alto y bajo rendimiento.

Por otro lado, no se observó una relación significativa, pero sí una tendencia importante, cerca de 0.5, que consideramos interesante destacar, entre el Índice de Hooper y de Foster y el rendimiento. Observamos que ante un índice de Hooper semanal más bajo la deportista mostraba un mejor rendimiento el día de partido. Es decir, cuando la jugadora percibía menor fatiga, estrés, rigidez y mejor calidad del sueño durante la semana era capaz de rendir mejor en el partido. Y lo mismo ocurría con la escala de esfuerzo percibido de Foster, se observó cierta tendencia a un mayor RPE en las semanas de peor rendimiento (5.30 ± 0.51) frente a las semanas con un mejor rendimiento y menor percepción de esfuerzo (4.92 ± 0.68).



Figura 2. Valores del Índice de Hooper de la semana con alto y bajo rendimiento.

Por último, otra variable que está cerca de la significación y que consideramos interesante destacar, es la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, concretamente el rmssD del día de partido. Los partidos con un mejor rendimiento, muestran una mayor variabilidad frente a los partidos de un rendimiento inferior.



Figura 3. Valores del rmssD pre-partido con alto y bajo rendimiento.

4. DISCUSION

El objetivo principal de este estudio era comprobar si las variables propuestas pueden ser utilizadas como instrumento de apoyo en el control de la carga de entrenamiento y como un predictor útil del rendimiento de la jugadora de balonmano.

El principal hallazgo de nuestro estudio fue el salto CMJ como una variable útil para el control de la carga y la predicción del rendimiento. Pese a que la correlación fue moderada, todo parece indicar que aquellas semanas en las que la deportista registraba unos valores de salto más altos, por tanto, una mayor capacidad mecánica, en el partido rendía mejor. Mientras que cuando registraba unos valores de salto CMJ inferiores coincidía con un peor rendimiento en el partido.

Resultados similares se obtuvieron en estudios con velocistas (Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñañiel y González-Badillo, 2011; Jiménez-Reyes y González-Badillo, 2011) en los que se determinó que las pérdidas en la altura del salto CMJ se podían considerar como un buen indicador de la fatiga por depender muy directamente de factores neurales. En esta misma línea, otro estudio similar con corredores de 400 metros (Gorostiaga y col., 2010) relacionó el descenso del rendimiento en el salto vertical con un incremento en la concentración de amonio en sangre y un aumento del lactato. Concluyendo que controlando el CMJ se podía estimar el estrés metabólico al que se sometía al deportista durante el esfuerzo. Estos estudios corroboraron el CMJ como un buen predictor del rendimiento.

Por otra parte, se observó que cuando la atleta tenía una percepción de la carga semanal más elevada, cuantificada a través de la aplicación Optitrainer, su rendimiento era inferior, contrariamente, las semanas en las que la percepción de la carga era inferior su rendimiento en el partido era mejor. Señalar que la aplicación Optitrainer registra la percepción de la carga en función de diferentes ítems y no se podría concluir cuál es más responsable de dicho estado (calidad del sueño, estrés, fatiga, rigidez, etc.).

Consideramos que esta variable subjetiva puede ser útil como instrumento de apoyo y cuantificación de la carga óptima de entrenamiento y predicción del rendimiento en deportes de equipo como el balonmano. Apoyando los hallazgos de Hooper y Macknnon (1995) de

considerar el índice como una buena herramienta para predecir la falta de frescura y las variaciones de rendimiento en competición.

Por último, destacar la tendencia entre la variabilidad de la frecuencia cardiaca (rmssD) el día de partido y el rendimiento. Cómo aquellos partidos en los que la jugadora rendía a un nivel más elevado, coincidían con días en los que la VFC era mayor, mientras que sus peores partidos, coincidieron con un registro de VFC más bajos.

Generalmente se ha asociado el sobreentrenamiento no funcional y/o la adaptación negativa al entrenamiento, a reducciones en los índices de VFC, mientras que el aumento de la aptitud y el rendimiento, se cree que están asociados con aumentos de los índices vagales de VFC (Schneider y col., 2018). Williams y col., (2017) fueron un poco más allá, asociando una reducción de la VFC junto con un aumento de la carga de entrenamiento a una mayor probabilidad de sufrir una lesión.

Considerándose la VFC en reposo como un indicador de la actividad parasimpática cardiaca que podría utilizarse para controlar tanto las adaptaciones al entrenamiento agudas como crónicas. Y con potencial para ayudar en la detección y prevención de lesiones por uso excesivo en atletas.

Sin embargo, Plew y col., (2013) observaron resultados ambiguos cuando los estudios se llevaron a cabo exclusivamente con atletas de élite (signos de adaptación positiva con disminuciones atípicas de la VFC). Aunque sí asociaron “el efecto rebote” de la VFC (ante una carga intensa los índices vagales de VFC disminuyen agudamente, pero son capaces de recuperarse a un nivel superior y previo a competición, si se ha recudido la carga) con un mejor rendimiento.

