



## ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR EL ENTRENAMIENTO CONCURRENTE DE FUERZA Y RESISTENCIA EN BALONMANO DE ÉLITE

### *Strategies to Optimize Strength and Endurance Concurrent Training in Elite Handball*

Sergio Sánchez López, Manuel A. Rodríguez Pérez  
Universidad de Almería

Recibido: 19/09/2016  
Aceptado: 20/11/2016

Correspondencia:  
Sergio Sánchez López  
Mail: [sergiosanchez627@gmail.com](mailto:sergiosanchez627@gmail.com)

### Resumen

**Objetivo:** Revisar la literatura existente sobre entrenamiento concurrente de Fuerza y Resistencia en jugadores de Balonmano de élite para definir estrategias válidas de cara a la planificación del entrenamiento.

**Metodología:** Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura en bases de datos como PubMed, SpringerLink, etc., siguiendo las directrices marcadas en la guía PRISMA de Urrutia y Bonfill (2010) y utilizando como criterio de exclusión la participación de deportistas de élite como sujetos de investigación.

**Resultados y Discusión:** los resultados mostraron la necesidad de controlar la combinación de intensidades de entrenamiento de ambas capacidades, la frecuencia de las sesiones y el orden y recuperación mínima que debe existir, si se plantean sesiones de ambas capacidades el mismo día.

**Conclusiones:** se concluyó que la combinación de intensidades para evitar el fenómeno de interferencia no debe ser de intensidades que produzcan adaptaciones a nivel periférico, y dejando un intervalo de 8 horas siempre que se planteen sesiones dobles de entrenamiento. Además, se dedujo que los jugadores con mayor fuerza y potencia parten con ventaja en las acciones del juego debido a las necesidades de fuerza de la disciplina.

**Palabras clave:** Intensidad; Fuerza; Protocolos de entrenamiento; Balonmano.

### Abstract

**Aim:** To review the existing literature about concurrent strength and endurance training for elite handball players in order to determine valid strategies to plan training programs.

**Methodology:** The literature in databases such as PubMed, SpringerLink, etc. was systematically reviewed following the guidelines established in the PRISMA guide by Urrutia & Bonfill (2010), using the performance of elite athletes—who were the research subjects—as exclusion criterion.

**Results and Discussion:** The results showed the need to control the combination of different intensities when training both capacities, the frequency of the sessions, and the order and minimum recuperation that must exist when two sessions of both capacities are scheduled on the same day.

**Conclusions:** The study revealed that when combining different intensities with the objective of avoiding the interference phenomenon, the intensities used should not be those that could produce peripheral adaptations, and that an 8-hour interval must be left in case of having two sessions on the same day. Furthermore, it became clear that players with more strength and power might have a head start in the game actions due to the strength requirements of the sport.

**Keywords:** Intensity; Strength; Training protocols; Handball.

## Introducción

**E**l Balonmano es un deporte colectivo, y al igual que en el resto de deportes colectivos, es fundamental y determinante el papel de la preparación física para un desarrollo completo de los jugadores. Para ello, es necesaria una buena planificación del entrenamiento para conseguir el desarrollo óptimo de la condición física de los deportistas.

Es un deporte, que se juega en una pista de 40x20 m., en dos partes de 30 min. cada una, con un descanso de 15 min. entre ambas. Entre las acciones físicas más comunes se encuentran todo tipo de saltos, esprines de corta distancia, lanzamientos, duelos y otras acciones específicas de la disciplina de alta intensidad, que ocurren según la variación de las diferentes situaciones tácticas del juego. En la revisión de Karcher y Buchheit (2014) se observa que la transición de ataque-defensa ocurre cada 22-30 s. aproximadamente, que el tiempo medio de recuperación entre acciones de alta intensidad (p.ej. sprint y desplazamiento lateral) y baja intensidad está entorno a los 55±32 s., que el ritmo medio de carrera es de 53±7 a 90±9 m·min<sup>-1</sup>, con una fuerte diferencia entre posiciones de juego. En base a la clasificación establecida en González-Badillo (2002) (p.272), el Balonmano es un deporte con necesidades medias de fuerza, donde la resistencia aeróbica queda en un segundo plano, ya que su mayor o menor condición no supone una limitación a la hora de competir en la élite, si el VO<sub>2</sub> máx. de los jugadores se encuentra en torno a 60 ml/kg/min, donde cobra más importancia el entrenamiento de la resistencia intermitente (RSA) por la naturaleza del juego (Gharbi, Dardouri, Haj-Sassi, Chamari y Souissi, 2015), siendo los jugadores con mayor masa muscular, fuerza útil y potencia los que parten con ventaja en ciertas acciones de juego (Gorostiaga, Granados, Ibáñez e Izquierdo, 2005).

