#5 Discusión



"Todos somos genios, pero si juzgas a un pez por su habilidad para trepar árboles, vivirá toda su vida pensando que es un inútil"

Albert Einstein

5. Discusión

En la Figura 19 se muestran las aportaciones, en forma de artículos científicos, de la presente Tesis Doctoral al análisis de las demandas físicas durante competiciones oficiales de balonmano femenino.

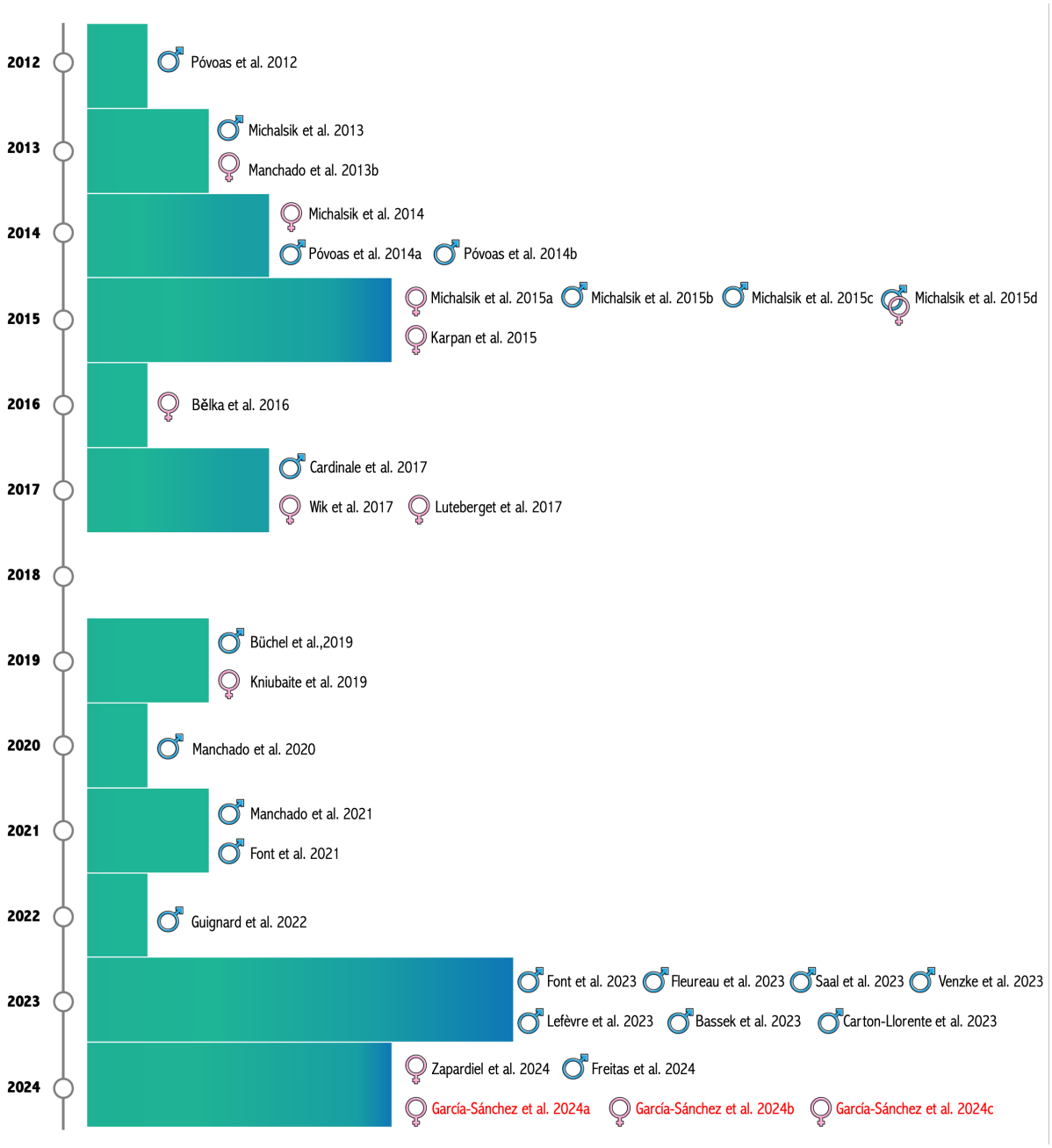


Figura 19. Aportaciones de la tesis doctoral al análisis de las demandas físicas.

El objetivo general de la presente Tesis Doctoral ha sido analizar las demandas físicas durante competiciones oficiales en balonmano femenino. Además, los objetivos específicos planteados pretendían: (1) sintetizar la evidencia científica existente sobre demandas físicas durante competición oficial en balonmano en función del género, el nivel competitivo y la posición de juego, (2) analizar y comparar las demandas físicas según la posición de juego en balonmano femenino, (3) explorar y comparar el impacto de los factores contextuales en las demandas físicas en balonmano femenino, (4) analizar las fluctuaciones del rendimiento físico a lo largo del partido en balonmano femenino e investigar si las fluctuaciones del rendimiento físico se ven afectadas por factores contextuales.

En los siguientes apartados se presentan los diferentes resultados en base a los objetivos previamente planteados y de esta manera se discuten los hallazgos relacionados con las diferencias encontradas según el género, el nivel competitivo y el puesto específico. Además, se discute la influencia de los factores contextuales (mitades del partido, marcador, nivel del oponente y rol de la jugadora). Por último, se muestran los hallazgos más importantes en relación con las fluctuaciones del rendimiento físico a lo largo del partido.

5.1. Diferencias en función del género

En el Estudio 1 (García-Sánchez, C., Navarro, R. M., Karcher, C., de la Rubia, A., 2023) encontramos varios hallazgos que pueden ayudar a obtener una mejor compresión sobre las diferencias en las demandas físicas entre competiciones masculinas y femeninas. En concreto, observamos que la distancia total recorrida fue moderadamente mayor en las competiciones femeninas (4549,1 ± 758,6 m) en comparación con las masculinas (3332,6 ± 1257,7 m). Nuestra hipótesis es que este resultado podría explicarse por dos razones: (i) la mayor parte de los estudios en competición femenina se desarrollaron con análisis de tiempo-movimiento, que tiene menor precisión que el LPS (Luteberget & Spencer, 2017); (ii) los resultados del estudio de Bělka et al. (2016) están muy por encima de la media del resto de investigaciones, esto puede deberse a que la muestra está compuesta por jugadoras jóvenes y quizás el ritmo de juego de su competición sea más alto debido a un mayor número de faltas técnicas (Þorgeirsson et al., 2022). Por el contrario, en cuanto a los desplazamientos a alta velocidad y sprint, encontramos que los jugadores

masculinos recorren distancias mayores a altas velocidades (carrera de alta intensidad y sprint) que las jugadoras, pero las jugadoras recorren más distancia a bajas velocidades (caminando y trotando) (Michalsik et al., 2013; 2014). Esta diferencia podría explicarse por un mayor promedio de contraataques registrados durante competiciones masculinas (6,9 ± 3,3) en comparación con los registrados en competiciones femeninas (5,2 ± 2,8) (Michalsik et al., 2015a; 2015b). En la misma línea, Þorgeirsson et al. (2022) encontraron un mayor número de lanzamientos de contraataque en el balonmano masculino en comparación con el femenino. Este hecho podría indicar que los jugadores masculinos necesitan más entrenamiento de resistencia para repetir acciones de alta intensidad durante todo el partido. Sin embargo, esta información debe interpretarse con cautela porque la distancia recorrida por minuto fue ampliamente mayor en las competiciones femeninas (110,5 ± 7,2 $m \cdot min^{-1}$) (Bělka et al., 2016) en comparación con las masculinas (78,4 ± 19,7 $m \cdot min^{-1}$) (Cardinale et al., 2017; Font et al., 2021; Manchado et al., 2020; 2021). Por último, en relación con la carga interna, algunos autores confirmaron que las jugadoras registran una frecuencia cardíaca media más alta durante el partido en comparación con los jugadores (Bělka et al., 2016; Póvoas et al., 2014a).

5.2. Diferencias en función del nivel competitivo

En el Estudio 1 descubrimos varios resultados relevantes sobre las diferencias en las demandas físicas entre competiciones de distinto nivel. Concretamente, observamos que la distancia total recorrida fue mayor en las competiciones nacionales (4506,7±647,9 m) que en las internacionales (2190,3±1950,5 m). Estos resultados pueden indicar un mayor uso de las rotaciones y, por tanto, un menor tiempo de juego en los jugadores de las selecciones nacionales, ya que este tipo de competición tiene una alta densidad de partidos en un periodo de tiempo relativamente corto (Cardinale et al., 2017). Por el contrario, la distancia recorrida por minuto no presentó ninguna diferencia significativa entre los niveles internacional o nacional cuando se tienen en cuenta tanto las competiciones masculinas como lasa femeninas. Sin embargo, si consideramos únicamente las competiciones masculinas si encontramos diferencias los niveles internacional y nacional. Más específicamente, las competiciones internacionales masculinas presentaron una distancia recorrida por minuto más elevada (84,1 ± 23,3 $m \cdot min^{-1}$) (Cardinale et al., 2017; Manchado et al., 2020; 2021) que las competiciones

nacionales masculinas (61,3 ± 9,1 m·min^{-1}) (Font et al., 2021). Esta diferencia podría explicarse por la mayor intensidad y velocidad del juego en las competiciones internacionales.

5.3. Diferencias según el puesto específico

Distancia total y distancia por minuto

En el estudio 1 observamos que los extremos y los primeras líneas recorrieron mayor TDC que los pivotes, tanto en estudios realizados con tecnología TMA (Bělka et al., 2016; Cardinale et al., 2017; Michalsik et al., 2013; 2014; Póvoas et al., 2014a) como LPS (Font et al., 2021; Manchado et al., 2020; 2021). En relación con la TDC/min, encontramos pequeñas diferencias entre las diferentes posiciones de juego. Por ejemplo, Font et al. (2021) y Bělka et al. (2016) reportaron una mayor distancia por minuto para los extremos (64,5 ± 10,4 m·min^{-1} y 115,3 ± 6,2 m·min^{-1}, respectivamente) y los laterales (61,9 ± 8,7 m·min^{-1} y 119,4 ± 6,1 m·min^{-1}, respectivamente) en comparación con los pivotes (56,5 ± 6,6 m·min^{-1} y 105,6 ± 8,1 m·min^{-1}, respectivamente). Del mismo modo, Cardinale et al. (2017) encontraron mayor distancia por minuto para los centrales (82,1 ± 11,8 m·min^{-1}) y los extremos (79,7 ± 9,7 m·min^{-1}) en comparación con los laterales (77,9 ± 10,7 m·min^{-1}) y los pivotes (74,0 ± 9,8 m·min^{-1}). Por otro lado, Manchado et al. (2021) encontraron una mayor TDC/min para los centrales (98,34 ± 36,11 m·min^{-1}) y los pivotes (91,17 ± 42,67 m·min^{-1}) en comparación con los laterales (88,7 ± 32,8 m·min^{-1}) y los extremos (85,1 ± 32,9 m·min^{-1}).

En línea con lo anteriormente mencionado, en el Estudio 2 (García-Sánchez, C., Karcher, C., Navarro, R.M., Nieto-Acevedo, R., Cañadas-García, E., de la Rubia, A., 2024) encontramos que las extremos registraron los mayores valores de TDC y TDC/min, mientras que las pivotes mostraron los valores más bajos. Resultados similares se encontraron en estudios previos desarrollados en jugadoras con TMA (Bělka et al., 2016; Michalsik et al., 2014) y en jugadores masculinos con LPS (Cardinale et al, 2017; Font et al., 2021; 2023; Manchado et al., 2021). Estas diferencias entre los pivotes y el resto de posiciones de juego, principalmente en la distancia total recorrida, podrían explicarse por las sustituciones ilimitadas en balonmano, ya que muchos equipos utilizan a las pivotes solo en fase ofensiva por

diversas razones, como la falta de capacidad defensiva o la necesidad de la dosificar la carga (Font et al., 2021; 2023).

Distancia por zonas de velocidad

En el estudio 2 también observamos que durante la competición la mayoría de los metros se recorrieron a baja (6,1-12,0 km-h) o muy baja velocidad (0-6,0 km-h). Estos resultados coinciden con investigaciones previas que han demostrado que los jugadores recorren más distancia a bajas velocidades (caminando y trotando), ya sea en estudios realizados con TMA (Manchado et al., 2013b; Michalsik et al., 2014) o LPS (Cardinale et al, 2017; Font et al., 2021; Manchado et al., 2021; Saal et al., 2023). Nuestros hallazgos confirman que el balonmano es un deporte intermitente, caracterizado por esfuerzos a máxima intensidad y de corta duración intercalados de períodos de pausa o actividad de baja intensidad, como caminar o trotar (Cardinale et al., 2017; Karcher & Buchheit, 2014; Manchado et al., 2013a). Además, las extremos recorrieron mayor distancia en las zonas 4 (>18 km-h) y 5 (>21 km-h) , mientras que las pivotes mostraron los valores más bajos. Asimismo, las extremos recorrieron en gran medida más HSR/minuto (12,0 ± 3,5 m-min^{-1}) que el resto de posiciones de juego. Estos resultados concuerdan con los de estudios previos (Bělka et al., 2016; Cardinale et al., 2017; Font et al., 2021; Manchado et al., 2020; 2021; Michalsik et al., 2013) y podrían estar relacionados con la mayor participación de las extremos en las fases de contraataque (Michalsik et al., 2015a; 2015b).

Por otro lado, en el Estudio 2 hallamos que las extremos recorrieron en gran medida más HIBD y HIBD/minuto que las demás posiciones de juego. Estas diferencias pueden estar asociadas a las fuertes deceleraciones partiendo de una alta velocidad (>18 km-h) que deben realizar tras cada acción de contraataque. Además, la HIBD está asociada a intensas contracciones excéntricas que producen una elevada fatiga neuromuscular y daño tisular, especialmente si estas elevadas fuerzas de frenado no pueden ser disipadas y distribuidas eficientemente (Harper et al., 2019; 2022). Asimismo, se una pobre capacidad de deceleración se ha considerado como un factor de riesgo de lesiones de LCA sin contacto (Boden et al., 2009). Por lo tanto, los entrenadores y preparadores físicos deberían diseñar programas de entrenamiento óptimos para desarrollar estructuras musculoesqueléticas más robustas que atenúen eficazmente las intensas

contracciones excéntricas asociadas a las acciones de frenado y a su vez reduzcan el riesgo de lesiones de gravedad (Harper et al., 2019; 2022; McBurnie et al., 2022).

Aceleraciones y deceleraciones

En el Estudio 1 pudimos comprobar que los datos referentes a las aceleraciones y deceleraciones registradas durante competiciones oficiales de balonmano son actualmente escasos. No obstante, Font et al. (2021) indicaron que extremos, primeras líneas y pivotes realizaban un número similar de aceleraciones y deceleraciones por partido. Sin embargo, encontraron diferencias en las aceleraciones y deceleraciones de alta intensidad. Concretamente, los extremos realizaron ligeramente mayor número (134,8 ± 60,7) que los primeras líneas (128,1 ± 55,2) y los pivotes (112,0 ± 33,6) (ES = 0,12 y 0,46, respectivamente). Por el contrario, los primeras líneas (114,6 ± 51,77) realizaron un número similar de deceleraciones de alta intensidad que los extremos (112,9 ± 56,0) y ligeramente superior a los pivotes (99,6 ± 28,9) (ES = 0,03 y 0,3, respectivamente). Estos resultados podrían sugerir que los extremos realizaron más aceleraciones de alta intensidad porque tienen un papel importante en la fase de contraataque (Michalsik et al., 2015a; 2015b). Sin embargo, los primeras líneas realizaron más deceleraciones de alta intensidad porque tienen la responsabilidad principal de construir el ataque posicional, que se caracteriza por un movimiento constante de pistón (delante-detrás) (Román, 2008). Este patrón específico del balonmano se asocia a intensas contracciones excéntricas que generan una importante fatiga neuromuscular y daño tisular, especialmente si estas elevadas fuerzas no pueden atenuarse eficazmente (Harper et al., 2019; 2022). Por lo tanto, los preparadores físicos deberían incluir diferentes tipos de ejercicios durante las sesiones de entrenamiento para desarrollar la capacidad de los músculos y tendones de atenuar elevadas fuerzas excéntricas, especialmente en los primeras líneas.

En el Estudio 2 descubrimos que las extremos realizaron un mayor número total de ACC y DEC, seguidos de las primeras líneas y las pivotes. Sin embargo, cuando estos valores se normalizaron según el tiempo que los jugadores pasan en la pista ($n \cdot min^{-1}$), las primeras líneas realizaron moderadamente más ACC y DEC por minuto que las otras posiciones. Además, las extremos realizaron moderadamente más ACC y DEC de alta intensidad ($>3\ m \cdot s^{-2}$) que el resto de posiciones. Estos resultados también podrían estar relacionados con los requisitos técnicos

específicos de cada posición. Las extremos realizan más acciones de contraataque que el resto de posiciones, por lo que parece razonable suponer que realizan un mayor número total de aceleraciones por partido (Michalsik et al., 2015a). Por otro lado, las primeras líneas presentan una mayor carga de deceleración porque son los principales responsables de la construcción del ataque posicional, como ya se ha mencionado en el párrafo anterior. Además, al igual que investigaciones anteriores (Saal et al., 2023), las pivotes mostraron los valores más bajos, porque sus acciones técnicas se asocian principalmente a una elevada producción de fuerza isométrica contra el adversario. Por el contrario, nuestros resultados se oponen a un estudio reciente realizado con jugadores masculinos de élite, en el que todos los jugadores presentan valores similares de ACC y DEC (Font et al., 2021). Una posible explicación de esta diferencia podría residir en la combinación de dos factores: (1) las características de la muestra (jugadores masculinos vs. femeninos) y (2) el nivel competitivo (élite vs. semiprofesional). No obstante, a pesar de que las pivotes realizan un menor número total de ACC y DEC en comparación con las primeras líneas y las extremos, también deben estar preparadas para soportar la exigencia de estas acciones durante la competición.

PlayerLoad™

Al igual que sucede con las aceleraciones y deceleraciones, en el Estudio 1 sólo encontramos cuatro estudios que proporcionaban información sobre PlayerLoad™. Todos los estudios indicaron que el PlayerLoad™ era similar para extremos, primeras líneas y pivotes (Font et al., 2021; Kniubaite et al., 2019; Luteberget & Spencer, 2017), excepto en el estudio realizado por Wik et al. (2017). Sin embargo, los datos de PlayerLoad™ deben interpretarse y utilizarse con precaución, ya que algunos investigadores sostienen que los métodos de cálculo de la variable PlayerLoad™ presentan muchas incoherencias y carecen de información clara y completa (Bredt et al., 2020). Además, sabemos que cada marca comercial utiliza un algoritmo diferente para calcular esta variable (algunos fabricantes calculan PlayerLoad™ a partir de datos tridimensionales de acelerometría, mientras que otros utilizan datos bidimensionales para el cálculo) (Torres-Ronda et al., 2022).

En el Estudio 2 descubrimos que las extremos registraron moderadamente más PlayerLoad™ en comparación con las primeras líneas y en gran medida más que las pivotes. Sin embargo, cuando estos valores se estandarizaron en función el

tiempo de juego (u.a.-min^{-1}) no hubo diferencias sustanciales según las posiciones de juego. Nuestros resultados podrían explicarse en parte por el mayor tiempo de juego de las extremos en comparación con los pivotes, debido a que existe una relación directa entre el tiempo en pista y la carga externa acumulada (en valores absolutos) por las jugadoras. Por otro lado, es difícil comparar nuestros resultados con otros estudios similares (Font et al., 2021; Kniubaite et al., 2019; Luteberget & Spencer 2017; Wik et al., 2017), ya que cada marca utiliza un algoritmo diferente para calcular esta variable (Wik et al., 2017). Únicamente podríamos compararlos con la investigación realizada por Font et al. (2021), ya que utilizó el mismo dispositivo LPS que nuestro estudio. En este estudió encontraron valores de PL/min similares para todas las posiciones de juego. Sin embargo, sus valores son ligeramente inferiores a los nuestros (1,1±0,2 vs. 1,9±0,8 u.a.-min^{-1}, respectivamente). Nuestra hipótesis es que esta diferencia podría explicarse por los dos factores mencionados anteriormente (características de la muestra y nivel competitivo). Por el contrario, Luteberget & Spencer (2017) indicaron que las primeras líneas y las pivotes registraban los valores más altos de PL/min.