Los resultados obtenidos en el presente estudio tenemos que interpretarlos teniendo en cuenta que el rendimiento fue valorado en función del criterio personal de la entrenadora del equipo ESBF Besançon. Un criterio que no tiene una escala determinada (por ejemplo, de 0 a 10 puntos) sino que la puntuación puede ser infinita tanto positiva como negativamente. Con lo que, si nos hubiéramos basado en otro criterio de valoración del rendimiento, seguramente los resultados hubieran sido diferentes.

5. LIMITACIONES

Tuvimos ciertos inconvenientes en la realización del estudio. El primero de ellos fue dificultad en el registro de las variables para controlar la carga interna y externa. La temporada 2020/2021 se ha visto afectada por la pandemia de la covid-19, fundamentalmente el inicio de la temporada de la Ligue Butagaz Energie fue complicado. Por un lado, modificaciones constantes en la planificación de entrenamientos y competiciones, aplazamiento de partidos, aislamientos por casos covid o contacto; y, por otro lado, nuestra deportista estuvo de baja un par de semanas al inicio de la temporada por una lesión muscular en el recto femoral y posteriormente un mes al contagiarse de covid-19, lo que en ambos casos paralizó el registro y la competición. Además, la celebración del Campeonato de Europa que tuvo lugar en diciembre, lo que supuso un parón de todas las ligas nacionales durante mes y medio.

Todo ello provocó falta de ritmo y continuidad en el estudio, y las 14 semanas de registro se extendieron en el tiempo durante seis meses, de septiembre a febrero.

Otra clara limitación del presente estudio fue que se trata de un estudio de caso único, donde las conclusiones se restringen a la jugadora que se pudo evaluar durante el presente trabajo. Futuros trabajos con una muestra más amplia permitirán generalizar o no estos resultados.

Por otro lado, nos resultó difícil encontrar bibliografía científica sobre el control de la carga de entrenamiento en un deporte como el balonmano. La mayor parte de la bibliografía se

centraba en deportes más profesionales como el fútbol, el baloncesto o el fútbol americano, donde es habitual el control de la carga a la que es sometido el deportista mediante este tipo de variables, o en deportes individuales, como atletismo o ciclismo.

6. CONCLUSIONES.

Tras la realización del estudio podemos concluir que el salto CMJ es una variable interesante a registrar de forma continua durante la temporada, por su fácil uso y porque ha mostrado ser una medida válida en el control de la carga, así como en la predicción del rendimiento, pudiendo orientar al cuerpo técnico sobre el estado actual de la jugadora.

Otra herramienta útil resultó ser la aplicación Optitrainer, a través del índice de Hooper y de Foster, permitió recopilar información valiosa sobre el estado de forma de la atleta; cómo se encontraba, no sólo deportivamente, sino a nivel psicológico, si estaba cansada o si tenía algún problema personal, ayudando con ello a entender mejor su rendimiento. Interesante mantener su uso en el futuro.

Es evidente que las respuestas a la VFC son individuales y dependen del nivel de aptitud y del historial de entrenamiento (Plews y col., 2013). Pero consideramos que monitorear las tendencias de la VFC proporciona información útil sobre el estado de la atleta y su adaptación a la carga.

Además, nuestro estudio apoya el uso de la tecnología de teléfonos inteligentes, a través de la fotopletiografía, para la grabación de VFC. Debido al ruido relativo de las grabaciones de VFC, los registros diarios son necesarios para producir promedios que reflejen con precisión el estado fisiológico de la atleta (Plews y col., 2013). Dada la facilidad de registro y validez de la VFC registrada a través de PPG (Plews y col., 2017) este método representa una solución viable para los profesionales con el objetivo de evaluar la VFC en los atletas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Altini, M., y Amft, O. (2016). HRV4Training: Large-Scale Longitudinal Training Load Analysis in Unconstrained Free-Living Setting Using a Smartphone Application. Annual International Conference of the IEE Engineering in Medicine Biology Society (EMBC). DOI:10.1109/EMBC.2016.7591265.
- Bompa, O. (2007). Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento. T.G. Soler, S.A.- Enric Morera, 15-08950 Esplugues de Llobregat (Barcelona).
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381.
- Borresen, J., y Lambert, M.I. (2008). Quantifying Training Load: A Comparison of Subjective and Objective Methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Bourdon, P., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. y col. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (Suppl 2), S2-161-S2-170.