Dentro de las demandas fisiológicas del Balonmano establecidas en la revisión de Karcher y Buchheit (2014), se encuentra; una acumulación de lactato post-partido de 4,8±1,9 a 8,3±1 mmol·l<sup>-1</sup>, parámetro limitado por no tener una lectura real durante el juego, y por las diferencias en las demandas físicas de cada posición. Los valores del VO<sub>2</sub>máx. durante el juego se obtuvieron de forma indirecta mediante la relación entre la frecuencia cardíaca (HR) registrada por los jugadores (82±9 al 87±9 %HRmáx.) y el VO<sub>2</sub>máx., obteniéndose un valor de entre 71-74% del VO<sub>2</sub>máx., pero poco significativo ya que los patrones específicos de movimiento y los tipos de contracción muscular que se dan durante el juego pueden afectar a la HR, independientemente de la demanda de oxígeno durante el juego. Por último, y no menos importante, la vía metabólica utilizada, con un aporte estable durante todo el juego, es la glucólisis anaeróbica.

Para definir las estrategias de organización para optimizar el entrenamiento concurrente en el balonmano de élite se seguirán las dos hipótesis definidas por Leveritt, Abernethy, Barry y Logan (1999):

- **Hipótesis crónica:** el tejido musculo esquelético no se puede adaptar ni morfológica ni metabólicamente al entrenamiento de fuerza y resistencia de forma simultánea, fundamentalmente debido a las diferencias en el tipo y el tamaño de las fibras musculares cuando el entrenamiento de fuerza se lleva a cabo de forma aislada o combinado con el entrenamiento de resistencia.
- **Hipótesis aguda:** la fatiga residual producida por el entrenamiento de resistencia reduce la capacidad del musculo para generar tensión. La sumatoria de sesiones de entrenamiento de fuerza bajo los efectos de dicha fatiga residual, y, por lo tanto, de menor calidad, produce un descenso del rendimiento en fuerza con el transcurso del tiempo.

Debido a la implicación que tienen las capacidades físicas Fuerza (S) y Resistencia (E) en el balonmano, es interesante entrenar ambas capacidades simultáneamente, lo que se llama, Entrenamiento Concurrente de Fuerza y Resistencia. Este método de entrenamiento tiene un inconveniente y es que, si se sigue el mismo régimen de entrenamiento, creando adaptaciones a nivel periférico, para las dos

variables (S y E) se producirán grandes interferencias en las adaptaciones neuromusculares de una capacidad sobre la otra. Por lo tanto, se debe organizar el entrenamiento dependiendo de la variable a mejorar, y del tipo de adaptaciones neuromusculares que interese en cada momento.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es revisar la literatura existente sobre entrenamiento concurrente de Fuerza y Resistencia en jugadores de Balonmano de élite para definir estrategias válidas de cara a la planificación del entrenamiento.

## Metodología de Revisión

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura, utilizando diferentes bases de datos, que son; Google Académico, Human Kinetics Journals, Lippincott Williams & Wilkins, ProQuest, PubMed y SpringerLink.

Los descriptores utilizados en la búsqueda de literatura fueron: “Concurrent Training”; “Strength and Endurance Training”; “Handball”; “Elite”; “Interference Phenomenon”.

Como criterio de exclusión se utilizó, deportistas amateurs (salvo comparación con élite en el mismo estudio), adultos, ancianos, población desentrenada. Se incluyeron los artículos realizados con sujetos de élite de cualquier edad y género y artículos escritos en inglés.