Carga interna

En relación con la carga interna, en el Estudio 1 encontramos que los porteros tienen los valores de frecuencia cardíaca más bajos durante un partido (de 70 ± 11,0% a 78,4 ± 5,9% de la frecuencia cardíaca máxima) en comparación con las otras posiciones (Manchado et al., 2013b; Póvoas et al., 2014a). Por otro lado, encontramos que los pivotes tenían la respuesta más alta (de 83,0 ± 9,0% a 90,1 ± 4,3% de la frecuencia cardíaca máxima) (Bělka et al., 2016; Póvoas et al., 2014a), a pesar de que registraban la carga externa más baja durante el partido. Este hecho indica que la carga externa no es suficiente para comprender las exigencias físicas reales en algunas posiciones de juego, como en el caso de los pivotes y los porteros y, por tanto, debemos tratar de combinarla con variables de carga interna.

Perfil de actividad técnica

Por último, en el Estudio 1 encontramos que el perfil de actividad técnica es diferente según la posición de juego (Michalsik et al., 2015a; 2015b; Póvoas et al., 2012; 2014a). Los extremos realizan un número moderadamente mayor de contraataques que los primeras líneas. Los primeras líneas realizan más lanzamientos que los extremos y los pivotes, también realizan más saltos,

aterrizajes, deceleraciones y cambios de dirección. Por último, los pivotes toleran más contactos (bloqueos y pantallas) que el resto de posiciones.

5.4. Influencia de los factores contextuales

En el Estudio 3 (García-Sánchez, C., Navarro, R., Mon-López, D., Nieto-Acevedo, R., Cañadas-García, E., de la Rubia, A., 2024) descubrimos interesantes hallazgos sobre el impacto de los factores contextuales en las demandas físicas registradas durante competición oficial en balonmano femenino.

Mitades del partido

En el estudio 3, observamos una disminución estadísticamente significativa en la segunda mitad del partido de las variables HSR, HSR/min y HIBD/min (tamaño del efecto pequeño). En este sentido, otros estudios realizados con jugadores y jugadoras de balonmano de élite han demostrado que la distancia a alta intensidad (Michalsik et al., 2013; 2014; Póvoas et al., 2012) y el PL/min disminuían en el segundo tiempo (Luteberget & Spencer, 2017). Del mismo modo, se encontraron resultados similares en baloncesto, donde las variables de alta intensidad estudiadas durante el primer cuarto fueron más elevadas que en el resto de cuartos (Pino-Ortega et al., 2019), y en fútbol, donde la carga externa fue mayor durante el primer tiempo que en el segundo (García-Unanue et al., 2018). Hay muchos factores que contribuyen a la disminución de HSR, HSR/min y HIBD/min. En primer lugar, está ampliamente documentado que las acciones repetidas de alta intensidad (asociadas a contracciones excéntricas intensas) y las múltiples colisiones y contactos recibidos durante el partido pueden producir fatiga, daño tisular y respuestas inflamatorias, y deteriorar el rendimiento neuromuscular (Harper et al., 2022; Markus et al., 2021). Además de los mecanismos de fatiga, la disminución de HSR, HSR/min y HIBD/min puede estar relacionada con diferentes factores contextuales como la diferencia de goles (marcadores ajustados vs desequilibrados) (Alonso Pérez-Chao et al., 2023; Fox et al., 2019), las variantes tácticas (modificar los sistemas defensivos) o las estrategias de control del ritmo (Bradley & Noakes, 2013).

Nivel del oponente

Los resultados del Estudio 3 también mostraron que los partidos contra equipos de nivel alto (del 1º al 5º puesto) registraron un mayor TDC/min, HIBD/min y PL/min que los partidos contra equipos de nivel bajo (del 11º al 14º puesto). Esta diferencia podría explicarse por el juego más rápido y el mayor número de contraataques realizados por los equipos de nivel alto en comparación con los equipos de nivel bajo (Hatzimanouil et al., 2023; Milanović et al., 2018). Del mismo modo, estudios anteriores realizados en otras modalidades deportivas (fútbol) han observado que la distancia recorrida a alta intensidad era mayor en los partidos contra equipos de nivel alto (Folgado et al., 2014; Rampinini et al., 2007). En consecuencia, los jugadores deben estar bien preparados físicamente (fuerza y resistencia) para jugar contra equipos de nivel alto.

Rol de la jugadora

Aunque en balonmano se permiten sustituciones ilimitadas, nuestro Estudio 3 reveló que las jugadoras titulares acumulan más TDC, HSR, HIBD, ACC, DEC y PL que las no titulares. No obstante, cuando estos valores se normalizaron en función del tiempo de juego efectivo ($m \cdot min^{-1}$ / $n \cdot min^{-1}$ / $u.a. \cdot min^{-1}$), las diferencias en la carga externa entre las jugadoras titulares y las no titulares desaparecieron. Resulta difícil comparar los resultados del presente estudio con los de investigaciones anteriores, ya que hasta la fecha no existen otros estudios que comparen las diferencias en la carga externa entre jugadores titulares y no titulares en balonmano. Sin embargo, encontramos resultados similares en el fútbol, donde la carga externa era mayor en los jugadores titulares (Dalen & Lorås, 2019). Así pues, nuestros resultados podrían explicarse en gran parte por el mayor tiempo de juego que experimentan las jugadoras titulares, ya que existe una relación directa entre el tiempo en pista y la carga externa (en valores absolutos) acumulada por las jugadoras. De estos hallazgos se pueden extraer varias ideas interesantes: (1) si queremos comparar la carga externa experimentada por los titulares y los no titulares, deberíamos utilizar valores normalizados en función del tiempo de juego; (2) las decisiones del entrenador (plan de juego y estrategia de rotaciones) tienen un impacto directo en la carga externa que acumulan los jugadores.

Resultado del partido

De manera contraria a lo esperado, en el Estudio 3 no hallamos diferencias significativas en la carga externa registrada en los partidos ganados en comparación con los perdidos. Estos resultados concuerdan con un estudio anterior que confirma que no hubo diferencias entre los equipos ganadores y perdedores en los valores de TDC y TDC/min (Manchado et al., 2021). En la misma línea, un reciente estudio realizado con cuatro equipos de la primera división alemana (LIQUI-MOLY Handball-Bundesliga) a lo largo de tres temporadas demostró que los equipos ganadores no registraban mayor número de acciones de alta intensidad que los perdedores (Saal et al., 2023)

5.5. Fluctuaciones del rendimiento físico a lo largo del partido

En el Estudio 4 (García-Sánchez, C., Navarro, R., Nieto-Acevedo, R., de la Rubia, A., 2024) constatamos que el rendimiento físico de las jugadoras de balonmano fluctúa a lo largo del partido. En concreto, encontramos que los valores de TDC, HSR y PL fueron moderadamente superiores durante la primera fase fija de 5 minutos en comparación con las siguientes fases fijas de 5 minutos del partido, excepto en la variable TDC durante la primera fase fija de 5 minutos del segundo tiempo, donde los valores fueron similares a los de la primera fase fija de 5 minutos del partido. Esta información indica que, a pesar de que las jugadoras suelen comenzar el partido probando el balón y dándose la mano durante aproximadamente 30 segundos, la primera fase fija de 5 minutos del primer tiempo es el período físicamente más intenso de todo el partido. Estos resultados concuerdan con hallazgos previos reportados en estudios realizados con TMA (Cardinale et al., 2017; Michalsik et al., 2013; Póvoas et al., 2012; 2014b) y LPS (Luteberget & Spencer, 2017; Wik et al., 2017) en balonmano. Hay muchas causas que podrían explicar estas fluctuaciones en el rendimiento físico durante todo el partido. En primer lugar, al principio del partido los equipos intentan dominar a los adversarios para obtener una ventaja en el marcador del partido (Wik et al., 2017). En segundo lugar, la diferencia de goles (especialmente si el partido ya está decidido en la segunda parte) podría afectar a las estrategias de control del ritmo que emplean las propias jugadoras y a las decisiones del entrenador (probar nuevas variantes tácticas o sistemas de juego e introducir jugadores de menor nivel o en peor forma física) (Font et al., 2021; Wik et al., 2017). En tercer lugar, la razón más probable y ampliamente respaldada por la evidencia científica, es que los jugadores

de balonmano experimentan fatiga durante el partido (Cardinale et al., 2017; Michalsik et al., 2013; 2014; Póvoas et al., 2012; 2014b) y LPS (Luteberget & Spencer, 2017; Venzke et al., 2023; Wik et al., 2017) y, en consecuencia, su rendimiento físico se vea reducido (Behrens et al., 2023).

En relación con las mitades del partido (primera vs. segunda), la primera fase fija de 5 minutos de cada mitad registró valores moderadamente superiores de TDC, HSR y PL en comparación con las siguientes fases fijas de 5 minutos de cada mitad del encuentro. Aparentemente, estudios previos en balonmano reportaron resultados similares a los nuestros (Michalsik et al., 2013; Póvoas et al., 2014b; Wik et al., 2017). Hay muchos factores que podrían explicar estos descensos en el rendimiento físico dentro de cada mitad del partido: (1) la repetición de acciones de alta intensidad (deceleraciones y cambios de dirección) asociadas a intensas contracciones excéntricas que generan una importante fatiga neuromuscular y daño tisular, especialmente si estas elevadas fuerzas no pueden ser atenuadas eficientemente (Harper et al., 2019; 2022); (2) recibir múltiples contactos asociados a situaciones de uno contra uno puede producir daño tisular, respuestas inflamatorias y alteraciones neuromusculares (Dello Iacono et al., 2017; Póvoas et al., 2012); (3) deshidratación e hipertermia que afectan al metabolismo celular y, en consecuencia, al rendimiento (Póvoas et al., 2012). No obstante, la primera fase fija de 5 minutos del segundo tiempo registró valores moderadamente superiores de TDC, HSR y PL en comparación con la última fase fija de 5 minutos del primer tiempo, pero sólo fue significativamente diferente las variables TDC y PL. Estos datos sugieren que el comienzo de la segunda parte es una fase de gran exigencia física, aunque los valores de HSR son inferiores en comparación con la primera fase fija de 5 minutos del partido, probablemente porque los equipos no juegan a un ritmo elevado para dominar a los adversarios. En consecuencia, podría pensarse que el descanso ofrece una oportunidad para recuperarse parcialmente de la fatiga transitoria producida durante el primer tiempo.

En cuanto al nivel del oponente, los partidos contra equipos de nivel bajo (del 11º al 14º puesto) registraron ligeramente más TDC en la primera y la segunda fase de 5 min del partido en comparación con los partidos contra equipos de nivel medio (del 6º al 10º puesto), pero no fue significativamente mayor en comparación con los partidos contra equipos de nivel alto (del 1º al 5º puesto). Por el contrario, los

partidos contra equipos de nivel alto registraron moderadamente más TDC y PL en la última fase de 5 min del segundo tiempo en comparación con los partidos contra equipos de nivel medio. Nuestra hipótesis es que estos resultados podrían explicarse por dos razones: (1) los equipos de nivel bajo intentan obtener una ventaja en el marcador al principio del partido; (2) los partidos contra equipos de nivel alto suelen terminar con marcadores muy ajustados y con una mínima diferencia de goles, por tanto, las jugadoras de estos equipos ralentizan el ritmo del partido a mediados de la segunda parte para conservar energía para los últimos minutos del partido. En consecuencia, los entrenadores de balonmano deberían tener en cuenta el nivel del oponente para desarrollar planes de partido y estrategias de rotación más eficaces.

Por último, en relación con la posición de juego encontramos diferencias en las variables TDC, HSR y PL. En concreto, las extremos mostraron los valores más altos y las pivotes los más bajos en todas las fases fijas de 5 minutos. Estos resultados podrían estar relacionados con las exigencias técnico-tácticas de cada posición de juego (Font et al., 2021; Luteberget & Spencer, 2017) y con su posición en la pista (Póvoas et al., 2014a), ya que el área de juego de la pista de balonmano es mayor las zonas exteriores que en la parte central debido a las áreas de portería, lo que permite a las extremos recorrer mayores distancias (Póvoas et al., 2014a). Además, las pivotes presentaron una mayor diferencia entre la fase de 5 minutos más intensa y la menos intensa, mientras que los extremos mostraron una diferencia menor. De nuestros hallazgos se pueden extraer varias reflexiones interesantes: (1) la gran variabilidad existente entre la fase fija de 5 minutos más intensa y la menos intensa refleja las grandes fluctuaciones que producen en el rendimiento físico a lo largo de un partido de balonmano (Michalsik et al., 2013; Póvoas et al., 2014b; Wik et al., 2017); (2) la variabilidad en el rendimiento físico depende en gran medida de la posición de juego (Cardinale et al., 2017); (3) el cuerpo técnico debería diseñar e implementar programas de entrenamiento físico individualizados para cada posición de juego.

#6 Limitaciones



"Trata a una persona como lo que es y seguirá siendo lo que es. Trátale como lo que puede llegar a ser y se convertirá en lo que puede llegar a ser"

W.A. Goethe

6. Limitaciones

De acuerdo con la metodología empleada en cada uno de los estudios que componen la presente Tesis Doctoral, las siguientes limitaciones generales deben ser tenidas en cuenta a la hora de interpretar y extrapolar los diferentes hallazgos expuestos previamente.

- En primer lugar, hay que recalcar que nuestros hallazgos proceden de una muestra muy particular (un único equipo femenino de la 2ª División Española) y no especialmente numerosa ($n = 22$), por lo que hay que proceder con extremada cautela en la generalización y extrapolación de los resultados a equipos de diferente nivel competitivo.

- La carga externa se registró durante 13 partidos disputados como local, lo que significa que la localización del partido (local vs. visitante) podría haber influido en nuestros resultados.

- No se analizaron a las jugadoras especialistas (ofensivas o defensivas) ni a las porteras. Además, la posición de juego de cada jugadora se estableció exclusivamente en función de su puesto específico en fase ofensiva, sin tener en cuenta su posición defensiva.

- Es posible que los sistemas LPS e IMU no reflejen (tiendan a subestimar) las exigencias físicas reales de las pivotes, ya que estas jugadoras suelen realizar acciones de alta intensidad, como bloqueos y pantallas, que no producen un desplazamiento o una aceleración.

- Los datos de PlayerLoad deben interpretarse y compararse teniendo en cuenta la marca comercial de los dispositivos (WIMU™), ya que cada marca utiliza un algoritmo diferente para calcular esta variable. Este hecho representa una desventaja para comparar y generalizar los escasos datos existentes en balonmano femenino.

- Al tratarse de estudios observacionales, las rotaciones de las jugadoras no pudieron ser controladas ni influenciadas por los investigadores.

#7 Conclusiones



"No todo lo que puede ser contado cuenta,
y no todo lo que cuenta puede ser contado."

Albert Einstein

7. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos específicos planteados y a partir de los hallazgos obtenidos en cada uno de los estudios que componen esta Tesis Doctoral es posible establecer las siguientes conclusiones.

- Las demandas físicas soportadas por los jugadores de balonmano varían en función del nivel competitivo, el género y la posición de juego. Concretamente, observamos que la distancia total recorrida fue mayor en las competiciones nacionales que en las internacionales. Sin embargo, las competiciones internacionales masculinas presentaron una distancia recorrida por minuto más elevada que las competiciones nacionales masculinas.

- En relación con el género, observamos que la distancia total recorrida fue moderadamente mayor en las competiciones femeninas frente a las masculinas.

- En relación con la posición de juego, las extremos presentan los valores más altos de carga externa (TDC, HSR, ACC, DEC y PL), seguidas de las primeras líneas y, por último, las pivotes presentan los valores más bajos. Sin embargo, las primeras líneas registran moderadamente más ACC/min y DEC/min que el resto de posiciones.

- En relación con los factores contextuales, observamos que las mitades del partido, el nivel del oponente y el rol de la jugadora influyeron significativamente en la carga externa experimentada por las jugadoras durante el partido. En concreto, observamos una disminución estadísticamente significativa en la segunda mitad del partido de las variables HSR, HSR/min y HIBD/min. Además, encontramos que los partidos contra equipos de nivel alto (del 1º al 5º puesto) registraron un mayor TDC/min, HIBD/min y PL/min que los partidos contra equipos de nivel bajo (del 11º al 14º puesto). Por último, descubrimos que las jugadoras titulares acumulan más TDC, HSR, HIBD, ACC, DEC y PL que las no

titulares. Sin embargo, estas diferencias desaparecieron cuando normalizamos los valores en función del tiempo de juego.

- Por último, nuestros hallazgos indican que el rendimiento físico disminuye a lo largo de cada mitad y, también, a lo largo del partido. Además, las fluctuaciones se ven afectadas por el nivel del oponente y las posiciones de juego. Específicamente, encontramos que los valores de TDC, HSR y PL fueron moderadamente superiores durante la primera fase fija de 5 minutos en comparación con el resto de fases fijas del partido. Igualmente, la primera fase fija de 5 minutos de cada mitad registró valores moderadamente superiores de TDC, HSR y PL en comparación con las siguientes fases fijas de cada mitad del encuentro.

#8
Futuras líneas de investigación



"Las semillas duermen en el secreto de la tierra hasta que a una de ellas se le ocurre la fantasía de despertar"

Antoine de Saint-Exupéry (El principito)

8. Futuras líneas de investigación

A pesar de que en los últimos años las publicaciones sobre las demandas físicas en balonmano han crecido considerablemente, especialmente en los años 2023 y 2024, todavía estamos muy lejos de otros deportes como el fútbol o el baloncesto. Por ello, a partir de las conclusiones y de las limitaciones previamente descritas, se detallan a continuación las futuras líneas de investigación que podrían abordarse para seguir incrementando el conocimiento existente sobre las demandas físicas en balonmano.

- En primer lugar, futuras investigaciones deberían incluir un mayor número de equipos y niveles de competición, como equipos nacionales o clubes de primera división. Del mismo modo, sería conveniente estudiar las demandas físicas durante otro tipo de calendarios competitivos, como torneos con congestión de partidos o microciclos con varias competiciones por semana.

- Sería recomendable estudiar con mayor profundidad el impacto de los factores contextuales en las demandas físicas, empleando un mayor número de equipos y de niveles de competición. En concreto, futuros estudios futuros deberían examinar el impacto de la localización del partido (local vs. visitante), el ritmo del partido (número de posesiones) o el marcador por tramos parciales sobre la carga externa e interna experimentada por las jugadoras. Disponer de un mayor número de publicaciones sobre el efecto de los factores contextuales en las demandas físicas nos permitiría estimar o predecir la carga externa e interna experimentada por las jugadoras durante la competición en función de las características de cada partido (localización, marcador, nivel del oponente, etc..).

- Próximas investigaciones deberían incluir el análisis de las jugadoras especialistas (ofensivas y defensivas) y las porteras. Además, deberían realizar un análisis diferenciado para cada puesto de la primera línea (lateral izquierdo, central y lateral derecho), tal y como ya se ha hecho en balonmano masculino (Manchado et al., 2021).