- Buchheit, M. (2003). Réflexion sur l'évaluation de qualités physiques et le suivi des sportifs dans les structures de haut niveau : Bilans médicaux, épreuves d'efforts en laboratoire et tests de terrain, l'exemple du Handball, 21 p.
- Cuadrado-Reyes, J., Chiroso, L. J., Chiroso, I. J., Martín-Tamayo, I. y Aguilar-Martínez, D. (2012). La percepción subjetiva del esfuerzo para el control de la carga de entrenamiento en una temporada en un equipo de balonmano. *Revista de Psicología del Deporte*, 21, 331–339.
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30:1164-8.
- Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., y col. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (1): 109-15.
- Foster, C, Rodriguez-Marroyo, J.A., y Koning, J. (2017). Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Gallardo- Fuentes, F., Gallardo-Fuentes, J., Ramirez-Campillo, R., Balsobre-Fernández, C., y col. (2016). Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, volume 30, Number 7. 30(7)/2049-2056.
- García-López, J., y Rodríguez-Marroyo, J.A. (2013). Capítulo 5: Equilibrio y estabilidad del cuerpo humano. En Pérez-Soriano P, Llana Belloch (eds). *Biomecánica básica: aplicada a la actividad física y al deporte*. Ed. Paidotribo, Barcelona 99-129. ISBN: 978-84-9910-180-4.
- Gorostiaga, E.M., Asiain, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R., Alonso, J.M., y Ibáñez, J. (2010). Vertical Jump Performance and Blood Ammonia and Lactate Levels During Typical Training Sessions in Elite 400 m Runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4):1138-49.
- Halson, S.L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44 (Suppl 2): 139-147.
- Halson, S.L., y Jeukendrup, A.E. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Medicine*, 34(14):967-81. Doi: 10.2165/00007256-200434140-00003.
- Hooper, S. L., y Mackinnon, L.T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Sports Medicine*. 20 321–327. 10.2165/00007256-199520050-00003.
- Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., y 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.
- Jiménez-Reyes, P., y González- Badillo, J.J. (2011). Control de la carga de entrenamiento a través del CMJ en pruebas de velocidad y saltos para optimizar el rendimiento deportivo en atletismo. *Cultura Ciencia Deporte*, volumen 6, pág. 207-217.

- Krusinskiene, R., y Skarbalius, A. (2002). Handball match analysis: computerized notation system. *Ugdymas, KunoKultura, sportas*, 3(44), 23-33.
- Mangematin, X., y Babault, N. (2012). L'analyse des efforts en Handball, Centre d'Expertise de la Performance G. Cometti, Faculté des sciences du sport, Université de Dijon, France.
- Sampedro-Molinuevo, J., Meléndez-Ortega, A., y Ruiz-Solano, P. (2010). Comparative analysis of the relation between the number of falls annually and a battery of static balance and agility tests in elderly subjects. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, nº17, pp.115-117.
- Mujika, I. (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *Kronos: la revista científica de actividad física y deporte*, vol. V, nº 10. Julio/Dic.
- Mujika, I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2017, 12, S2-9 -S2-17.
- Plews, D.J., Altini, M., Scott, B., y Wood, M.R. (2017). Comparison of Heart Rate Variability Recording with Smart Phone Photoplethysmographic, Polar H7 Chest Strap and Electrocardiogram Methods. *International journal of sports physiology and performance*.
- Plews, D.J., Laursen, P.B., Stanley, J., Kilding, A.E., y Buchheit, M. (2013). Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Medicine* 43, 773-781.
- Póvoas, S., Seabra, A., Ascensao, A., Magalhaes, J., Soares, J., y Revelo, A. (2012). Physical and Physiological Demands of Elite Team Handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11p.
- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhoe, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., y Ferrauti, A. (2018). Heart Rate Monitoring in Team Sports- A Conceptual Framework for Contextualizing Heart Rate Measures for Training and Recovery Prescription. *Frontiers in Physiology*, 9:639. doi: 10.3389/fphys.2018.00639.
- Tapia-López, A. (2017). Propuesta de control de la carga de entrenamiento y la fatiga en equipos sin medios económicos. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 417, 55-69.
- Thorpe, R.T., Atkinson, G., Drust, B., y Gregson, W. (2017). Monitoring Fatigue Status in Elite Team- Sports Athletes: Implications for Practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, (Suppl 2): S227-S234. doi: 10.1123/ijsp.2016-0434.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N.J., y Robinson, M.A. (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation. *Sports Medicine*. Doi: 10.1007/s40279-017-0714-2.

- Vuillerme, N., Burdet, C., Isableu, B., y Demetz, S. (2006). The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. *Gait and Posture*, 24(2) 169-72.
- Williams, S., Booton, T., Watson, M., Rowland, D., y Altini, M. (2017). Heart Rate Variability is a Moderating Factor in the Workload- Injury Relationship of Competitive CrossFit™ Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine* 16, 443-449.