En una primera búsqueda, donde no se tuvo en cuenta ningún criterio de exclusión, se encontraron 77 artículos coincidentes. Tras leer el resumen, se aplicaron los criterios de exclusión establecidos, y se seleccionaron 25 artículos, de los cuales, después de una lectura del resumen, se seleccionaron 14 para una revisión profunda de su contenido

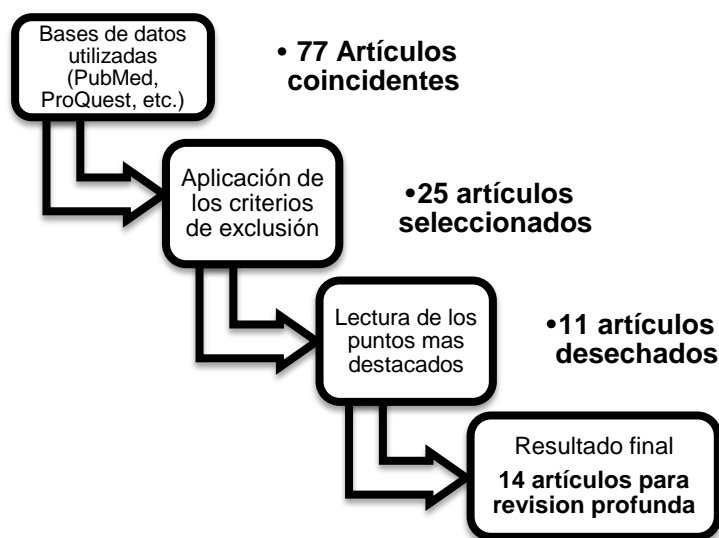


Figura 1. Esquema resumen de la metodología utilizada.

### Evaluación del rigor metodológico

Los estudios seleccionados (n= 14) fueron evaluados por los autores de este estudio empleando la *Physiotherapy Evidence Database Scale* (PEDro) (Moher et al., 2014). La escala PEDro ha mostrado su utilidad y fiabilidad en la realización de revisiones sistemáticas de RCT (De Morton, 2009), habiendo mostrado correlaciones intraclass de .56 para evaluaciones individuales y de .68 para evaluaciones por consenso (Maher et al., 2003). Para ser finalmente incluidos en el análisis, los trabajos debieron alcanzar al menos 5 puntos en la escala PEDro.

## Resultados

Para una presentación clara y concisa de los resultados obtenidos en la búsqueda de literatura, se han organizado en tres tablas donde se reflejan los datos más relevantes de cada artículo revisado, atendiendo a las directrices de la guía PRISMA de Urrutia y Bonfill (2010) (Tablas 1, 2 y 3 en Anexos).