- Sabemos que el análisis del rendimiento físico a partir de fases fijas del partido (p.ej. 5 minutos) puede subestimar las demandas pico de la competición, también denominados escenarios de máxima exigencia (*most demanding scenarios*) o peores escenarios posibles (*worst case scenarios*) (Carton-Llorente et al., 2023; Fleureau et al., 2023). Por ello, futuras investigaciones deben analizar las demandas pico de la competición en intervalos de 30, 60 o 90 segundos empleando el método de medias móviles (*rolling average).*

- Estudios futuros deberían tratar de analizar si existen correlaciones entre las variables de distancia obtenidas a partir de los sistemas LPS (p.ej. distancia total) y las variables de acelerometría obtenidas a partir de los IMUs (p.ej. PlayerLoad™). Esto permitiría a los cuerpos técnicos emplear las variables de acelerometría para cuantificar la carga en aquellos partidos en los que no disponen del sistema de antenas como, por ejemplo, en los partidos disputados como visitante.

- Son necesarias futuras investigaciones sobre las demandas de carga externa y carga interna en diferentes tareas de entrenamiento. Esta información permitiría a los entrenadores diseñar sesiones de entrenamiento que reproduzcan con mayor exactitud las condiciones de la competición. En consecuencia, serían capaces de distribuir y programar mejor la carga de entrenamiento a lo largo de las diferentes fases del microciclo.

- Sería interesante combinar el análisis de video y los EPTS para conocer con mayor precisión en qué situaciones técnico-tácticas se registran las diferentes variables de carga externa y carga interna.

- Por último, sería útil estandarizar las zonas o umbrales de velocidad absolutos correspondientes a cada categoría locomotora (parado, caminando, trotando, corriendo, corriendo a alta velocidad y esprintando), ya que actualmente la falta de consenso entre fabricantes e investigadores dificulta la generalización de los resultados.

#9
Aplicaciones prácticas



"Solamente los buenos quieren mejorar.
Por eso son buenos."

Nick Faldo

9. Aplicaciones prácticas

A partir de los hallazgos de la presente Tesis Doctoral se pueden extraer importantes aplicaciones prácticas para mejorar el desempeño de los profesionales del balonmano. Para estructurar mejor este apartado hemos clasificado las aplicaciones en función de su transferencia a la planificación y programación del entrenamiento o a la monitorización y manejo de la carga durante la competición. A modo de resumen, en la Figura 20 se exponen las principales aplicaciones prácticas de la presente Tesis Doctoral.

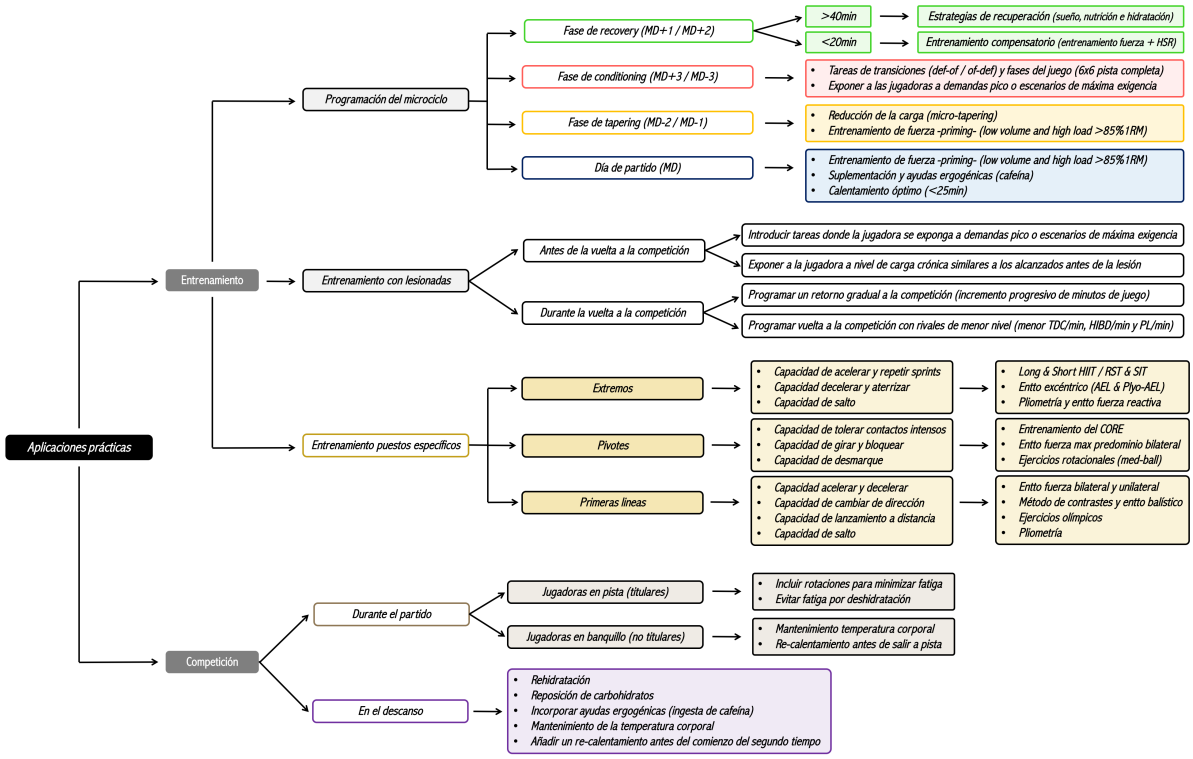


Figura 20. Síntesis de las principales aplicaciones prácticas de la tesis.

9.1. Aplicaciones prácticas vinculadas al entrenamiento

9.1.1. Programación y distribución de la carga durante el microciclo

A lo largo de este apartado se expondrán diferentes estrategias relacionadas con la programación y distribución de la carga de entrenamiento a lo largo del microciclo. Por tanto, para facilitar la comprensión de los conceptos que se exponen en las próximas líneas se presenta la periodización o distribución de cargas de un microciclo de siete días con una única competición por semana (Figura 21).

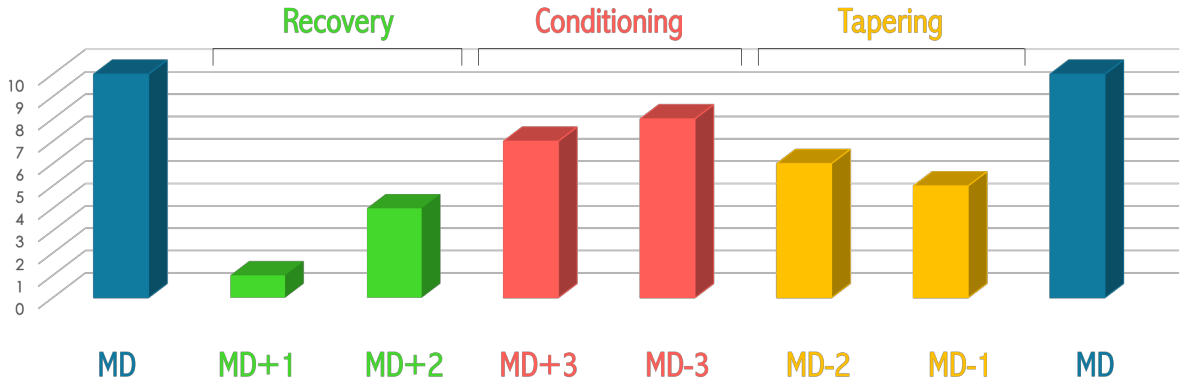


Figura 21. Distribución de cargas en un microciclo con una única competición.

En balonmano, y en otros muchos otros deportes de equipo, la distribución de la carga semanal debe contribuir a la consecución de tres objetivos: (1) recuperarse de la fatiga producida en el partido anterior, (2) aumentar o mantener las capacidades físicas, y (3) no comprometer la preparación para el siguiente partido. En línea con lo anteriormente expuesto, los hallazgos de nuestro tercer estudio sugieren que los entrenadores y preparadores físicos de balonmano deben tener en cuenta la carga externa absoluta acumulada por las jugadoras titulares y las no titulares para programar y distribuir correctamente la carga de entrenamiento a lo largo del microciclo. Del mismo modo, estudios previos llevados a cabo en fútbol y baloncesto recomiendan emplear esta misma estrategia (Alonso Pérez-Chao et al., 2022b; Oliveira et al., 2023). Para ello, en los siguientes apartados se presentan diferentes estrategias para distribuir o manejar la carga de entrenamiento en cada fase o período del microciclo.

Fase de recovery (MD+1 / MD+2)

En esta sección, profundizamos en la programación de la carga entrenamiento en los dos días posteriores al partido. Las tendencias actuales en otros deportes de equipo proponen dividir al equipo en dos grupos distintos, por un lado, las jugadoras titulares o jugadoras con mayor participación y, por otro lado, las no titulares o jugadoras con menos minutos durante la competición. Con ello se pretende garantizar la recuperación, en el caso del primer grupo, y equilibrar la carga crónica para optimizar el rendimiento, en el caso del segundo (Buchheit et al., 2024a; Clemente et al., 2024).

a) Aplicaciones prácticas para preparadores físicos

Jugadoras con alta participación o titulares

En el caso de las jugadoras titulares que acumulan más minutos de juego (>40min) y, en consecuencia, registran mayores valores absolutos de carga externa, los cuerpos técnicos deberían prescribir diferentes estrategias de recuperación (entrenamiento aeróbico de baja intensidad, ejercicios de movilidad y flexibilidad, entrenamiento de fuerza dirigido a la parte superior del cuerpo, masajes, hidroterapia e ingesta nutricional avanzada) en el primer día del microciclo (MD+1) para disminuir la fatiga provocada por la competición (Dupuy et al., 2018; Buchheit et al., 2024a).

En relación con el entrenamiento de fuerza dirigido a la parte superior del cuerpo, algunas investigaciones recientes señalan que los beneficios sobre la recuperación no están del todo claros. Inicialmente, se especuló que el entrenamiento de fuerza dirigido exclusivamente al torso podría acelerar la recuperación a través de adaptaciones hormonales, como la liberación de testosterona, aunque esta teoría fue recibida con cierto escepticismo. Más recientemente, la revisión de Sabag et al. (2021) demostró que, tal y como se implementa típicamente este tipo de entrenamiento (bajo volumen e intensidad), no mejora significativamente los parámetros cinéticos relacionados con la recuperación. Sin embargo, esta misma revisión reveló que este entrenamiento no interfiere en la recuperación de los jugadores y, por tanto, es una herramienta potencialmente compatible con otras estrategias de recuperación (Sabag et al., 2021).

Jugadoras con baja participación o no titulares

En el caso de las jugadoras no titulares que apenas juegan minutos durante el partido, los cuerpos técnicos deberían tratar de equilibrar su carga crónica implementando entrenamientos compensatorios (sesiones de gimnasio o de pista) en el primer día del microciclo (MD+1) (Alonso Pérez-Chao et al., 2022b; Buchheit et al., 2024a; Clemente et al., 2024). A pesar de ello, algunas investigaciones señalan que estos entrenamientos pueden no llegar a compensar completamente la carga del partido, y desde una perspectiva a largo plazo, las jugadoras no titulares podrían estar potencialmente infra-entrenadas, especialmente considerando las acciones de alta intensidad (Romero-Moraleda et al., 2023; Varjan et al., 2023). Además, esta situación podría agravarse si las jugadoras no titulares permanecen en ese rol durante un largo período de tiempo (Clemente et al., 2024). Como resultado, es posible que las jugadoras no titulares no sean capaces de alcanzar elevados niveles de carga crónica y, por lo tanto, podrían ser susceptibles de sufrir lesiones relacionadas con la exposición a la carga como, por ejemplo, lesiones por sobreuso (Gabbett et al., 2017b). Esta situación podría representar un gran problema para los entrenadores, ya que estas jugadoras son muy importantes a lo largo de una temporada desde la perspectiva de la rotación de la plantilla (Walker et al., 2018). Para superar este desafío, los entrenadores deberían gestionar adecuadamente el tiempo de juego para distribuir la carga de la competición entre un mayor número de jugadoras, especialmente en deportes como el balonmano que se permiten sustituciones ilimitadas. Este enfoque puede contribuir a mejorar la condición física de las jugadoras, lo que a su vez puede protegerles contra las lesiones y, en última instancia, lograr que una mayor cantidad de jugadoras esté disponible para competir cada semana (Gabbett et al., 2016).

Por último, y a modo de síntesis de la información expuesta previamente, se presenta un árbol de decisión que ofrece un método estructurado para distribuir la carga de entrenamiento en función de los minutos de juego disputados por las jugadoras en el último partido (Figura 22).

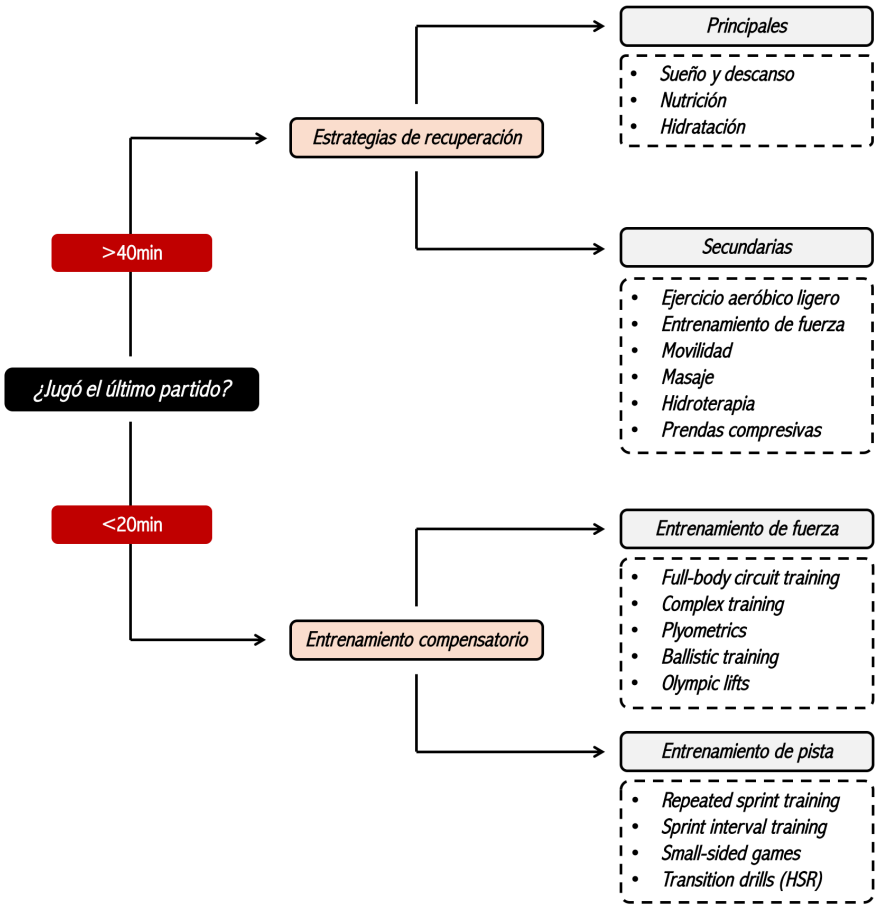


Figura 22. Árbol de decisión para distribuir la carga en la fase de recuperación.

¿Descansar en el MD+1 o en el MD+2?

Una interesante investigación de Buchheit et al. (2023) ha analizado la asociación entre la ubicación del día de descanso dentro del microciclo y la incidencia de lesiones en fútbol profesional. En concreto, este estudio analizó 19 equipos pertenecientes a las primeras divisiones de Italia, Escocia y Dinamarca. En total, se recogieron datos de 1578 jugadores, 2865 lesiones, 2859 partidos y 12939 sesiones de entrenamiento. Los hallazgos de este estudio demuestran que los equipos que programaron el día de descanso en el MD+2 registraron una tasa de lesiones entre dos y tres veces menor que aquellos equipos que lo programaron en el MD+1 o que aquellos que no incluyeron día de descanso en el microciclo. Aunque el estudio es observacional y no pretende establecer una relación de causa-efecto, los resultados demuestran que una adecuada ubicación del día de descanso dentro del microciclo puede contribuir a mitigar las lesiones en el fútbol de élite.

Los resultados del estudio sugieren que entrenar en MD+1 y descansar en MD+2 puede aportar algunas ventajas. Por ejemplo, entrenar en el día post-partido (MD+1) puede servir para compensar a las jugadoras con minutos de juego y para realizar una adecuada sesión de recuperación con las jugadoras que han acumulado más minutos de competición. Por otra parte, situar el día de descanso en el MD+2 permite a todas las jugadoras llegar en el mismo estado de recuperación al día MD+3, donde se realizará una sesión de entrenamiento con alta carga.

A modo de síntesis de la información expuesta anteriormente se presenta un ejemplo de distribución de cargas de un microciclo de siete días que establece el día de descanso en el MD+2 (Figura 23).

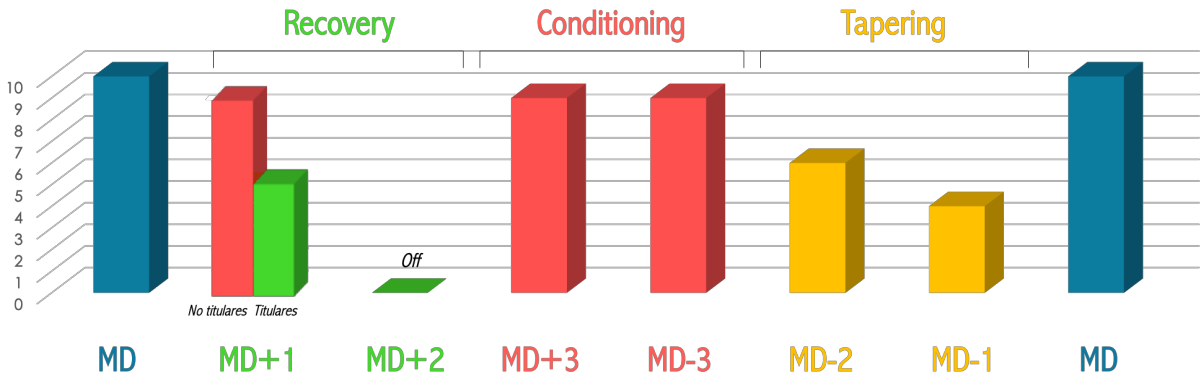


Figura 23. Distribución de cargas en un microciclo con día de descanso en MD+2.

b) Aplicaciones prácticas para entrenadores

Teniendo que en cuenta que el objetivo principal de esta fase del microciclo es recuperarse de la fatiga producida en el partido anterior, los entrenadores de balonmano deberían programar sesiones de entrenamiento técnico-táctico con las siguientes características.

- Duración más reducida (60-80 minutos).
- Poco contacto físico (evitar tareas defensivas).
- No incluir tareas de transición o fases del juego (evitar espacios amplios).
- Incluir contenidos de técnica-táctica individual ofensiva.

Fase de conditioning (MD+3 / MD-3)

En esta sección, abordaremos las principales estrategias de programación y distribución de la carga de entrenamiento en los días centrales del microciclo.

a) Aplicaciones prácticas para preparadores físicos

Exponer a las jugadoras a distancia a alta velocidad (HSR)

En este sentido, la evidencia científica disponible en otros deportes como el fútbol, nos indica que es esencial disponer de unas pautas de periodización bien estructuradas, que determinen el volumen, la frecuencia, la densidad y el momento de las sesiones dedicadas a acumular volumen de HSR y sprint dentro del microciclo (Beato et al., 2021). En este sentido, un novedoso estudio desarrollado por Buchheit et al. (2024b) examinó la relación entre la distancia recorrida a alta velocidad (HSR) y a sprint durante las sesiones de entrenamiento con respecto a la distancia acumulada en el partido y, posteriormente, analizó su impacto en la incidencia de lesiones en fútbol. Para ello, empleó técnicas de *machine-learning* para analizar una enorme cantidad de datos procedentes de 19 clubes de fútbol europeos de primer nivel. Los resultados muestran hallazgos muy interesantes que pueden contribuir a reducir la incidencia de lesiones.

- Ajustar ratio distancia HSR entrenamiento/partido.

  Los microciclos en los que la distancia recorrida a alta velocidad (HSR) osciló entre 0,6 y 0,9 con respecto a la distancia del partido registraron una menor tasa de lesiones (Figura 24).

- Ajustar ratio distancia a sprint entrenamiento/partido.

  Los microciclos en los que la distancia recorrida a sprint osciló entre entre 0,6 y 1,1 con respecto a la distancia del partido registraron una menor tasa de lesiones (Figura 25).

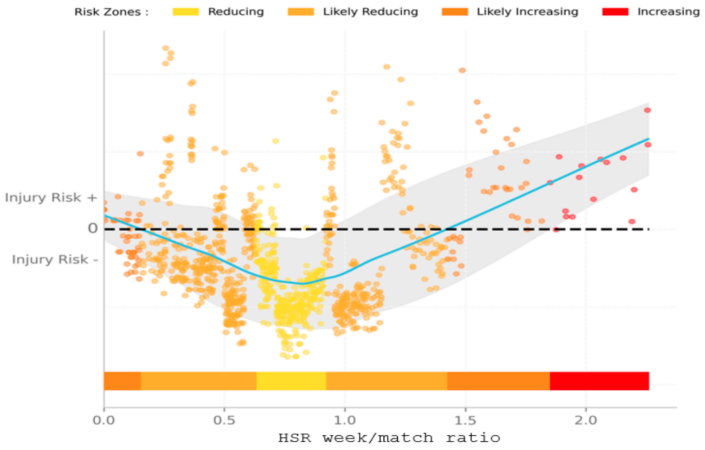


Figura 24. Ratio de distancia HSR en entrenamiento y competición. Extraído de Buchheit et al. (2024b).

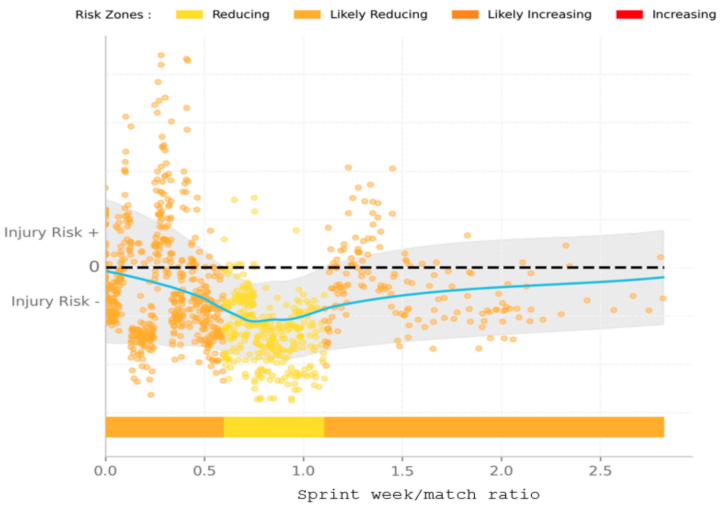


Figura 25. Ratio de distancia a sprint en entrenamiento y competición. Extraído de Buchheit et al. (2024b).

Sin embargo, algunos autores van más allá y sitúan esta ratio por encima de lo expuesto anteriormente. En concreto, Martín-García et al. (2018) señalaron un umbral de 1,7 mientras que Clemente et al. (2019) indicaron un valor de referencia de 1,8. Como se puede apreciar, en ambos casos, abogan por alcanzar un volumen de HSR mayor durante las sesiones entrenamiento que en el partido. Además, la exhaustiva revisión de Silva et al. (2023), que recopiló datos de 16 estudios de fútbol de élite, profesional y formativo, revela que normalmente se produce un pico en las demandas de HSR en los días centrales de la semana (MD-4 y MD-3), ya que en el contexto específico del fútbol el MD-3 se destina generalmente a

entrenamiento de resistencia en los que se utilizan espacios más grandes. No obstante, tal y como bien indican Buchheit et al. (2024b), aunque sus resultados proporcionan información muy valiosa para entrenadores y preparadores físicos debemos recordar que correlación no implica causalidad y, por tanto, sus hallazgos deben ser interpretados con cautela. Además, los autores señalan que, aunque estos valores de distancia HSR y sprint pueden ofrecer una referencia, no deben eclipsar el objetivo principal del entrenamiento de fútbol: fomentar las interacciones de los jugadores y el entrenamiento basado en tareas con balón. Por tanto, su enfoque niega la necesidad de tareas inespecíficas basadas en la repetición de sprints, ya que las sesiones bien elaboradas permitirán alcanzar esos umbrales de referencia a través de tareas específicas relacionadas con el juego (Buchheit et al., 2024b).

Por tanto, si tratamos de trasladar estos hallazgos al balonmano, podemos pensar que los días más alejados de la competición (MD+3 y MD-3) podrían ser óptimos para desarrollar sesiones de entrenamiento en las que se incluyan tareas de transición (p.ej. ejercicios de contraataque en primera o segunda oleada o ejercicios de contragol), tareas de encadenamiento de fases del juego (p.ej. defensa posicional más contraataque y posteriormente repliegue), o también tareas de competición 6x6. Normalmente estas tareas de entrenamiento se caracterizan por utilizar todo el espacio de la pista de balonmano, lo que puede dar lugar a que las jugadoras acumulen altos volúmenes de distancia HSR, lo que a su vez podría traducirse en un efecto protector frente a las lesiones. Para ello, en la Tabla 10 se recopilan datos de distancia HSR registrada durante competición oficial en diferentes investigaciones realizadas en balonmano. Estos valores podrían ser tomados como una primera referencia para programar el volumen de distancia HSR durante los días centrales del microciclo.

Por otra parte, los datos de nuestro tercer estudio indican que en los partidos contra equipos de nivel alto (del 1º al 5º puesto) se registra mayor distancia HSR (216,2 ± 268,6 m) en comparación con los partidos disputados contra equipos de nivel medio (194,7 ± 217,2 m) o bajo (176,4 ± 208,6 m). Así pues, de acuerdo con la propuesta de Buchheit et al. (2024b), los entrenadores y preparadores físicos deberían tener en cuenta el nivel del oponente para programar el volumen de HSR durante los días centrales del microciclo. En este caso, los microciclos en los que se

compita contra rivales de nivel alto (parte de alta de la clasificación) se debería programar un mayor volumen de distancia HSR durante la fase de adquisición (MD+3 y MD-3). De ese modo se equilibraría la ratio HSR entrenamiento/competición y, en consecuencia, se generaría un efecto protector frente a las lesiones.

Tabla 10. Distancia HSR en competición en función de la posición de juego.

Estudio	Género	Nivel competitivo*	Competición	Extremos	Pivotes	Primeras líneas
Manchado et al. 2021	Masculino	Élite o Internacional (Nivel 4)	Campeonato de Europa Absoluto Masculino 2020	329,2 ± 211,9	92,1 ± 62,9	82,8 ± 66,3
Font et al. 2021	Masculino	Nivel nacional (Nivel 3)	Primera División España (Liga ASOBAL)	410,3 ± 193,2	172,4 ± 96,0	182,1 ± 115,1
Font et al. 2023	Masculino	Nivel nacional (Nivel 3)	Segunda División España (División Honor Plata Masculina)	609,1 ± 246,9	228,9 ± 139,9	218,7 ± 96,2
Bassek et al. 2023	Masculino	Nivel nacional (Nivel 3)	Primera División Alemania	502,1 ± 234,5	138,0 ± 80,7	115,8 ± 75,4
García-Sánchez et al. 2024b	Femenino	Nivel nacional (Nivel 3)	Segunda División España (División Honor Plata Femenina)	492,7 ± 280,0	56,9 ± 41,4	105,8 ± 75,5
Zapardiel et al. 2024	Femenino	Élite o Internacional (Nivel 4)	Campeonato de Europa Absoluto Femenino 2020	510,9 ± 235,1	400,4 ± 220,0	268,1 ± 152,7

** De acuerdo con el Marco de Clasificación de Participantes elaborado por McKay et al. (2022)*

Exponer a las jugadoras a las demandas pico o escenarios de máxima exigencia

Como se ha mencionado en apartados anteriores, los valores promedio obtenidos a partir del análisis del partido completo o del análisis de fases fijas de menor duración (períodos de 5 o 10 minutos) pueden subestimar las demandas físicas de los períodos o fases más exigentes de los partidos (Carton-Llorente et al., 2023; Fleureau et al., 2023). Por tanto, a pesar de que estos estudios pueden aportar una información muy valiosa para entrenadores y preparadores físicos, es imprescindible tener en cuenta el análisis de las demandas físicas a partir del estudio de las demandas pico, también denominados escenarios de máxima exigencia (*most demanding scenarios*) o peores escenarios posibles (*worst case scenarios*), calculadas a partir del método de medias móviles (*rolling average*) (Carton-Llorente et al., 2023; Fleureau et al., 2023). Estos nuevos enfoques o métodos de análisis nos permiten diseñar tareas de entrenamiento que reproduzcan las situaciones físicamente más exigentes de la competición.

En línea con lo anterior, los resultados de nuestro cuarto estudio muestran que existe una gran variabilidad entre la fase fija de 5 minutos más intensa y la menos intensa del partido y, además, la variabilidad entre la fase físicamente más exigente y la menos exigente está fuertemente influenciada por la posición de juego. Por ejemplo, los hallazgos muestran que una jugadora que ocupe la posición de extremo recorre una media de 87,2 ± 29,5 metros de HSR en la fase más intensa del partido, frente a una media de 36,3 ± 22,9 metros en la fase menos intensa. Esto supone un incremento del 58,5% entre ambas fases. Del mismo modo, si observamos la variable TDC (indicador de volumen), los resultados indican que una jugadora que ocupe la posición de pivote recorre una media de 308,9 ± 98,2 metros en la fase más intensa del partido, frente a una media de 162,7 ± 72,2 metros en la fase menos intensa. Esto supone un incremento del 47,3% entre ambas fases.

Por tanto, esta fase central del microciclo, que se encuentra suficientemente alejada del día del partido, parece ser la más idónea para incluir tareas de entrenamiento que expongan a las jugadoras a los escenarios de máxima exigencia de la competición.

b) Aplicaciones prácticas para entrenadores

Teniendo que en cuenta que el objetivo principal de esta fase del microciclo es aumentar o mantener las capacidades físicas, los entrenadores de balonmano deberían programar sesiones de entrenamiento técnico-táctico con las siguientes características.

- Duración más extensa (90-110 minutos).
- Introducir contacto físico (tareas defensivas de tipo individual y colectivo).
- Incluir tareas de transición, encadenamiento de fases del juego y competición 6x6 (espacios amplios).
- Posibilidad de incluir tareas con alta demanda neuromuscular (ACC-DEC).

Fase de tapering (MD-2 / MD-1)

En esta sección, profundizamos en la programación y distribución de la carga entrenamiento en los dos días previos al partido.

a) Aplicaciones prácticas para preparadores físicos

Actualmente en los deportes de equipo en general, y en balonmano en particular, se aprecia un patrón de descenso de la carga en esta fase del microciclo (Font et al., 2023; Buchheit et al., 2024a). Esta tendencia común nos muestra la necesidad de garantizar la recuperación del deportista y prepararlo adecuadamente para el próximo partido. Por tanto, los cuerpos técnicos podrían aplicar las siguientes estrategias para tratar de eliminar la fatiga acumulada en los días centrales del microciclo y, al mismo tiempo, maximizar el rendimiento físico y mental durante la competición.

Reducir la carga (micro-tapering) en los días previos a la competición

En este sentido, una reciente investigación desarrollada con jóvenes futbolistas ha demostrado que sesiones de entrenamiento más cortas y concentradas (45 minutos) son más eficaces para mejorar la forma física y el rendimiento de los jugadores, a diferencia de sesiones más largas que pueden provocar un bajo rendimiento (Douchet et al., 2022).

Incorporar sesiones de entrenamiento de fuerza en el día previo a la competición

Estas sesiones deben emplear ejercicios bilaterales (sentadilla o press de banca) con bajo volumen (2-3 series y 2-4 repeticiones), alta carga (>85%1RM) y máxima velocidad de ejecución para tratar de generar un efecto de potenciación retardada (Harrison et al., 2019; Mason et al., 2020). No obstante, un reciente estudio llevado a cabo por Harrison et al. (2020) reveló que muchos entrenadores y preparadores físicos de alto nivel también incluyen ejercicios pliométricos, olímpicos y de sprint en este tipo de sesiones.

b) Aplicaciones prácticas para entrenadores

Teniendo que en cuenta que el objetivo principal de esta fase del microciclo es optimizar la preparación para el siguiente partido, los entrenadores de balonmano deberían programar sesiones de entrenamiento técnico-táctico con las siguientes características.

- Duración muy reducida (45-60 minutos).
- Introducir frecuentes descansos o pausas de hidratación.
- Limitar el contacto físico (tareas con alto componente defensivo), ya que un número elevado de contactos y colisiones pueden generar un daño muscular excesivo y, en consecuencia, provocar una excesiva fatiga neuromuscular.
- Evitar tareas de transición o de encadenamiento de fases del juego, ya que los cambios desplazamientos constantes de un lado al otro de la pista pueden provocar una excesiva fatiga asociada a las acciones de alta intensidad (ACC y DEC).

Día de partido (MD)

Del mismo modo los entrenadores y preparadores físicos podrían incluir las siguientes estrategias en el mismo día de la competición.

Implementar sesiones de entrenamiento de fuerza en la mañana del día de partido

Un reciente estudio ha demostrado que las sesiones matinales de entrenamiento de fuerza eran beneficiosas para los jugadores de fútbol, ya que producían pequeños pero significativos aumentos de la distancia recorrida a intensidad moderada y alta (Modric et al., 2023). Además, investigaciones recientes llevadas a cabo con jugadoras de fútbol han descubierto que la aplicación de una sesión de entrenamiento de fuerza con carga alta (80%1RM) y baja pérdida de velocidad en la serie (20%) no aumentó el rendimiento en el salto vertical con contramovimiento a nivel de grupo, pero sí mejoró la preparación psicológica 6 horas después de su finalización. Sin embargo, el análisis de respuestas individuales reveló que 4 de las 14 participantes mostraron un beneficio positivo en el rendimiento en el salto vertical (González-García et al., 2023).

Incorporar estrategias de nutrición o suplementación

Una reciente revisión realizada por Mujika et al. (2018) ha analizado los aspectos claves que deben periodizarse para alcanzar un rendimiento óptimo en competición. Concretamente, en los deportes de equipo, esta investigación recomienda emplear estrategias de nutrición o suplementación (p.ej. cafeína) en las horas previas a la competición.

Implementar un protocolo de calentamiento adecuado antes del partido

La revisión sistemática desarrollada por Silva et al. (2018) señala que un protocolo de calentamiento más corto, de 10 a 15 minutos, produce mayores incrementos del rendimiento explosivo en comparación con los protocolos de calentamiento utilizados tradicionalmente en los deportes de equipo. En esta misma línea Romaratezabala et al. (2018), demostraron que un protocolo de calentamiento de 17 minutos de duración producía mejores efectos frente a otro de 34 minutos. Por tanto, el protocolo de calentamiento debe tener una duración óptima para no generar fatiga antes de la competición.

9.1.2. Manejo de la vuelta a la competición con jugadoras lesionadas

Conviene recordar que el balonmano se caracteriza por un contacto corporal intenso y situaciones exigentes de uno contra uno, así como rápidos cambios de dirección en combinación con otras habilidades técnicas que requieren elevada coordinación como lanzar, pasar, fintar o saltar (Karcher & Buchheit, 2014). Además, en el caso del balonmano, a diferencia de otros deportes como el baloncesto, el reglamento permite a las jugadoras un número ilimitado de faltas, que, en algunos casos, se consideran un éxito defensivo puesto que impiden la creación de juego o la ocupación de espacios eficaces de finalización. Por tanto, es habitual que durante el juego se produzcan situaciones de contacto entre las jugadoras de uno y otro equipo, y estas acciones pueden provocar impactos y colisiones de gran magnitud. De hecho, un reciente estudio sobre la incidencia de lesiones registrada en los Juegos Olímpicos de 2020 demuestra que la incidencia de lesiones en balonmano sea más elevada que en otros deportes de equipo (Soligard et al., 2022). Por tanto, los entrenadores y preparadores físicos de balonmano deben afrontar dos grandes desafíos en relación con las lesiones deportivas: (1) tratar de diseñar e implementar programas de entrenamiento para reducir o minimizar el número de lesiones; (2) en caso de que se produzcan, ser capaces de diseñar y gestionar procesos de recuperación o readaptación que garanticen una reincorporación segura y exitosa a la práctica deportiva.

En relación con los procesos de recuperación o readaptación de lesiones, en los últimos años han surgido numerosas clasificaciones para dividir o establecer varias fases o períodos dentro de este proceso (Ardern et al., 2016; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2022; Taberner et al., 2019; 2020). A partir de las investigaciones mencionadas anteriormente, hemos elaborado nuestra propia clasificación con las siguientes fases: (1) alta deportiva (*return to participation*); (2) vuelta al entrenamiento (*return to train*); (3) vuelta a la competición (*return to play*); y (4) vuelta a los niveles previos de rendimiento (*return to performance*).

En esta sección, nos vamos a centrar en la última fase de la recuperación antes de la vuelta a la competición (*return to play*) y vamos a exponer algunas estrategias prácticas para gestionar de manera más segura y eficaz el retorno a la práctica deportiva. Para ello hemos agrupado las estrategias prácticas en función del momento temporal de aplicación, es decir, por un lado, las estrategias que deben

aplicarse antes de que la jugadora vuelva a competir y, por otro lado, las estrategias que deben tenerse en cuenta para gestionar la participación de la jugadora durante la competición.

a) Estrategias para programar el entrenamiento antes de la vuelta a la competición

El principal objetivo de esta última fase es garantizar que la jugadora está preparada para soportar una sesión completa de entrenamiento o un partido. Por ello, en esta fase debemos tener en cuenta dos aspectos clave.

Introducir tareas donde la jugadora sea expuesta a las demandas pico o escenarios de máxima exigencia de la competición

Diferentes investigadores recomiendan que las deportistas lesionadas se enfrenten a las demandas pico antes de volver a competir (Alonso et al., 2020; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2022; Taberner et al., 2019). En este sentido, los resultados de nuestro cuarto estudio muestran que existe una gran variabilidad entre la fase fija de 5 minutos más intensa y la menos intensa del partido y, además, la variabilidad entre la fase físicamente más exigente y la menos exigente está fuertemente influenciada por la posición de juego. Por ejemplo, nuestros hallazgos muestran que una jugadora que ocupe la posición de extremo recorre una media de 87,2 ± 29,5 metros de HSR en la fase más intensa del partido, frente a una media de 36,3 ± 22,9 metros en la fase menos intensa. Esto supone un incremento del 58,5% entre ambas fases. Del mismo modo, si observamos la variable TDC (indicador de volumen), nuestros resultados indican que una jugadora que ocupe la posición de pivote recorre una media de 308,9 ± 98,2 metros en la fase más intensa del partido, frente a una media de 162,7 ± 72,2 metros en la fase menos intensa. Esto supone un incremento del 47,3% entre ambas fases. En definitiva, estos datos pueden orientar la programación y distribución de la carga de entrenamiento en los procesos de recuperación de lesiones.