**Tabla 1.** Estudios sobre adaptaciones producidas por el entrenamiento concurrente.

Estudio	Intervención			Semanas	Adaptaciones	Conclusiones
	Nivel participantes	Disciplina	Protocolo de entrenamiento			
Baker (2001)	Élite (14) Universitarios (15)	Rugby	Descrito en Baker (1998)	29	SRL mejoró en 1RM <sub>BP</sub> , pero no en BT Pmáx ni JS Pmáx. NRL no mejoró ninguna variable.	El que no haya habido cambios puede ser debido a la periodización general y del volumen total de entrenamiento.
Hoff et al. (2002)	Élite (19)	Esquí Campo a través	F. 3 series x 6 reps. 85% 1RM 3/semana E. 60-85% / 85-90% / 90-95% FC <sub>máx</sub> .	8	1RM mejoró sobre un 9,93%. TPF se redujo un 50-60% en dos cargas de trabajo submáximas. Economía de trabajo cambió de 1.02 a 0.74 l/kg/min.	El entrenamiento de F con énfasis neural, mejora la F y provoca mejoras en el rendimiento en R, mejorando la economía de trabajo
Jansen et al. (2007)	Élite (12)	Balonmano	F: SQ, BP, LP, NP 10 Rep. - 80%1RM Work/Rest ratio 1:4	ND	El VO <sub>2</sub> máx. varió de 0,8±0,2 l/min <sup>-1</sup> a 2,4±0,4 l/min <sup>-1</sup> .	El entrenamiento de alta intensidad con pesas no es capaz de producir mejoras adaptativas significantes en la función cardiovascular.
Marques et al. (2008)	Élite (10)	Voleibol	F. 3-4 series x 3-8 reps. E. No descrito.	12	F mejoró un 15% en BP y un 11,5% en SQ. BTd mejoró un 11,8%. CMJ con y sin carga aumentó un 3,8% y un 11,2% respectivamente.	Un entrenamiento bien diseñado que incluye entrenamiento de fuerza y polimétrico mejor la fuerza y la potencia en periodo de competición.
Izquierdo et al. (2010)	Élite (43)	Remo	F. 4RF – 4NRF – 2NRF – C R. No descrito.	8	4NRF mejoró significativamente 1RM (4,6%) y potencia (6,4%) en comparación con 4RF (2.1% - 1.2%) y 2NRF (0,6% - 0,6%).	Entrenamiento concurrente lineal de 8 semanas de fuerza y resistencia utilizando repeticiones moderadas sin fallo (4NRF) mejora significativamente la fuerza y potencia.
Botonis et al. (2015)	Élite (14)	Water polo	F. 5x4 85-90% 1RM 2/semana R. HIT <sub>4x4</sub> ó HIT <sub>16x100 swim</sub> 2/semana Entto. Específico Water Polo	8	F aumentó en ambos grupos HIT <sub>4x4</sub> (14%) y HIT <sub>16x100</sub> (19%).	Durante la pretemporada el entrenamiento de fuerza y HIT combinado con entrenamiento específico mejoran la fuerza y potencia muscular.
Enright et al. (2015)	Élite (15)	Fútbol	4 sesiones Específico Fútbol 2 sesiones de Fuerza 1 Partido de comp. en semana Grupo R + F / Grupo F + R	5	F aumento tanto para F + R como para R + F en todas las variables excepto en IMVC PF.	La organización de entrenamiento concurrente, junto con el periodo de recuperación y la nutrición son capaces de modular cambios significativos en el rendimiento físico.

F: Fuerza, R: Resistencia, FC<sub>máx</sub>: Frecuencia Cardíaca máxima, HIT: Entrenamiento de alta intensidad, RF: Repeticiones al Fallo, NRF: Repeticiones sin Fallo, RM: Repetición Máxima, NRL: Jugadores Profesionales, SRL: Jugadores Universitarios, BT Pmáx.: Potencia máxima en Press Banca con lanzamiento, JS Pmáx.: Potencia máxima en Sentadilla con Salto, TPF: Tiempo del Pico de Fuerza, VO<sub>2</sub>máx.: Consumo máximo de Oxígeno, SQ: Sentadilla, BTd: Lanzamiento de Balón Medicinal, CMJ: Salto con Contra-Movimiento, IMVC PF: Pico de Fuerza de la Máxima Contracción Voluntaria Isométrica.

**Tabla 2.** Estudios sobre comparación de características físicas de jugadores de Balonmano.

Estudio	Nivel de los participantes	Características físicas comparadas	Conclusiones
Gorostiaga et al. (2005)	Élite (15) Amateur (15)	Altura(cm), Peso(kg), BM (%), BF (%), MLG(kg), Sprint 5m(s), en 15m(s), Velocidad a 3mmol·l <sup>-1</sup> (km·h), FC a 3mmol·l <sup>-1</sup> (lpm), CMJ, 1RM <sub>BP</sub> , 1RM <sub>HS</sub> , L7m, L3p.	+ Fuerza y Potencia = ventaja en diferentes acciones. + Masa libre de grasa explica diferencias en FM y potencia. + Potencia de TS y TI = Lanzamiento + eficiente en élite. Mayor o menor capacidad de Resistencia no supone limitación para jugar en la élite.
Granados et al. (2007)	Élite (16) Amateur (15)	Altura(cm), Peso(kg), BM (%), BF (%), MLG(kg), Sprint 5m(s), en 15m(s), Velocidad a 3mmol·l <sup>-1</sup> (km·h), FC a 3mmol·l <sup>-1</sup> (lpm), CMJ, 1RM <sub>BP</sub> , 1RM <sub>HS</sub> , L7m, L3p.	+ Masa libre de grasa explica diferencias en FM y potencia, dando ventajas en diversas acciones del juego. La velocidad de lanzamiento en jugadoras depende del 1RM <sub>BP</sub> más que de la capacidad de mover cargas bajas a gran velocidad.