Exponer a la jugadora a niveles de carga crónica similares a los alcanzados antes de la lesión

Recientes investigaciones señalan la importancia de que las jugadoras lesionadas se aproximen progresivamente a los niveles de carga crónica acumulados antes de sufrir la lesión (Taberner et al., 2020; 2022). Por tanto, los datos de carga externa

obtenidos de la competición podrían ser una referencia muy valiosa para programar la carga de entrenamiento semanal. Más aún, si recordamos las recomendaciones de Buchheit et al. (2024b), expuestas con anterioridad, en las que sugiere que debemos programar el volumen (distancia) de entrenamiento de HSR y sprint a partir del volumen registrado en la competición, y que éste debe oscilar entre 0,6 y 1,1.

b) Estrategias para gestionar la carga durante la vuelta a la competición

Como hemos mencionado en apartados anteriores, lo hallazgos demuestran que las jugadoras que disputan más minutos de juego registran mayores valores de carga externa absoluta, es decir, existe una relación directa entre el tiempo en pista y la carga externa (en valores absolutos) acumulada por las jugadoras. Esta información debería ser tenida en cuenta por entrenadores y preparadores físicos para manejar con mayor seguridad y eficacia los procesos de vuelta a la competición (*return to play*). Concretamente, los cuerpos técnicos deberían seguir las siguientes recomendaciones.

Programar un retorno gradual a la competición

Debemos exponer a la jugadora a una menor cantidad de minutos de juego en su primera participación en competición e incrementar los minutos de competición de forma progresiva. En línea con esto, Taberner et al. (2020) sugieren, en el caso del fútbol, empezar con unos 20-30 minutos de juego en el caso de incorporarse desde el banquillo (suplente), o 45 minutos en el caso de comenzar como titular. Si extrapolamos esto al balonmano podríamos sugerir una participación de 10 o 20 minutos en su primer partido. Además, estos autores (Taberner et al., 2020) nos indican que las circunstancias del partido, como las lesiones de otros jugadores o las decisiones tácticas del entrenador, pueden hacer que el jugador no alcance los objetivos de minutos de partido o juegue más minutos de los previstos. Si el jugador no juega, se puede plantear un entrenamiento compensatorio después del partido o al día siguiente. Por el contrario, si el jugador juega más minutos de lo esperado, se recomienda incluir controles médicos en los días posteriores al partido, seguidos de una gestión adecuada de la carga, es decir, programar una sesión de recuperación o modificar la carga del entrenamiento previsto.

Programar la vuelta a la competición contra equipos de menor nivel

Investigaciones recientes sugieren que el retorno a la competición debería programarse contra rivales de menor nivel (Taberner et al., 2020). Además, los hallazgos de nuestro tercer estudio confirman que los partidos contra equipos de nivel bajo (del 11º al 14º puesto) registraron un menor TDC/min, HIBD/min y PL/min que los partidos contra equipos de nivel alto (del 1º al 5º puesto). Por tanto, parece que este tipo de partidos son el escenario ideal para las jugadoras lesionadas disputen sus primeros minutos de competición oficial.

9.1.3. Diseño de programas de entrenamiento por puesto específico

A lo largo de este apartado se expondrán diferentes aplicaciones prácticas que permitirán a los entrenadores y preparadores físicos programar el entrenamiento en función de los requerimientos físicos y técnico-tácticos de cada puesto específico. Además, a modo de síntesis de las consideraciones que se detallan en las siguientes secciones se ha elaborado la Figura 26, en la que se han recopilado una serie de recomendaciones prácticas para programar el entrenamiento en función del puesto específico. Estas han sido elaboradas a partir del análisis de las demandas físicas y del perfil técnico-táctico de cada posición de juego.

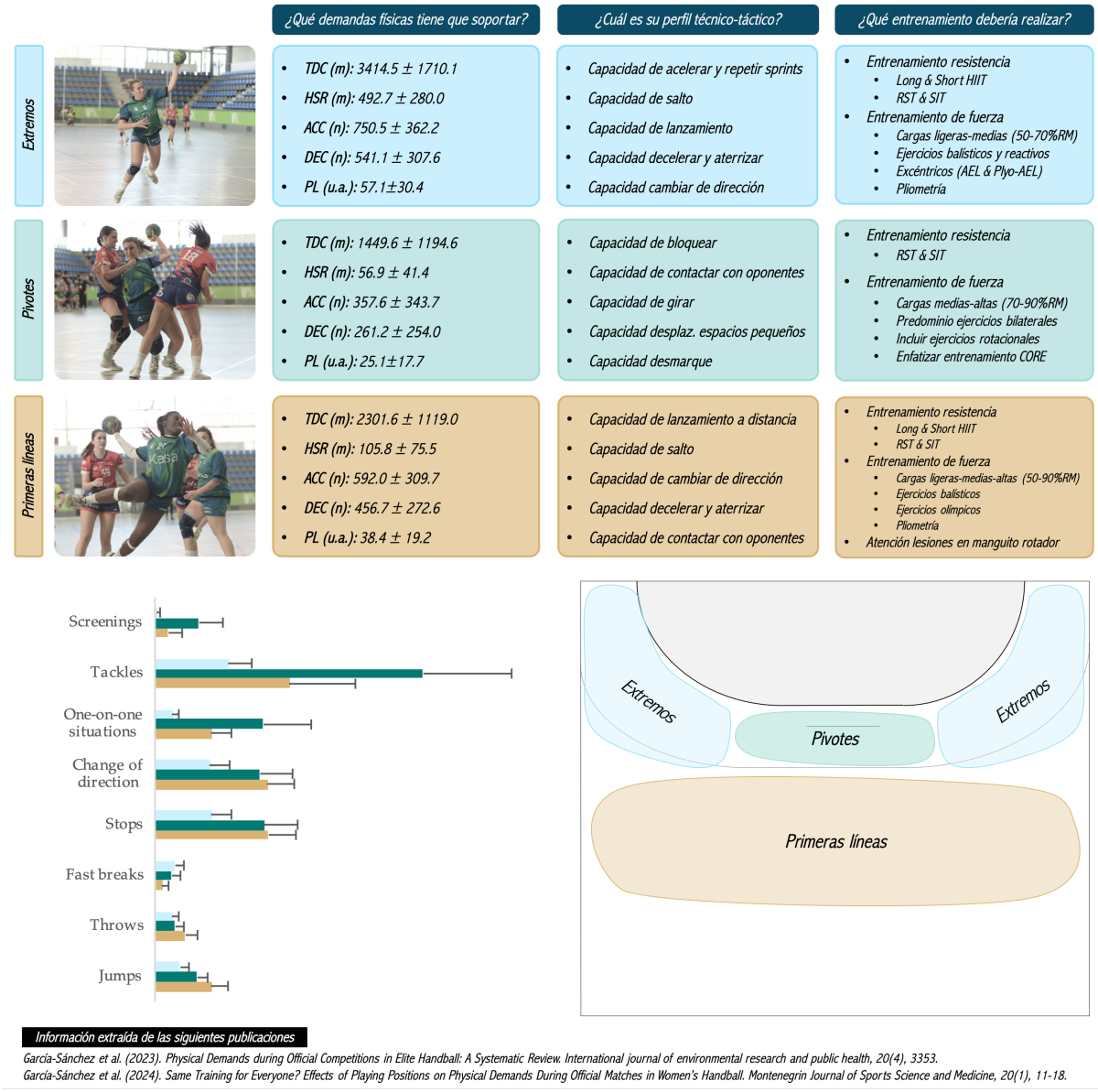


Figura 26. Pautas generales para programar el entrenamiento por posición.

a) Extremos

Capacidad de acelerar y repetir sprints

Los resultados de nuestro primer estudio han mostrado que las extremos realizan un número superior de contraataques que el resto de posiciones, lo que se traduce en una elevada cantidad de sprints por partido. Por tanto, sus programas de entrenamiento deberían intentar mejorar dos factores que determinan el rendimiento en esta capacidad.

En primer lugar, la mejora específica de la aceleración en los primeros metros del sprint (0-20 metros) mediante diferentes métodos y ejercicios de entrenamiento como el uso sprints lastrados con cargas ligeras (10-20% del peso corporal) (Pareja-Blanco et al., 2021; Petrakos et al., 2016), empujes de trineo con cargas altas (>80% del peso corporal) (Morin et al., 2017; Petrakos et al., 2016) o entrenamiento de contrastes o *complex training* (Cormier et al., 2020; 2022).

En segundo lugar, incrementar la capacidad aeróbica-anaeróbica para retrasar y minimizar la aparición de la fatiga y, en consecuencia, aumentar la capacidad de repetir sprints durante todo el partido (Benjaminse et al., 2019; Póvoas et al., 2014b; Wik et al., 2017). Para ello, los entrenadores y preparadores físicos pueden emplear diferentes métodos de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), como pueden ser *Long HIIT, Short HIIT, Repeated Sprint Training* y *Sprint Interval Training* (Buchheit & Laursen, 2013). Además, las jugadoras que ocupan esta posición de juego necesitan alcanzar y mantener un alto nivel de fuerza rápida o RFD (*rate of force development*) durante el juego para rendir con éxito en las aceleraciones y deceleraciones durante las fases de transición (Karcher y Buchheit, 2014). Por último, sus programas de entrenamiento también deben incluir ejercicios para minimizar el riesgo de lesiones musculares, especialmente en la zona isquiotibial debido al gran volumen de distancia recorrida a alta velocidad (HSR) (Karcher y Buchheit, 2014).

Capacidad de salto

Del mismo modo, los datos de nuestro primer estudio también han relevado que las extremos registran un elevado volumen de saltos por partido, en consecuencia, requieren la aplicación de fuerza en periodos de tiempo cortos (≤250 ms). Por tanto, los cuerpos técnicos también deben incorporar métodos de entrenamiento de fuerza que permitan optimizar la aplicación de fuerza en cortos períodos de tiempo, como por ejemplo la pliometría, los ejercicios excéntricos acentuados o los ejercicios pliométricos acentuados (Suchomel et al., 2018). En definitiva, lograr una mayor altura en salto les permitiría disponer de más tiempo en el aire para observar los movimientos de la portera o para amagar un lanzamiento (Cardinale, 2018).

b) Primeras líneas

Capacidad de lanzamiento a distancia

Tal y como se ha evidenciado en nuestro primer estudio las jugadoras que ocupan las posiciones de primera línea (lateral izquierdo, central y lateral derecho) registran el mayor número de lanzamientos por partido. Por tanto, los profesionales del balonmano deberían diseñar e implementar programas de entrenamiento para reducir el riesgo de lesiones que afectan a la articulación del hombro, especialmente las lesiones por sobreuso del manguito rotador (Andersson et al., 2017; Møller et al., 2017). Además, hay que tener en cuenta que las primeras líneas soportan un mayor estrés en la articulación glenohumeral debido a su papel principal durante la fase de construcción del ataque posicional, lo que se traduce en soportar un elevado volumen de pases durante el partido (Møller et al., 2017).

Por otro lado, para incrementar el rendimiento de este gesto técnico se recomienda emplear diferentes métodos o ejercicios de entrenamiento de fuerza, como el entrenamiento de contrastes o complex (Cormier et al., 2020; Cormier et al., 2022), entrenamiento con cargas medias y altas (60-80%1RM) empleando ejercicios tradicionales como el press de banca (Hermassi e. al., 2010), ejercicios pliométricos (lanzamientos con balón medicinal) (Hermassi et al., 2015), o ejercicios olímpicos y sus derivados (Hermassi et al., 2019; Suchomel et al., 2018).

Capacidad de acelerar, decelerar y cambiar de dirección

Estas jugadoras registran un gran número de aceleraciones, deceleraciones y cambios de dirección por partido. Por tanto, los entrenadores y preparadores físicos deberían implementar programas de entrenamiento que aumenten la capacidad de los músculos y tendones para atenuar eficazmente las intensas contracciones excéntricas asociadas a las acciones de deceleración típicas de esta posición de juego (movimiento de pistón), y con ello minimizar la fatiga neuromuscular, el daño tisular y las respuestas inflamatorias provocadas por la repetición de este tipo de acciones (Harper et al., 2019; 2022; McBurnie et al., 2022). Además, los cuerpos técnicos deberían incluir ejercicios específicos de aterrizajes (con una y dos piernas) y de cambios de dirección con perturbaciones y oposición, (cambios de dirección pre-planificados e imprevistos) (Myklebust et al., 2003; Achenbach et al., 2018; Petushek et al., 2019; Dos'Santos et al., 2021).

Además, la mayoría de los cambios de dirección y las acciones de 1vs1 suelen producirse en presencia de adversarios y, por tanto, con un alto grado de inestabilidad debido a los intensos contactos corporales frente los oponentes (Karcher y Buchheit, 2014). En consecuencia, sus programas de entrenamiento deben incluir ejercicios que minimicen el riesgo de lesiones que afectan a la articulación de la rodilla, ya que sabemos que las jugadoras presentan una incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior entre 3 y 5 veces superior a los jugadores (Myklebust et al., 1997; Myklebust et al., 1998). En concreto, deberían incluir tanto ejercicios unilaterales como bilaterales, especialmente dirigidos a la musculatura del cuádriceps, isquiotibiales, glúteos, gastrocnemios y sóleos (Myklebust et al., 2003; Achenbach et al., 2018; Petushek et al., 2019; Mokhtarzadeh et al., 2013).

Capacidad de salto

Los datos de nuestros estudios también nos indican que las jugadoras de primera línea realizan un elevado número de saltos por partido. Por tanto, del mismo modo que sucede en el caso de las extremos, los cuerpos técnicos deben incorporar métodos de entrenamiento de fuerza que permitan optimizar la aplicación de fuerza en cortos períodos de tiempo (≤250 ms), como el entrenamiento con cargas medias y altas (60-80%1RM) empleando ejercicios tradicionales como la sentadilla trasera (Tillaar et al., 2020), la pliometría (Chelly et al., 2014), los ejercicios excéntricos acentuados o los ejercicios pliométricos acentuados (Suchomel et al., 2018). No obstante, conviene recordar en la mayoría de los lanzamientos las jugadoras de primera línea deben tratar de superar el blocaje realizado por las defensoras. Por tanto, sus programas de entrenamiento de fuerza deberían lograr un aumento de la altura del salto, y sobre todo que esta mejora se vea reflejada en saltos realizados con una sola pierna (Cardinale, 2018).

Capacidad para contactar con oponentes

Por último, nuestra revisión de la literatura científica pone de manifiesto que las jugadoras de primera línea deben hacer frente a numerosas situaciones de 1vs1, tanto en ataque como en defensa. Además, normalmente estas jugadoras suelen ocupar los espacios centrales del sistema defensivo, lo que implica un mayor desempeño físico en tareas defensivas (marcaje, contrabloqueos, contactos, etc). Por tanto, los programas de entrenamiento de estas jugadoras deberían incluir

diferentes métodos y ejercicios que incrementen la fuerza del torso (empuje y tracción), por ejemplo press de banca con cargas medias y altas (60-80%1RM) (Cardinale, 2018).

c) Pivotes

Capacidad para bloquear y contactar

Tal y como se ha ponen de manifiesto los resultados de nuestra primera investigación, las pivotes realizan más contactos (bloqueos y pantallas) que el resto de posiciones. Por tanto, al tratarse de acciones isométricas contra los oponentes disponen de más tiempo para aplicar fuerza (≥500 ms). Este hecho sugiere que las pivotes deban enfatizar el entrenamiento de fuerza máxima, o entrenamiento con cargas medias y altas (70-90%1RM). Además, el elevado volumen de contactos y colisiones que deben soportar sugiere que necesitan un mayor nivel de hipertrofia muscular que las extremos y las primeras líneas (Karcher & Buchheit, 2014). Por tanto, sus programas de entrenamiento deberían incluir ejercicios para aumentar la fuerza de la zona central (CORE) y de los músculos de las extremidades inferiores con el objetivo de soportar contactos pesados y producir un alto nivel de fuerza isométrica para bloquear a los adversarios (Font et al., 2021).

Capacidad para girar

Generalmente las jugadoras que ocupan la posición de pivote juegan de espaldas a la portería, en consecuencia, la mayor parte de sus acciones vienen precedidas de un giro para orientarse hacia portería, como en el caso de los lanzamientos (Cardinale, 2018). Además, la velocidad en el giro es determinante para evitar que las defensoras del equipo rival dispongan de tiempo suficiente para realizar ayudas defensivas y detener la acción de ataque mediante un golpe franco. Por tanto, los entrenadores y preparadores físicos deberían incluir ejercicios que permitan mejorar la capacidad de girar de forma rápida y potente. En este sentido, se recomienda implementar ejercicios de fuerza con alto componente rotacional como lanzamientos de balón medicinal, ejercicios con poleas o ejercicios de empuje y giro con barra (p.ej. *rotational landmine press*) (Cardinale, 2018).

9.2. Aplicaciones prácticas para el manejo de la carga y la fatiga durante la competición

En este apartado se presentan varias estrategias que pueden ayudar los cuerpos técnicos de balonmano a optimizar el rendimiento físico y mental, así como a minimizar o retrasar la aparición de la fatiga durante el partido.

9.2.1. Estrategias durante el desarrollo del partido

Jugadoras en pista o titulares

Alinear al inicio del partido a las jugadoras más fuertes y resistentes cuando se compite contra equipos de menor nivel

Como hemos mencionado en apartados anteriores, los hallazgos de nuestro cuarto estudio han mostrado que los partidos contra equipos de nivel bajo (del 11º al 14º puesto) registraron ligeramente más TDC en la primera y la segunda fase de 5 min del partido en comparación con los partidos contra equipos de nivel medio (del 6º al 10º puesto), pero no fue significativamente mayor en comparación con los partidos contra equipos de nivel alto (del 1º al 5º puesto). Nuestra hipótesis es que estos resultados podrían deberse a que los equipos de nivel bajo intentan obtener una ventaja en el marcador al principio del partido. Por tanto, los entrenadores de balonmano deberían tener en cuenta el nivel del oponente para desarrollar planes de partido y estrategias de rotación más eficaces.

Diseñar una estrategia de rotaciones que permita distribuir el tiempo de juego (carga externa) entre un mayor número de jugadoras

Con ello se pretender minimizar o retrasar la aparición de la fatiga durante el partido, reducir el riesgo de lesiones, mejorar la recuperación post-partido y aumentar la disponibilidad de las jugadoras durante calendarios congestionados (Wik et al., 2017; Font et al., 2021; Calleja-González et al., 2023). Además, una adecuada gestión de las rotaciones permitirá que las mejores jugadoras lleguen menos fatigadas al final del partido. Este hecho es especialmente importante puesto que los resultados de nuestro cuarto estudio demuestran que los partidos contra equipos de mayor nivel registran mayor TD, HSR y PL en los últimos cinco minutos del partido. Además, los partidos contra equipos de nivel alto suelen terminar con marcadores muy ajustados y con una mínima diferencia de goles.

Mantener adecuada hidratación para evitar la fatiga por deshidratación

Los resultados de nuestro cuarto estudio demuestran que se produce un descenso del rendimiento físico dentro de cada mitad del partido. Probablemente la repetición de acciones de alta intensidad provoca una elevación de la temperatura corporal y, como consecuencia, se produce una respuesta termorreguladora que provoca un aumento de la sudoración para permitir la pérdida de calor por evaporación. Todo ello puede dar lugar a la aparición de fatiga, tal y como sucede en otros deportes de equipo como el fútbol, donde se ha observado que la hipohidratación incrementa la fatiga y disminuye el rendimiento físico y técnico (McGregor et al., 1999; Mohr & Krustrup, 2013). Por tanto, las jugadoras de balonmano deben mantener un buen estado de hidratación durante el transcurso del partido, aprovechando especialmente las escasas interrupciones que se producen durante el encuentro, como por ejemplo los tiempos muertos de cada equipo.

Jugadoras en banquillo o no titulares

Los resultados de nuestro tercer estudio demuestran que cuando normalizamos los valores de carga externa en función del tiempo de juego efectivo ($m \cdot min^{-1}$ / $n \cdot min^{-1}$ / $u.a. \cdot min^{-1}$), las diferencias en la carga externa entre las jugadoras titulares y las no titulares desaparecen. Este hecho pone de manifiesto que las jugadoras no titulares deben estar preparadas para soportar unos elevados niveles de carga externa (distancia recorrida, aceleraciones, deceleraciones o PlayerLoad™) por minuto cuando se requiera su participación en el partido. Por tanto, las jugadoras que están en el banquillo deberían emplear dos estrategias para tratar de aumentar o mantener su rendimiento físico en el momento de entrar al terreno de juego (Silva et al., 2018).

1. Mantenimiento de la temperatura corporal.
2. Re-calentamiento antes de salir a pista.

9.2.2. Estrategias durante el descanso del partido

Los resultados de nuestro cuarto estudio mostraron que la primera fase fija de 5 minutos del segundo tiempo registró valores moderadamente superiores de TDC, HSR y PL en comparación con la última fase fija de 5 minutos del primer tiempo,

pero sólo fue significativamente diferente las variables TDC y PL. Estos datos sugieren que el comienzo de la segunda parte es una fase de gran exigencia física, aunque los valores de HSR son inferiores en comparación con la primera fase fija de 5 minutos del partido, probablemente porque los equipos no juegan a un ritmo elevado para dominar a los adversarios. Por tanto, tal y como señalan varias investigaciones recientes, deberíamos considerar el intervalo de descanso entre cada mitad del encuentro como una ventana de oportunidad para recuperarse parcialmente de la fatiga transitoria producida durante el primer tiempo y, en consecuencia, mejorar o mantener el rendimiento neuromuscular al comienzo del segundo tiempo (Russell et al., 2015; Silva et al., 2018). Para ello, los cuerpos técnicos podrían incluir las siguientes estrategias.

- Rehidratación.
- Reposición de carbohidratos.
- Ayudas ergogénicas (ingesta de cafeína).
- Mantenimiento de la temperatura corporal.
- Añadir un re-calentamiento antes del comienzo del segundo tiempo.

#10 Referencias



Referencias

Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, *26*(7), 1901–1908. https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5

Alneama, A., Hermassi, S., Hayes, L.D., Bartels, T., Konukman, F., Fieseler, G., Schwesig, R., Chelly, M.S. (2023). Differences in the Anthropometric Measurements and Performance Tests of Qatari First Division Handball Players Depending on Position. *Applied Sciences*, *13*, 12644. https://doi.org/10.3390/app132312644

Alonso, E., Miranda, N., Zhang, S., Sosa, C., Trapero, J., Lorenzo, J., & Lorenzo, A. (2020). Peak Match Demands in Young Basketball Players: Approach and Applications. *International journal of environmental research and public health*, *17*(7), 2256. https://doi.org/10.3390/ijerph17072256

Alonso Pérez-Chao, E., Gómez, M. Á., Lisboa, P., Trapero, J., Jiménez, S. L., & Lorenzo, A. (2022a). Fluctuations in External Peak Demands Across Quarters During Basketball Games. *Frontiers in physiology*, *13*, 868009. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.868009

Alonso Pérez-Chao, E., Lorenzo-Calvo, A., Ribas-Azcona, C., Portes, R., Leicht, A. S., Gómez, M. Á. (2022b). Influence of analysis focus and playing time on internal average and peak physical demands of professional male basketball players during competition. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, *18*(69), 155-163.

Alonso Pérez-Chao, E., Gómez, M. Á., Scanlan, A., Ribas, C., Trapero, J., & Lorenzo, A. (2023). Influence of game and quarter results on external peak demands during games in under-18 years, male basketball players. *Biology of sport*, *40*(2), 365–375. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.116010

Andersson, S. H., Bahr, R., Clarsen, B., & Myklebust, G. (2017). Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: a cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. *British journal of sports medicine*, *51*(14), 1073–1080. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096226

Ardern, C. L., Glasgow, P., Schneiders, A., Witvrouw, E., Clarsen, B., Cools, A., Gojanovic, B., Griffin, S., Khan, K. M., Moksnes, H., Mutch, S. A., Phillips, N., Reurink, G., Sadler, R., Silbernagel, K. G., Thorborg, K., Wangensteen, A., Wilk, K. E., & Bizzini, M. (2016). 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy,

Bern. *British journal of sports medicine*, *50*(14), 853–864. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096278

Augusto, D., Brito, J., Aquino, R., Figueiredo, P., Eiras, F., Tannure, M., Veiga, B., & Vasconcellos, F. (2021). Contextual Variables Affect Running Performance in Professional Soccer Players: A Brief Report. *Frontiers in sports and active living*, *3*, 778813. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.778813

Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjödin, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International journal of sports medicine*, *13*(7), 528–533. https://doi.org/10.1055/s-2007-1021311

Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, *7*(3), 57-61.

Barbero, J. C., Granda-Vera, J., Calleja-González, J., & Del Coso, J. (2014). Physical and physiological demands of elite team handball players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *14*(3), 921–933. https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868768

Bassek, M., Raabe, D., Memmert, D., & Rein, R. (2023). Analysis of Motion Characteristics and Metabolic Power in Elite Male Handball Players. *Journal of sports science & medicine*, *22*(2), 310–316. https://doi.org/10.52082/jssm.2023.310

Bastida Castillo, A., Gómez Carmona, C. D., De la Cruz Sánchez, E., & Pino Ortega, J. (2018a). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European journal of sport science*, *18*(4), 450–457. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1427796

Bastida-Castillo, A. Gómez-Carmona, C.D. Hernández-Belmonte, A. Pino-Ortega, J. (2018b). Validity and reliability of an inertial device (WIMU PROTM) to tracking analysis in handball. *EBm JSS*, *14(1)*, 9–16.

Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C., De la Cruz-Sánchez, E., Reche-Royo, X., Ibáñez, S., & Pino Ortega, J. (2019). Accuracy and Inter-Unit Reliability of Ultra-Wide-Band Tracking System in Indoor Exercise. *Applied Sciences*, *9*(5), 939. http://dx.doi.org/10.3390/app9050939s

Bradley, P. S., & Noakes, T. D. (2013). Match running performance fluctuations in elite soccer: indicative of fatigue, pacing or situational influences?. *Journal of sports sciences*, *31*(15), 1627–1638. https://doi.org/10.1080/02640414.2013.796062

Beato, M., Drust, B., & Iacono, A. D. (2021). Implementing High-speed Running and Sprinting Training in Professional Soccer. *International journal of sports medicine*, *42*(4), 295–299. https://doi.org/10.1055/a-1302-7968

Behrens, M., Gube, M., Chaabene, H., Prieske, O., Zenon, A., Broscheid, K. C., Schega, L., Husmann, F., & Weippert, M. (2023). Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *53*(1), 7–31. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01748-2

Bělka, J., Hůlka, K., Šafář, M., & Weisser, R. (2016). External and internal load of playing positions of elite female handball players (U19) during competitive matches. *Acta Gymnica*, *46*(1), 12-20. doi: 10.5507/ag.2015.025

Benjaminse, A., Webster, K. E., Kimp, A., Meijer, M., & Gokeler, A. (2019). Revised Approach to the Role of Fatigue in Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: A Systematic Review with Meta-Analyses. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *49*(4), 565–586. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01052-6

Boden, B. P., Torg, J. S., Knowles, S. B., & Hewett, T. E. (2009). Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *The American journal of sports medicine*, *37*(2), 252–259. https://doi.org/10.1177/0363546508328107

Boullosa, D., Claudino, J. G., Fernandez-Fernandez, J., Bok, D., Loturco, I., Stults-Kolehmainen, M., García-López, J., & Foster, C. (2023). The Fine-Tuning Approach for Training Monitoring. *International journal of sports physiology and performance*, *18*(12), 1374–1379. https://doi.org/10.1123/ijspp.2023-0154

Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(Suppl 2), S2161–S2170. https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208

Bredt, S. D. G. T., Chagas, M. H., Peixoto, G. H., Menzel, H. J., & de Andrade, A. G. P. (2020). Understanding Player Load: Meanings and Limitations. *Journal of human kinetics*, *71*, 5–9. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0072

Büchel, D., Jakobsmeyer, R., Döring, M., Adams, M., Rückert, U., & Baumeister, J. (2019). Effect of playing position and time on-court on activity profiles in

german elite team handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *19*(5), 832–844. https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1663071

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *43*(10), 927–954. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5

Buchheit, M., Douchet, T., Settembre, M., McHugh, D., Hader, K., & Verheijen, R. (2024a). The 11 Evidence-Informed and Inferred Principles of Microcycle Periodization in Elite Football. *Sport Performance & Science Reports*, Feb, #218, V1.

Buchheit, M., Settembre, M., Hader, K., & McHugh, D. (2023). Planning the Microcycle in Elite Football: To Rest or Not to Rest?. *International journal of sports physiology and performance*, *18*(3), 293–299. https://doi.org/10.1123/ijspp.2022-0146

Buchheit, M., Settembre, M., Hader, K. McHugh, D. (2024b). From High-Speed Running to Hobbling on Crutches: A Machine Learning Perspective on the Relationships Between Training Doses and Match Injury Trends. *Sport Performance & Science Reports,* January, #216, V1.

Buchheit, M., Lepretre, P. M., Behaegel, A. L., Millet, G. P., Cuvelier, G., & Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of science and medicine in sport*, *12*(3), 399–405. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.11.007

Buchheit, M., Al Haddad, H., Simpson, B. M., Palazzi, D., Bourdon, P. C., Di Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down?. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 442–445. https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0187

Calleja-González, J., Mallo, J., Cos, F., Sampaio, J., Jones, M. T., Marqués-Jiménez, D., Mielgo-Ayuso, J., Freitas, T. T., Alcaraz, P. E., Vilamitjana, J., Ibañez, S. J., Cuzzolin, F., Terrados, N., Bird, S. P., Zubillaga, A., Huyghe, T., Jukic, I., Lorenzo, A., Loturco, I., Delextrat, A., … Lago-Peñas, C. (2023). A commentary of factors related to player availability and its influence on performance in elite team sports. *Frontiers in sports and active living*, *4*, 1077934. https://doi.org/10.3389/fspor.2022.1077934

Cardinale, M. (2018). Handball en Turner A. (Ed.), *Routledge Handbook of Strength and Conditioning: Sport-specific Programming for High Performance*. Routledge: New York, USA.

Cardinale, M., Whiteley, R., Hosny, A. A., & Popovic, N. (2017). Activity Profiles and Positional Differences of Handball Players During the World Championships in Qatar 2015. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(7), 908–915. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0314

Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *38*(10), 839–862. https://doi.org/10.2165/00007256-200838100-00004

Carton-Llorente, A., Lozano, D., Gilart Iglesias, V., Jorquera, D. M., & Manchado, C. (2023). Worst-case scenario analysis of physical demands in elite men handball players by playing position through big data analytics. *Biology of sport*, *40*(4), 1219–1227. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.126665

Casamichana, D., Martín-García, A., Díaz, A. G., Bradley, P. S., & Castellano, J. (2022). Accumulative weekly load in a professional football team: with special reference to match playing time and game position. *Biology of sport*, *39*(1), 115–124. https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.102924

Castellano, J., Alvarez-Pastor, D., & Bradley, P. S. (2014). Evaluation of Research using Computerised Tracking Systems (amisco® and prozone®) to Analyse Physical Performance in Elite Soccer: A Systematic Review. *Sports Medicine*, *44*(5), 701–712. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0144-3

Clemente, F. M., Rabbani, A., Conte, D., Castillo, D., Afonso, J., Truman Clark, C. C., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). Training/Match External Load Ratios in Professional Soccer Players: A Full-Season Study. *International journal of environmental research and public health*, *16*(17), 3057. https://doi.org/10.3390/ijerph16173057

Clemente, F. M., Pillitteri, G., Palucci Vieira, L., Rabbani, A., Zmijewski, P., & Beato, M. (2024). Balancing the load: A narrative review with methodological implications of compensatory training strategies for non-starting soccer players. Biology of Sport, 41(4), 173-185. https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.139071

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd. Ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates

Cormier, P., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., & Alcaraz, P. E. (2020). Complex and Contrast Training: Does Strength and Power Training Sequence Affect Performance-Based Adaptations in Team Sports? A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, *34*(5), 1461–1479. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003493

Cormier, P., Freitas, T. T., Loturco, I., Turner, A., Virgile, A., Haff, G. G., Blazevich, A. J., Agar-Newman, D., Henneberry, M., Baker, D. G., McGuigan, M., Alcaraz, P. E., & Bishop, C. (2022). Within Session Exercise Sequencing During Programming for Complex Training: Historical Perspectives, Terminology, and Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *52*(10), 2371–2389. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01715-x

Corvino, M., Tessitore, A., Minganti, C., & Sibila, M. (2014). Effect of Court Dimensions on Players' External and Internal Load during Small-Sided Handball Games. *Journal of sports science & medicine*, *13*(2), 297–303.

Cowley, E. S., Olenick, A. A., McNulty, K. L., & Ross, E. Z. (2021). "Invisible sportswomen": the sex data gap in sport and exercise science research. *Women in Sport and Physical Activity Journal*, *29*(2), 146-151. https://doi.org/10.1123/wspaj.2021-0028

Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *43*(10), 1025–1042. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2

Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of sports sciences*, *27*(2), 151–157. https://doi.org/10.1080/02640410802448731

Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., Khalifa, R., Van den Tillaar, R., Chamari, K., & Shephard, R. J. (2011). Match analysis of elite adolescent team handball players. *Journal of strength and conditioning research*, *25*(9), 2410–2417. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030e43

Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., & Shephard, R. J. (2014). Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(5), 1401–1410. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000279

Dalen, T., & Lorås, H. (2019). Monitoring Training and Match Physical Load in Junior Soccer Players: Starters versus Substitutes. *Sports (Basel, Switzerland)*, *7*(3), 70. https://doi.org/10.3390/sports7030070

Dello Iacono, A., Eliakim, A., Padulo, J., Laver, L., Ben-Zaken, S., & Meckel, Y. (2017). Neuromuscular and inflammatory responses to handball small-sided games: the effects of physical contact. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *27*(10), 1122–1129. https://doi.org/10.1111/sms.12755

Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2021). Biomechanical Effects of a 6-Week Change-of-Direction Technique Modification Intervention on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *Journal of strength and conditioning research*, *35*(8), 2133–2144. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004075

Douglas, A., Johnston, K., Baker, J., Rotondi, M. A., Jamnik, V. K., & Macpherson, A. K. (2019). On-Ice Measures of External Load in Relation to Match Outcome in Elite Female Ice Hockey. *Sports (Basel, Switzerland)*, *7*(7), 173. https://doi.org/10.3390/sports7070173

Douchet, T., Paizis, C., & Babault, N. (2022). Physical Impact of a Typical Training Session with Different Volumes on the Day Preceding a Match in Academy Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*, *19*(21), 13828. https://doi.org/10.3390/ijerph192113828

Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*, *9*, 403. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403

Elliott-Sale, K. J., Minahan, C. L., de Jonge, X. A. K. J., Ackerman, K. E., Sipilä, S., Constantini, N. W., Lebrun, C. M., & Hackney, A. C. (2021). Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *51*(5), 843–861. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01435-8

Fleureau, A., Lacome, M., Buchheit, M., Couturier, A., & Rabita, G. (2020). Validity of an ultra-wideband local positioning system to assess specific movements in handball. *Biology of sport*, *37*(4), 351–357. https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.96850

Fleureau, A., Rabita, G., Leduc, C., Buchheit, M., & Lacome, M. (2023). Peak Locomotor Intensity in Elite Handball Players: A First Insight Into Player Position Differences and Training Practices. *Journal of strength and conditioning research*, *37*(2), 432–438. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004247

Folgado, H., Duarte, R., Fernandes, O., & Sampaio, J. (2014). Competing with lower level opponents decreases intra-team movement synchronization and time-motion demands during pre-season soccer matches. *PloS one*, *9*(5), e97145. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097145

Font, R., Karcher, C., Loscos-Fàbregas, E., Altarriba-Bartés, A., Peña, J., Vicens-Bordas, J., Mesas, J. A., & Irurtia, A. (2023). The effect of training schedule and playing positions on training loads and game demands in professional handball players. *Biology of sport*, *40*(3), 857–866. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.121323

Font, R., Karcher, C., Reche, X., Carmona, G., Tremps, V., & Irurtia, A. (2021). Monitoring external load in elite male handball players depending on playing positions. *Biology of sport*, *38*(3), 475–481. https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.101123

Fort-Vanmeerhaeghe, A., Arboix-Alió, J., Montalvo, A. M. (2022). Return-to-sport following anterior cruciate ligament reconstruction in team sport athletes. Part II: Progressive framework. *Apunts Sports Medicine*, 51 (213), 100361.https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2021.100361

Fox, J. L., Stanton, R., Sargent, C., O'Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2019). The Impact of Contextual Factors on Game Demands in Starting, Semiprofessional, Male Basketball Players. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(4), 450–456. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0203

Fox, J. L., Stanton, R., Sargent, C., Wintour, S. A., & Scanlan, A. T. (2018). The Association Between Training Load and Performance in Team Sports: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *48*(12), 2743–2774. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0982-5

Freitas, J., & Estriga, L. (2024). Exploring External Load Metrics in Team Handball: A Study of Europe's Under-20 Male Championship. *E-balonmano.com*, 20(2), 143-154. https://doi.org/10.17398/1885-7019.20.143

Gabbett T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?. *British journal of sports medicine*, *50*(5), 273–280. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788

Gabbett, T. J., Nassis, G. P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D., Beard, A., & Ryan, A. (2017a). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British journal of sports medicine*, *51*(20), 1451–1452. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097298

Gabbett, T. J., & Whiteley, R. (2017b). Two Training-Load Paradoxes: Can We Work Harder and Smarter, Can Physical Preparation and Medical Be Teammates?. *International journal of sports physiology and*

performance, *12*(Suppl 2), S250–S254. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0321

García-Unanue, J., Pérez-Gómez, J., Giménez, J. V., Felipe, J. L., Gómez-Pomares, S., Gallardo, L., & Sánchez-Sánchez, J. (2018). Influence of contextual variables and the pressure to keep category on physical match performance in soccer players. *PloS one*, *13*(9), e0204256. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204256

Ghobadi, H., Rajabi, H., Farzad, B., Bayati, M., & Jeffreys, I. (2013). Anthropometry of World-Class Elite Handball Players According to the Playing Position: Reports From Men's Handball World Championship 2013. *Journal of human kinetics*, *39*, 213–220. https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0084

Glaister M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *35*(9), 757–777. https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00003

Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2020a). 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

Gómez-Carmona, C. D., García-Santos, D., Mancha-Triguero, D., Antúnez, A., & Ibáñez, S. J.. (2020b). Analysis of sex-related differences in external load demands on beach handball. *Revista Brasileira De Cineantropometria & Desempenho Humano*, *22*, e71448. https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e71448

Gonçalves, L. G., Nobari, H., Rites, A. A., Nakamura, F. Y., Garcia, G. R., & Aquino, R. (2024). Influence of contextual factors on match running performance of starters and non-starters in elite youth male soccer players. *Science progress*, *107*(2), 368504241239187. https://doi.org/10.1177/00368504241239187

González-Haro, P. J., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Rojas-Valverde, D., Gómez-López, M., & Pino-Ortega, J.. (2020). Analysis of playing position and match statusrelated differences in external load demands on amateur handball: a case study. *Revista Brasileira De Cineantropometria & Desempenho Humano*, *22*, e71427. https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e71427

González-García, J., Latella, C., Aguilar-Navarro, M., & Romero-Moraleda, B. (2023). Effects of Resistance Priming Exercise on Within-day Jumping

Performance and its Relationship with Strength Level. *International journal of sports medicine*, *44*(1), 38–47. https://doi.org/10.1055/a-1898-4888

Guignard, B., Karcher, C., Reche, X., Font, R., & Komar, J. (2022). Contextualizing Physical Data in Professional Handball: Using Local Positioning Systems to Automatically Define Defensive Organizations. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *22*(15), 5692. https://doi.org/10.3390/s22155692

Halson S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *44 Suppl 2*(Suppl 2), S139–S147. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z

Harper, D. J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-Intensity Acceleration and Deceleration Demands in Elite Team Sports Competitive Match Play: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *49*(12), 1923–1947. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01170-1

Harper, D. J., McBurnie, A. J., Santos, T. D., Eriksrud, O., Evans, M., Cohen, D. D., Rhodes, D., Carling, C., & Kiely, J. (2022). Biomechanical and Neuromuscular Performance Requirements of Horizontal Deceleration: A Review with Implications for Random Intermittent Multi-Directional Sports. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *52*(10), 2321–2354. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01693-0

Harriss, D. J. and Atkinson, G. (2015) Ethical standards in sport and exercise science research: 2016 update. *International Journal of Sports Medicine* *36*(14), 1121–1124.