BM: Masa muscular, BF: Masa Grasa, MLG: Masa Libre de Grasa, CMJ: Salto con Contra-Movimiento, 1RM<sub>BP</sub>: 1RM Press Banca, 1RM<sub>HS</sub>: 1RM Media Sentadilla, L7m: Lanzamiento 7m, L3p: Lanzamiento con secuencia de 3 pasos.

**Tabla 3.** Estudios de propuestas de intervención en el fenómeno de interferencia del entrenamiento concurrente.

Estudio	VARIABLES estudiadas	Estrategia en la práctica
Docherty et al. (2000)	Resistencia aeróbica Fuerza Muscular Intensidad del entrenamiento	Zona de interferencia en HTF + MPA
García-Pallarés et al. (2011)	Diferentes combinaciones de las variables anteriores (F y R)	Posibles combinaciones FM + CAM FM + MPA HTF + CAM

F: Fuerza, R: Resistencia, HTF: Hipertrofia (>10RM), MPA: Máxima Potencia Aeróbica (95-100%), CAM: Capacidad Aeróbica Máxima.

## Discusión

Después de la revisión de diversos estudios se ha demostrado que las adaptaciones al entrenamiento de fuerza se ven interferidas por las adaptaciones del entrenamiento de resistencia cuando se entrenan ambas capacidades de forma simultánea, es decir, de forma concurrente (Docherty y Sporer, 2000).

El entrenamiento concurrente provoca un exceso de fatiga muscular, un mayor estado catabólico y un posible cambio en los tipos de fibras, contando con que ambas capacidades físicas tienen un patrón de reclutamiento de unidades motoras diferente (Docherty y Sporer, 2000; García-Pallarés et al., 2011).

Es importante conocer los factores que condicionan dichas interferencias neuromusculares, para poder aplicar un programa de entrenamiento efectivo en función de las características de los deportistas (García-Pallarés et al., 2011).

### **Resistencia Aeróbica**

La máxima potencia aeróbica (MPA), conocida como la máxima producción de energía en el músculo a través del metabolismo oxidativo, y es la equivalencia al  $VO_2$ máx., medido en ml/kg/min, presente en esfuerzos de alta intensidad de entre 2 y 15 minutos de duración.

En el caso de la Máxima Potencia Aeróbica (MPA), las adaptaciones al entrenamiento se producen a nivel periférico, es decir, a nivel del tejido muscular (Docherty y Sporer, 2000). Dichas adaptaciones son dependientes del transporte oxígeno hacia el músculo, produciéndose con el entrenamiento, aumento de las reservas de glucógeno, el aumento de las enzimas oxidativas y el aumento de la densidad capilar y mitocondrial (Wilmore y Costill, 2010).

En cuanto a la máxima capacidad aeróbica (CAM), referida a la máxima cantidad de trabajo que el organismo es capaz de producir utilizando como fuente de energía principal el metabolismo oxidativo, utilizando intensidades cercanas al Umbral Anaeróbico con una duración prolongada, siendo la intensidad la responsable de las adaptaciones producidas sobre el organismo, que se producen a nivel cardiopulmonar, es decir, central, y que son; aumento de la afinidad de la hemoglobina, aumento de la difusión pulmonar, aumento del volumen sistólico, aumento del gasto cardíaco y aumento del volumen de sangre (Docherty y Sporer, 2000; Wilmore y Costil, 2010; García-Pallarés et al., 2011).

En cuanto a las mejoras que el entrenamiento de fuerza produce sobre la resistencia, no cualquier forma de trabajo de fuerza es conveniente. Como muestran Jansen et al. (2007) en su estudio, realizado con 12 jugadores de balonmano de edades comprendidas entre los 20-30 años, que realizaron un entrenamiento de 4 ejercicios, donde realizaban 10 repeticiones al 80% de la RM durante un periodo de 30 segundos con una ratio de trabajo/descanso 1/4, donde los valores de  $VO_2$ máx. registrado varió de  $0,8 \pm 0,2$  l/min<sup>-1</sup> a  $2,4 \pm 0,4$  l/min<sup>-1</sup>, valores no significantes, por lo que los autores deducen que el entrenamiento de alta intensidad con pesas no es capaz de producir adaptaciones significativas en las funciones cardiovasculares.