Harrison, P. W., James, L. P., McGuigan, M. R., Jenkins, D. G., & Kelly, V. G. (2019). Resistance Priming to Enhance Neuromuscular Performance in Sport: Evidence, Potential Mechanisms and Directions for Future Research. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *49*(10), 1499–1514. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01136-3

Harrison, P. W., James, L. P., McGuigan, M. R., Jenkins, D. G., & Kelly, V. G. (2020). Prevalence and application of priming exercise in high performance sport. *Journal of science and medicine in sport*, *23*(3), 297–303. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.09.010

Hasan, A. A., Reilly, T., Cable, N. T., & Ramadan, J. (2007). Anthropometric profiles of elite Asian female handball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *47*(2), 197–202.

Hatzimanouil, D., Lola, A., Giatsis, G., Skandalis, V. (2023). The Effect of the 'Fast Game' in Handball on the Final Ranking of Teams in Major International Competitions. *International Journal of Instruction*,*16(4)*, 247–262.

Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of strength and conditioning research*, *24*(9), 2408–2418. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c

Hermassi, S., van den Tillaar, R., Khlifa, R., Chelly, M. S., & Chamari, K. (2015). Comparison of In-Season-Specific Resistance vs. A Regular Throwing Training Program on Throwing Velocity, Anthropometry, and Power Performance in Elite Handball Players. *Journal of strength and conditioning research*, *29*(8), 2105–2114. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000855

Hermassi, S., Laudner, K., & Schwesig, R. (2019a). Playing Level and Position Differences in Body Characteristics and Physical Fitness Performance Among Male Team Handball Players. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, *7*, 149. https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00149

Hermassi, S., Schwesig, R., Aloui, G., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019b). Effects of Short-Term In-Season Weightlifting Training on the Muscle Strength, Peak Power, Sprint Performance, and Ball-Throwing Velocity of Male Handball Players. *Journal of strength and conditioning research*, *33*(12), 3309–3321. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003068

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(1), 3–13. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278

Iannaccone, A., Fusco, A., Skarbalius, A., Kniubaite, A., Cortis, C., & Conte, D. (2022). Relationship Between External and Internal Load Measures in Youth Beach Handball. *International journal of sports physiology and performance*, *17*(2), 256–262. https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0225

Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International journal of sports physiology and performance*, *14*(2), 270–273. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0935

Impellizzeri, F. M., Shrier, I., McLaren, S. J., Coutts, A. J., McCall, A., Slattery, K., Jeffries, A. C., & Kalkhoven, J. T. (2023). Understanding Training Load as Exposure and Dose. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *53*(9), 1667–1679. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01833-0

Ju, W., Hawkins, R., Doran, D., Gómez-Díaz, A., Martín-García, A., Evans, M., Laws, A., & Bradley, A. P. S. (2023). Tier-specific contextualised high-intensity running profiles in the English Premier League: more on-ball movement at the top. *Biology of sport*, *40*(2), 561–573. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.118020

Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *44*(6), 797–814. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z

Karpan, G., Škof, B., Bon, M. & Šibila, M. (2015). Analysis of female handball players' effort in different playing positions during official matches. *Kinesiology, 47.* (1.), 100-107. https://hrcak.srce.hr/140257

Kniubaite, A., Skarbalius, A., Clemente, F. M., & Conte, D. (2019). Quantification of external and internal match loads in elite female team handball. *Biology of sport*, *36*(4), 311–316. https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.88753

Krüger, K., Pilat, C., Uckert, K., Frech, T., & Mooren, F. C. (2014). Physical performance profile of handball players is related to playing position and playing class. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(1), 117–125. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318291b713

Lago-Peñas, C. (2023). Cuando metes gol eres grande, cuando no... eres gordo: Preparación física y rendimiento en el fútbol profesional. Editorial: Autor-Editor.

Lago-Peñas, C., Kalén, A., Lorenzo-Martinez, M., López-Del Campo, R., Resta, R., & Rey, E. (2021). Do elite soccer players cover longer distance when losing? Differences between attackers and defenders. International Journal of Sports Science & Coaching, 16(3), 840-847. https://doi.org/10.1177/1747954120982270

Lefèvre, T., Guignard, B., Karcher, C., Reche, X., Font, R., & Komar, J. (2023). A deep dive into the use of local positioning system in professional handball: Automatic detection of players' orientation, position and game phases to

analyse specific physical demands. *PloS one*, *18*(8), e0289752. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289752

Linke, D., Link, D., & Lames, M. (2018). Validation of Electronic Performance and Tracking Systems EPTS under Field Conditions. *PloS One*, *13*(7), e0199519. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199519

Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2017). High-Intensity Events in International Women's Team Handball Matches. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(1), 56–61. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0641

Luteberget, L. S., Holme, B. R., & Spencer, M. (2018a). Reliability of Wearable Inertial Measurement Units to Measure Physical Activity in Team Handball. *International journal of sports physiology and performance*, *13*(4), 467–473. https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0036

Luteberget, L. S., Spencer, M., & Gilgien, M. (2018b). Validity of the Catapult ClearSky T6 Local Positioning System for Team Sports Specific Drills, in Indoor Conditions. *Frontiers in physiology*, *9*, 115. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00115

Luteberget, L. S., Trollerud, H. P., & Spencer, M. (2018c). Physical demands of game-based training drills in women's team handball. *Journal of sports sciences*, *36*(5), 592–598. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1325964

Mancha-Triguero, D., González-Espinosa, S., Córdoba, L. G., García-Rubio, J., & Feu, S.. (2020). Differences in the physical demands between handball and beach handball players. *Revista Brasileira De Cineantropometria & Desempenho Humano*, *22*, e72114. https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e72114

Manchado, C., Pers, J., Navarro, F., Han, A., Sung, E., & Platen, P. (2013b). Time-motion analysis in women's team handball: Importance of aerobic performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, *8*(2), 376–390. https://doi.org/10.4100/jhse.2012.82.06

Manchado, C., Pueo, B., Chirosa-Rios, L. J., & Tortosa-Martínez, J. (2021). Time-Motion Analysis by Playing Positions of Male Handball Players during the European Championship 2020. *International journal of environmental research and public health*, *18*(6), 2787. https://doi.org/10.3390/ijerph18062787

Manchado, C., Tortosa Martínez, J., Pueo, B., Cortell Tormo, J. M., Vila, H., Ferragut, C., Sánchez Sánchez, F., Busquier, S., Amat, S., & Chirosa Ríos,

L. J. (2020). High-Performance Handball Player's Time-Motion Analysis by Playing Positions. *International journal of environmental research and public health*, *17*(18), 6768. https://doi.org/10.3390/ijerph17186768

Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013a). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects--a review. *Journal of strength and conditioning research*, *27*(6), 1708–1719. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891535

Markus, I., Constantini, K., Hoffman, J. R., Bartolomei, S., & Gepner, Y. (2021). Exercise-induced muscle damage: mechanism, assessment and nutritional factors to accelerate recovery. *European journal of applied physiology*, *121*(4), 969–992. https://doi.org/10.1007/s00421-020-04566-4

Martín-García, A., Gómez Díaz, A., Bradley, P. S., Morera, F., & Casamichana, D. (2018). Quantification of a Professional Football Team's External Load Using a Microcycle Structure. *Journal of strength and conditioning research*, *32*(12), 3511–3518. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002816

Mason, B., McKune, A., Pumpa, K., & Ball, N. (2020). The Use of Acute Exercise Interventions as Game Day Priming Strategies to Improve Physical Performance and Athlete Readiness in Team-Sport Athletes: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *50*(11), 1943–1962. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01329-1

McBurnie, A. J., Harper, D. J., Jones, P. A., & Dos'Santos, T. (2022). Deceleration Training in Team Sports: Another Potential 'Vaccine' for Sports-Related Injury?. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *52*(1), 1–12. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01583-x

McGregor, S. J., Nicholas, C. W., Lakomy, H. K., & Williams, C. (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *Journal of sports sciences*, *17*(11), 895–903. https://doi.org/10.1080/026404199365452

McKay, A. K. A., Stellingwerff, T., Smith, E. S., Martin, D. T., Mujika, I., Goosey-Tolfrey, V. L., Sheppard, J., & Burke, L. M. (2022). Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. *International journal of sports physiology and performance*, *17*(2), 317–331. https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0451

McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2018). The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports*

medicine (Auckland, N.Z.), *48*(3), 641–658. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0830-z

Michalsik, L. B., & Aagaard, P. (2015c). Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *J Sports Med Phys Fitness*, *55*(9), 878-891.

Michalsik, L. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2013). Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *International journal of sports medicine*, *34*(7), 590–599. https://doi.org/10.1055/s-0032-1329989

Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2014). Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. *International journal of sports medicine*, *35*(7), 595–607. https://doi.org/10.1055/s-0033-1358713

Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2015d). Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(5), 415–429.

Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2015b). Technical Match Characteristics And Influence Of Body Anthropometry On Playing Performance In Male Elite Team Handball. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, *29*(2), 416–428. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000595

Michalsik, L., Aagaard, P., & Madsen, K. (2015a). Technical activity profile and influence of body anthropometry on playing performance in female elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(4), 1126–1138. https://doi.org/doi: 10.1519/JSC.0000000000000735

Milanović, D., Vuleta, D., & Ohnjec, K. (2018). Performance Indicators of Winning and Defeated Female Handball Teams in Matches of the 2012 Olympic Games Tournament. *Journal of human kinetics*, *64*, 247–253. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0198

Modric, T., Carling, C., Lago-Peñas, C., Versic, Š., Morgans, R., & Sekulic, D. (2023). To train or not to train (on match day)? Influence of a priming session on match performance in competitive elite-level soccer. *Journal of sports sciences*, *41*(18), 1726–1733. https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2296741

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P Group (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015

statement. Systematic reviews, 4(1), 1. https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1

Mohoric, U., Abazovic, E., and Paravlic A.H. (2022). Morphological and Physical Performance-Related Characteristics of Elite Male Handball Players: The Influence of Age and Playing Position. *Applied Sciences,* 12(23), 11894. https://doi.org/10.3390/app122311894

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, *21*(7), 519–528. https://doi.org/10.1080/0264041031000071182

Mohr, M., & Krustrup, P. (2013). Heat stress impairs repeated jump ability after competitive elite soccer games. *Journal of strength and conditioning research*, *27*(3), 683–689. https://doi.org/10.1097/JSC.0b013e31825c3266

Mokhtarzadeh, H., Yeow, C. H., Hong Goh, J. C., Oetomo, D., Malekipour, F., & Lee, P. V. (2013). Contributions of the soleus and gastrocnemius muscles to the anterior cruciate ligament loading during single-leg landing. *Journal of biomechanics*, *46*(11), 1913–1920. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.04.010

Møller, M., Nielsen, R. O., Attermann, J., Wedderkopp, N., Lind, M., Sørensen, H., & Myklebust, G. (2017). Handball load and shoulder injury rate: a 31-week cohort study of 679 elite youth handball players. *British journal of sports medicine*, *51*(4), 231–237. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096927

Morin, J. B., Petrakos, G., Jiménez-Reyes, P., Brown, S. R., Samozino, P., & Cross, M. R. (2017). Very-Heavy Sled Training for Improving Horizontal-Force Output in Soccer Players. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(6), 840–844. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0444

Müller, C., Willberg, C., Reichert, L., & Zentgraf, K. (2022). External Load Analysis in Beach Handball Using a Local Positioning System and Inertial Measurement Units. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *22*(8), 3011. https://doi.org/10.3390/s22083011

Mujika, I., Halson, S., Burke, L. M., Balagué, G., & Farrow, D. (2018). An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. *International journal of sports physiology and performance*, *13*(5), 538–561. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0093

Myklebust, G., Maehlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *7*(5), 289–292. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x

Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *8*(3), 149–153. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x

Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, *13*(2), 71–78. https://doi.org/10.1097/00042752-200303000-00002

Oliva-Lozano, J. M., Granero-Gil, P., & Panascì, M. (2024). Changes in Physical Performance Throughout Professional Soccer Match-Play. *Journal of strength and conditioning research*, *38*(1), 123–127. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004579

Oliva-Lozano, J.M., y Rago, V. (2020). *El sport scientist y la monitorización de la carga con ETPS en deportes de equipo*. Universidad de Almería (España)

Oliveira, R., Canário-Lemos, R., Morgans, R., Rafael-Moreira, T., Vilaça-Alves, J., & Brito, J. P. (2023). Are non-starters accumulating enough load compared with starters? Examining load, wellness, and training/match ratios of a European professional soccer team. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, *15*(1), 129. https://doi.org/10.1186/s13102-023-00743-y

Oliveira, T., Abade, E., Gonçalves, B., Gomes, I., & Sampaio., J. (2014). Physical and physiological profiles of youth elite handball players during training sessions and friendly matches according to playing positions. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *14*(1), 162–173. https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868712

Ortega-Becerra, M., Belloso-Vergara, A., & Pareja-Blanco, F. (2020). Physical and Physiological Demands During Handball Matches in Male Adolescent Players. *Journal of human kinetics*, *72*, 253–263. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0111

Pareja-Blanco, F., Asián-Clemente, J. A., & Sáez de Villarreal, E. (2021). Combined Squat and Light-Load Resisted Sprint Training for Improving Athletic

Performance. Journal of strength and conditioning research, 35(9), 2457–2463. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003171

Passfield, L., Murias, J. M., Sacchetti, M., & Nicolò, A. (2022). Training Load: Differentiating Training Volume and Training Dose. International journal of sports physiology and performance, 17(10), 1460–1462. https://doi.org/10.1123/ijspp.2022-0247

Petrakos, G., Morin, J. B., & Egan, B. (2016). Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *46*(3), 381–400. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0422-8

Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American journal of sports medicine*, *47*(7), 1744–1753. https://doi.org/10.1177/0363546518782460

Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Hernández-Belmonte, A., García-Rubio, J., Nakamura, F. Y., & Ibáñez, S. J. (2019). Impact of Contextual Factors on External Load During a Congested-Fixture Tournament in Elite U'18 Basketball Players. *Frontiers in psychology*, *10*, 1100. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01100

Þorgeirsson, S., Pic, M., Lozano, D., Sigurgeirsson, O., Sekulic, D., & Saavedra, J.M. (2022). Gender-based differences in game-related statistics between winning and losing teams in an amateur handball league. *Acta Gymnica*, *52*, Article e2022.001. https://doi.org/10.5507/ag.2022.001

Póvoas, S. C., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krustrup, P., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2014a). Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(2), 430–442. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a953b1

Póvoas, S. C., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krustrup, P., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2014b). Analysis of fatigue development during elite male handball matches. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(9), 2640–2648. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000424

Póvoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of strength and conditioning research*, *26*(12), 3365–3375. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aeee

Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, *28*(12), 1018–1024. https://doi.org/10.1055/s-2007-965158

Ribeiro, J. N., Gonçalves, B., Coutinho, D., Brito, J., Sampaio, J., & Travassos, B. (2020). Activity Profile and Physical Performance of Match Play in Elite Futsal Players. *Frontiers in psychology*, *11*, 1709. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01709

Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Gutiérrez-Vargas, R., & Pino-Ortega, J. (2019). From big data mining to technical sport reports: the case of inertial measurement units. *BMJ open sport & exercise medicine*, *5*(1), e000565. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000565

Román, J.D. (2008). Tactical collective of group in attack: The models spanish handball. *EBm JSS*, *4*, 29–51.

Romaratezabala, E., Nakamura, F. Y., Castillo, D., Gorostegi-Anduaga, I., & Yanci, J. (2018). Influence of warm-up duration on physical performance and psychological perceptions in handball players. *Research in sports medicine*, *26*(2), 230–243. https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1431536

Romero-Moraleda, B., González-García, J., Morencos, E., Giráldez-Costas, V., Moya, J. M., & Ramirez-Campillo, R. (2023). Internal workload in elite female football players during the whole in-season: starters vs non-starters. *Biology of sport*, *40*(4), 1107–1115. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.124849

Romero-Rodríguez, R., Alonso-Pérez-Chao, E., Ribas, C., Memmert, D., & Gómez-Ruano, M. (2024). Influence of contextual factors on most demanding scenarios in under-19 professional soccer players. Biology of Sport, 41(4), 51-60. https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.136087

Russell, M., West, D. J., Harper, L. D., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2015). Half-time strategies to enhance second-half performance in team-sports players: a review and recommendations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *45*(3), 353–364. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0297-0

Saal, C., Baumgart, C., Wegener, F., Ackermann, N., Sölter, F., & Hoppe, M. W. (2023). Physical match demands of four LIQUI-MOLY Handball-Bundesliga teams from 2019–2022: effects of season, team, match outcome, playing position, and halftime. *Frontiers in Sports and Active Living*, *5*(May), 1–12. https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1183881

Sabag, A., Lovell, R., Walsh, N. P., Grantham, N., Lacome, M., & Buchheit, M. (2021). Upper-Body Resistance Training Following Soccer Match Play: Compatible, Complementary, or Contraindicated?. *International journal of sports physiology and performance*, *16*(2), 165–175. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0762

Sánchez-Sáez, J. A., Sánchez-Sánchez, J., Martínez-Rodríguez, A., Felipe, J. L., García-Unanue, J., & Lara-Cobos, D. (2021). Global Positioning System Analysis of Physical Demands in Elite Women's Beach Handball Players in an Official Spanish Championship. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *21*(3), 850. https://doi.org/10.3390/s21030850

Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *Journal of strength and conditioning research*, *30*(5), 1470–1490. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221

Silva, H., Nakamura, F., Castellano, J., Marcelino, R. (2023). Training Load Within a Soccer Microcycle Week—A Systematic Review. *Strength and Conditioning Journal*, 45(5, 568-577.

Silva, L. M., Neiva, H. P., Marques, M. C., Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2018). Effects of Warm-Up, Post-Warm-Up, and Re-Warm-Up Strategies on Explosive Efforts in Team Sports: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *48*(10), 2285–2299. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0958-5

Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., Hutchinson, M. R., Janse van Rensburg, C., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British journal of sports medicine*, *50*(17), 1030–1041. https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581

Soligard, T., Palmer, D., Steffen, K., Lopes, A. D., Grek, N., Onishi, K., Shimakawa, T., Grant, M. E., Mountjoy, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2022). New sports, COVID-19 and the heat: sports injuries and illnesses in the Tokyo 2020 Summer Olympics. *British journal of sports medicine*, bjsports-2022-106155. Advance online publication. https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106155

Staunton, C. A., Abt, G., Weaving, D., & Wundersitz, D. W. T. (2022). Misuse of the term 'load' in sport and exercise science. *Journal of science and medicine in sport*, *25*(5), 439–444. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.08.013

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *48*(4), 765–785. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z

Swann, C., Moran, A., & Piggott, D. (2015). Defining Elite Athletes: Issues in the Study of Expert Performance in Sport Psychology. Psychology of Sport and Exercise, 16(1), 3– 14. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.07.004

Taberner, M., Allen, T., & Cohen, D. D. (2019). Progressing rehabilitation after injury: consider the 'control-chaos continuum'. *British journal of sports medicine*, *53*(18), 1132–1136. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100157

Taberner, M., Allen, T., Constantine, E., Cohen, D. D. (2020). From control to chaos to competition. Building a pathway for return to performance following ACL reconstruction. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 9, 84-94.

Taberner, M., Allen, T., O'keefe, J., & Cohen, D. D. (2022). Contextual considerations using the 'control-chaos continuum' for return to sport in elite football - Part 1: Load planning. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, *53*, 67–74. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.10.015

Terrados, N., Calleja-González, J., Schelling, X. (2011). Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*; 4 (2): 84-88.

Tillaar, R. V. D., Roaas, T. V., & Oranchuk, D. (2020). Comparison of effects of training order of explosive strength and plyometrics training on different physical abilities in adolescent handball players. *Biology of sport*, *37*(3), 239–246. https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.95634

Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S., Sweeting, A., & Clubb, J. (2022). Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis. *Sports medicine - open*, *8*(1), 15. https://doi.org/10.1186/s40798-022-00408-z

Vandenbroucke, J. P., von Elm, E., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Mulrow, C. D., Pocock, S. J., Poole, C., Schlesselman, J. J., Egger, M., & STROBE Initiative (2007). Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, *18*(6), 805–835. https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181577511

Varjan, M., Hank, M., Kalata, M., Chmura, P., Mala, L., & Zahalka, F. (2023). Weekly Training Load Differences between Starting and Non-Starting

Soccer Players. *Journal of human kinetics*, *90*, 125–135. https://doi.org/10.5114/jhk/171449

Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., & Sampaio, J. (2020). Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball. *Journal of strength and conditioning research*, *34*(11), 3217–3224. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002761

Venzke, J., Schäfer, R., Niederer, D., Manchado, C., & Platen, P. (2023). Metabolic power in the men's European handball championship 2020. Journal of sports sciences, 41(5), 470–480. https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2223413

Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of strength and conditioning research*, *26*(8), 2146–2155. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46

Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. Journal of sports science & medicine, 13(4), 808–816.

Walker, J., Hawkins, R. (2018). Structuring a Program in Elite Professional Soccer. *Strength and Conditioning Journal,* 40(3),72-82.s

Wik, E. H., Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2017). Activity Profiles in International Women's Team Handball Using PlayerLoad. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(7), 934–942. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0732

Zapardiel, J. C., Asín-Izquierdo, I., Manchado, C., Marcos-Jorquera, D., Gilart-Iglesias, V., & Lozano, D. (2024). Competitive profile analysis according to playing positions of female handball players during the European Championship 2020. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1–19. https://doi.org/10.1080/24748668.2024.2333655

#11 Anexos



Anexo A

Otras publicaciones derivadas de la tesis doctoral

A continuación, se detallan otras publicaciones que han sido desarrolladas durante este proyecto, pero que no componen el documento de la tesis.

1. **García-Sánchez, C.,** Navarro, R., Nieto-Acevedo, R., de la Rubia, A. (2024). Is match playing time a potential tool for managing load in women's handball? *Journal of Strength and Conditioning Research,* (aceptado).

2. **García-Sánchez, C.,** Navarro, R., Nieto-Acevedo, R., de la Rubia, A. (2024). Does the Final Score Influence the Physical Demands of Women's Handball Matches? *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine,* (under review).

3. **García-Sánchez, C.,** Navarro, R. M., de la Rubia, A., Tannion, K. (2024). Influencia de la posición de juego en las aceleraciones y deceleraciones soportadas por jugadoras semiprofesionales de balonmano en competición oficial. *E- balonmano.com*; *Revista de Ciencias del Deporte* 20(2),127-134. https://doi.org/10.17398/1885-7019.20.127

Anexo B

Comunicaciones derivadas de la tesis doctoral

Durante la elaboración de la presente Tesis Doctoral se desarrollaron diferentes comunicaciones que se detallan en la Tabla 11. Todas ellas pueden consultarse en los Anexo B del documento.

Tabla 11. Comunicaciones derivadas de la tesis doctoral.

Comunicación	Título	Congreso	Organizador	ISSN/ISBN
1	**Carlos García-Sánchez,** Rafael Manuel Navarro, Kyran Tannion, Alfonso de la Rubia. (Octubre 2023). Influencia de la posición de juego en las aceleraciones y deceleraciones soportadas por jugadoras semiprofesionales de balonmano en competición oficial: Estudio de una temporada completa mediante sistemas de posicionamiento local	IV Congreso Internacional de Balonmano (COINBA)	Universidad de Granada y Escuela Nacional de Entrenadores de la Real Federación Española de Balonmano	-
2	**Carlos García-Sánchez,** Rafael Manuel Navarro, Alfonso de la Rubia. (Diciembre 2023). Physical demands during close, balanced and unbalanced matches in semi-professional women's matches	International Scientific-Practical Conference Athlete Training Management	Lithuanian Sports University	eISSN 2538-7952
3	**Carlos García-Sánchez,** Rafael Manuel Navarro, Raúl Nieto-Acevedo, Alfonso de la Rubia. (Mayo 2024). Fluctuations in Physical Performance Throughout the Match in Women's Handball	VII Congreso Internacional Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva	CEU Fundación San Pablo Andalucía y ESYDE Formación	-
4	**Carlos García-Sánchez,** Rafael Manuel Navarro, Raúl Nieto-Acevedo, Alfonso de la Rubia. (Junio 2024). Total distance and PlayerLoad are interchangeable metrics in semi-professional women's handball?	3rd International Congress in Exercise, Biomechanics and Nutrition	Polytechnic Institute of Setubal	-

Influencia de la posición de juego en las aceleraciones y deceleraciones soportadas por jugadoras semiprofesionales de balonmano en competición oficial: Estudio de una temporada completa mediante sistemas de posicionamiento local

Comunicación Oral presentada en IV Congreso Internacional de Balonmano (COINBA), Granada 2023

IV Congreso Internacional de Balonmano 2023

Se otorga el presente certificado a D./Dña.

Carlos García-Sánchez, Rafael Manuel Navarro, Kyran Tannion, Alfonso de la Rubia

Participaron con la **COMUNICACIÓN: "Influencia de la posición de juego en las aceleraciones y deceleraciones soportadas por jugadoras semiprofesionales de balonmano en competición oficial: Estudio de una temporada completa mediante sistemas de posicionamiento local"** en el IV Congreso Internacional de Balonmano celebrado en Granada del 3 al 5 de noviembre con una duración de 25 horas.

D. Gerard Lasierra Aguila
Director Escuela Nacional de Entrenadores

D. Luis Javier Chirosa Ríos
Presidente del Comité Organizador COINBA

Organiza la Escuela Nacional de Entrenadores

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE
FABM Federación Andaluza de Balonmano
Escuela Nacional de Entrenadores
IDAFISAD
ESPAÑA
Departamento Educación Física y Deportiva
AEBM

Physical demands during close, balanced and unbalanced matches in semi-professional women's matches

Comunicación Oral presentada en International Scientific-Practical Conference Athlete Training Management, Kaunas 2023.

Physical demands during close, balanced and unbalanced matches in semi-professional women's handball

Carlos García-Sánchez[1], Rafael Manuel Navarro[2] and Alfonso de la Rubia[1]

[1]Deporte y Entrenamiento Research Group, Departamento de Deportes, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, C/Martín Fierro 7, 28040 Madrid, Spain.

[2] Department of Sports Sciences, European University of Madrid; 28670 Villaviciosa de Odón, Spain.

Introduction

Handball is considered an intermittent team-sport characterized by long periods of low-intensity movements (e.g. standing still or walking) interrupted by short intervals of high-intensity actions (e.g., jumps, sprints, changes of direction and throws) with frequent and intense body contact against the opponents [1, 2]. Recent research carried out in other team sports has revealed that physical demands are strongly influenced by contextual factors [3, 4]. However, knowledge about the influence of contextual factors on external load is currently limited in handball. Therefore, understanding the influence of contextual factors on physical and mechanical demands during matches is essential to maximize performance, manage stress and recovery, and reduce injury risk.

Objective

The aim of this study was to explore and compare the effect of goal difference at the end of the match on external load variables during official matches in women´s handball.

Research methods and organization

Twenty-two semi-professional female players from the Spanish 2nd Division were monitored across 13 official home matches. Total distance covered, high-speed running distance, accelerations, decelerations and PlayerLoad™ were collected in absolute and relative values (normalized by playing time) using a local positioning system (WIMU PRO™, Realtrack Systems S.L., Almería, Spain). The total number of matches played during the entire league (n = 182) was pooled into different match types according to goal difference. Then, three types of matches were obtained (using k-means cluster analysis) [5]: 4 close matches (0-3 goals; n = 62 LPS individual observations), 7 balanced matches (4-8 goals; n = 90 LPS individual observations), and 2 unbalanced matches (>9 goals; n = 30 LPS individual observations). One-way ANOVA followed by Games–Howell post hoc testing (parametric variables) or Kruskal Wallis followed by the Dwass-Steel-Critchlow-Fligner test (non-parametric variables) were calculated to determine differences between types of matches. The level of significance was set at $p < 0.05$.

Results and discussion

Unbalanced matches elicited higher decelerations per minute (16.4 ± 4.1 count·min^{-1}) than balanced matches (15.2 ± 3.8 count·min^{-1}) and close matches (13.1 ± 2.8 count·min^{-1}) ($p < 0.05$). No significant differences in the rest of external load variables were found ($p > 0.05$). This difference could be explained by a higher number of fast breaks in unbalanced matches [5], because these actions are followed by strong decelerations from a high velocity.

Conclusions

The study indicates that goal difference at the end of the match affect the decelerations per minute experienced by female players during official matches.

References

1. Manchado C, Tortosa-Martínez J, Vila H, Ferragut C, Platen P. Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects--a review. *J Strength Cond Res*. 2013;27(6):1708-1719. doi:10.1519/JSC.0b013e3182891535

2. Karcher C, Buchheit M. On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Med*. 2014;44(6):797–814. doi:10.1007/s40279-014-0164-z. doi:10.1007/s40279-014-0164-z

3. Augusto D, Brito J, Aquino R, et al. Contextual Variables Affect Running Performance in Professional Soccer Players: A Brief Report. *Front Sports Act Living*. 2021;3:778813. doi:10.3389/fspor.2021.778813

4. Pino-Ortega J, Rojas-Valverde D, Gómez-Carmona CD, et al. Impact of Contextual Factors on External Load During a Congested-Fixture Tournament in Elite U'18 Basketball Players. *Front Psychol*. 2019;10:1100. doi:10.3389/fpsyg.2019.01100

5. de Paula LV, Costa FE, Mello R, Menezes RP, Filipino EC, Werneck F, Greco P. Analysis of discriminatory game variables between winners and losers in women's handball world championships from 2007 to 2017: Discriminatory variables in women's handball championships. Kinesiology. 2020;52(01):54-63. doi: 10.26582/k.52.1.6.

LITHUANIAN SPORTS UNIVERSITY

PAŽYMĖJIMAS

No. 272

This is to certify that

Carlos García-Sánchez, Rafael Manuel Navarro and Alfonso de la Rubia

have presented the oral communication entitled "*Physical demands during close, balanced and unbalanced matches in semi-professional women's handball"* at the International Scientific-Practical Conference Athlete Training Management held on 14th of December, 2023.

Director
Knowledge and
Innovation Relay Division

Aida Vengalė

PAŽYMĖJIMO RAKTAS: 1D1260C3366E
EPAZYMEJIMAS.LT

Fluctuations in Physical Performance Throughout the Match in Women's Handball

Comunicación Oral presentada en VII Congreso Internacional Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva, Sevilla 2024.



Fluctuations in Physical Performance Throughout the Match in Women's Handball

Carlos García-Sánchez
Deporte y Entrenamiento Research Group, Departamento de Deportes, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, C/Martín Fierro 7, 28040 Madrid, Spain

Rafael Manuel Navarro
Faculty of Sports Sciences, European University of Madrid; 28670 Villaviciosa de Odón, Spain

Raúl Nieto-Acevedo
Deporte y Entrenamiento Research Group, Departamento de Deportes, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, C/Martín Fierro 7, 28040 Madrid, Spain

Alfonso de la Rubia
Deporte y Entrenamiento Research Group, Departamento de Deportes, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, C/Martín Fierro 7, 28040 Madrid, Spain

Abstract

Introduction: Handball is considered an intermittent team-sport characterized by periods of high-intensity actions that are interspersed with lower intensity activities [1]. Consequently, analyzing the physical performance of the players during official matches is essential to maximize performance, minimize fatigue and reduce injury risk [2, 3]. Therefore, the purpose of this study was to analyze fluctuations in physical performance throughout match-play in women's handball. ***Methods:*** Twenty-two semi-professional female players from the Spanish 2nd Division were monitored across 13 official home. Each match was divided into 5-min fixed phases. Total distance (TD), high-speed running (HSR) and PlayerLoad™ (PL) were collected using a local positioning system (WIMU PRO™, Realtrack Systems S.L., Almería, Spain). Fluctuations in TD, HSR and PL between different 5-min fixed phases of the match were examined by repeated-measures analysis of variance (ANOVA) and Cohen's effect size (ES). ***Results:*** The highest values of TD (371.9 ± 108.7 m), HSR (43.4 ± 37.7 m) and PL (6.4 ± 1.9 a.u) were registered during the first 5-min phase of the match compared to the subsequent 5-min phases of the match ($p < 0.05$, moderate-large effects). The lowest values of TD (234.9 ± 102.2 m) and PL (3.7 ± 1.7 a.u.) were registered in the last 5-min phase of the first half whereas for HSR (14.5 ± 19.6 m) in the last 5-min phase of the second half ($p < 0.001$, large effects).

In addition, players registered higher values of TD and PL during the first 5-min phase of the second half compared to the last 5-min phase of the first half ($p < 0.001$, moderate effects). ***Discussion:*** There are many causes that could explain these fluctuations in physical performance during the match. Firstly, players could decrease the pace of match after high-intensity phases [4]. Secondly, coaches could experiment with new tactics or systems or introduce weaker of less-fit players [4]. Lastly, and the most probable reason, is that handball players experience fatigue during the match and, therefore, their physical performance is reduced [5]. ***Conclusions:*** The present study indicates that the physical performance decreases throughout different phases of the match. Therefore, handball coaches should incorporate different strategies to mitigate the effects of fatigue within (e.g., player substitutions) and between halves (e.g., rehydrate, re-fuel, heat maintenance or re-warm-up).

Palabras clave: *fatigue, external load, monitoring, player tracking, local positioning system, wearable device*

References

1. Karcher C, Buchheit M. On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. Sports Med. 2014;44(6):797–814. doi:10.1007/s40279-014-0164-z

2. Manchado C, Tortosa-Martínez J, Vila H, Ferragut C, Platen P. Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects--a review. J Strength Cond Res. 2013;27(6):1708-1719. doi:10.1519/JSC.0b013e3182891535

3. García-Sánchez C, Navarro RM, Karcher C, de la Rubia A. Physical Demands during Official Competitions in Elite Handball: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(4):3353. doi:10.3390/ijerph20043353

4. Wik EH, Luteberget LS, Spencer M. Activity profiles in international women's team handball using PlayerLoad. Int J Sports Physiol Perform. 2017; 12(7):934–42. doi:10.1123/ijspp.2015-0732

5. Póvoas SC, Ascensão AA, Magalhães J, et al. Analysis of fatigue development during elite male handball matches. J Strength Cond Res. 2014;28(9):2640-2648. doi:10.1519/JSC.0000000000000424



VII CONGRESO INTERNACIONAL
OPTIMIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO
Y READAPTACIÓN FÍSICO-DEPORTIVA

18 de mayo de 2024 — COER 24 · ESYDE · CEU Fundación San Pablo Andalucía

CERTIFICADO DE COMUNICACIÓN

Carlos García Sánchez, Rafael Manuel Navarro, Raúl Nieto Acevedo y Alfonso de la Rubia Riaza

"Fluctuations in physical performance throughout the match in women's handball"

Ha expuesto su comunicación en el VII Congreso Internacional en Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico - Deportiva celebrado el día 18 de mayo de 24 organizado por ESYDE Formación y Fundación San Pablo Andalucía CEU. Por lo que se expide este certificado el 29 de mayo de 2024.

ESYDE DOGESPORT S.L.
CIF: B90420605

Francisco Javier Muñoz Cintado
Presidente del comité organizador

CEU Instituto de Posgrado
Fundación San Pablo Andalucía

María Luisa Ruíz Camacho
Directora del Instituto de Posgrado
Fundación San Pablo Andalucía CEU

Total distance and PlayerLoad are interchangeable metrics in semi-professional women's handball?

Comunicación Oral presentada en 3rd International Congress in Exercise, Biomechanics and Nutrition, Setubal 2024.

Total distance and PlayerLoad are interchangeable metrics in semi-professional women's handball?

García-Sánchez, C.[1], Navarro, R.M.[2], Nieto-Acevedo, R. [1], de la Rubia, A.[1]

[1]Deporte y Entrenamiento Research Group, Departamento de Deportes, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid, C/Martín Fierro 7, 28040 Madrid, España
[2] Faculty of Sports Sciences, European University of Madrid; 28670 Villaviciosa de Odón, Spain

Introduction: In the recent years, different companies have developed new monitoring devices such as local positioning system (LPS) with inertial measurement units (IMUs) (e.g., accelerometers, gyroscopes, and magnetometers) to measure and analyze different external load variables in indoor team sports (i.e., basketball, handball or futsal). However, to the best of our knowledge, there is no research that provides information about the associations between metrics from the LPS (e.g., Total Distance) and IMUs (e.g., PlayerLoad) in women's handball matches. Therefore, the present study serves as a preliminary analysis with a two-fold purpose: (1) to examine the association between Total Distance acquired from the LPS and PlayerLoad captured by the IMUs and (2) to determine the predictive capacity of Total distance from PlayerLoad.

Methods: Twenty-two semi-professional female players (age: 20.5 ± 3.1 years; height: 168.0 ± 4.8 cm; and body mass: 66.1 ± 10.1 kg) from the same team participated voluntarily in this study. The players were monitored across 13 official home matches from the Spanish 2nd Division during the 2021-2022 season. Total Distance and PlayerLoad were collected using a LPS with IMUs (WIMU PRO™, Realtrack Systems S.L., Almería, Spain). In total, 153 individual LPS registers were collected (wings, $n = 39$; backs, $n = 88$; and pivots, $n = 26$). The Kolmogorov-Smirnov test was performed to confirm data distribution normality and the statistical significance level was set at $p<0.05$. Pearson's correlation was used to examine the association between Total Distance acquired from the LPS and PlayerLoad captured by the IMUs. In accordance with previous literature, correlation coefficients were interpreted as trivial (0–0.09), small (0.10–0.29), moderate (0.30–0.49), large (0.50–0.69), very large (0.70–0.89), and almost perfect (0.90–1). Additionally, a simple linear regression was performed for each practice to predict Total Distance from PlayerLoad.

Results and Conclusions: A almost perfect correlation was found between PlayerLoad and Total Distance ($R = 0.978$; $p < 0.001$) and the simple linear regression showed that Total Distance may be predicted by the PlayerLoad ($R^2 = 0.957$; EE = 47.26; $p < 0.001$). In conclusion, these results indicate that Total Distance and PlayerLoad showed a strong correlation in semi-professional female handball players. Additionally, coaches and practitioners can use the PlayerLoad captured by the IMUs as an effective tool to predict Total Distance when the LPS is unavailable (e.g., away matches).

Keywords: external load; local positioning system; inertial measurement unit; load monitoring

Certificate

We hereby certify that

García-Sánchez, C., Navarro, R.M., Nieto-Acevedo, R., de la Rubia, A.

had an oral presentation entitled

Total distance and PlayerLoad are interchangeable metrics in semi-professional women's handball?

in the 3rd Edition of the international Congress **"Exercise, Biomechanics and Nutrition"** that took place June 4 and 5. This congress was organized by Superior School of Education of Polytechnic Institute of Setúbal.

We thank you for your participation, which greatly enriched the congress.

Setúbal, June 6, 2024

PhD Luis Leitão
Chair of Organizing Committee

EDUCAÇAO
POLITÉCNICO SETÚBAL
SCHOOL · POLYTECHNIC UNIVERSITY

cieqv centro de investigação em qualidade de vida

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