Sin embargo, Hoff et al. (2002) mostraron en su estudio, realizado con 19 esquiadores de fondo, que durante 8 semanas llevaron a cabo un entrenamiento de fuerza, que consistió en realizar 3 series de 6 repeticiones al 85% de 1RM 3 veces por semana y un entrenamiento de resistencia dividido en tres zonas de intensidad diferentes (60-85% / 85-90% / 90-95% HRmáx., que el entrenamiento de fuerza con orientación neural, mejora la capacidad aeróbica a través de la mejora de la economía de trabajo, que se redujo de  $1,02 \pm 0,14$  ml/kg/min<sup>-1</sup> a  $0,74 \pm 0,10$  ml/kg/min<sup>-1</sup>.

No se encontraron más artículos donde el objeto principal del estudio sean las mejoras en la resistencia a excepción de los mencionados anteriormente, por lo que fue una limitación para esta revisión, no obstante, y con la ayuda de las conclusiones que muestran los estudios realizados por Gorostiaga et al. (2005) y Granados et al. (2007) sobre la comparativa de las características físicas de jugadores y jugadoras de balonmano, se puede deducir que siempre y cuando los jugadores/as presenten unos niveles mínimos de  $VO_2$ máx. en torno a los 50 - 60 ml/kg/min<sup>-1</sup>, el rendimiento no se verá comprometido.

## Fuerza Muscular

Las mejoras en la fuerza muscular son medidas a través de la Máxima Contracción Voluntaria (MCV), que se produce como consecuencia del incremento de la sección transversal del músculo, debido a una mayor síntesis proteica, y la eficiencia de la activación de unidades motoras (Wilmore y Costill, 2010).

Según Docherty y Sporer (2000), para que se produzcan adaptaciones a nivel neural (central), se utilizan cargas altas (3 a 6RM) y volúmenes bajos de entrenamiento, sin embargo, para promover adaptaciones a nivel periférico (8 a 12RM) se utilizan cargas medias y volúmenes altos de entrenamiento.

Siendo necesario escoger el modo de entrenamiento adecuado a las adaptaciones que se quieran producir sobre el deportista según los intereses para cada momento de la temporada, puesto que como demuestran Gorostiaga et al. (2005) y Granados et al. (2007) los jugadores de balonmano que cuentan con mayor fuerza y potencia tienen una ligera ventaja sobre el resto de jugadores en diferentes acciones del juego.

González-Badillo (2002) estableció una clasificación donde se muestran diferentes deportes según las necesidades de fuerza que requieren y de qué tipo. El balonmano cuenta con un valor medio en cuanto a las necesidades de fuerza, quedando encuadrado en el Grupo B: "Necesidades de Fuerza Dinámica Máxima Medias" (González-Badillo, 2002, p.272) ya que cumple los siguientes requisitos marcados:

- El cuerpo es la resistencia a vencer, produciéndose grandes dosis de fuerza en intervalos cortos de tiempo.
- El balón, resistencia ligera a vencer en repetidas acciones.
- Cambios de dirección bruscos, rápidos y continuos.
- El rendimiento depende equitativamente de la Fuerza máxima y la Fuerza Explosiva ante cargas medias o ligeras.

La fuerza explosiva, denominada en la literatura científica internacional como "Rate of Force Development" (RFD) que se refiere a la producción de fuerza por unidad de tiempo, medida en  $N \cdot s^{-1}$  (González-Badillo, 2000), es la manifestación de la fuerza más importante a tener en cuenta en el rendimiento deportivo, ya que el objetivo del entrenamiento va a ser reducir el Déficit de Fuerza entre la Fuerza Dinámica Máxima y la Fuerza Aplicada del deportista (González-Badillo, 2000).

Diversos son los estudios que muestran mejoras en la fuerza cuando se realiza entrenamiento combinado de fuerza y resistencia, independientemente de las cualidades objetivo.

Marques et al., (2008) demostraron en jugadoras profesionales de voleibol un aumento del 15% en Press de banca, del 11,5% en Sentadilla y del 3,8% y 11,2% en CMJ con y sin carga respectivamente con un protocolo de entrenamiento de 12 semanas donde se realizaron 3-4 series de 3-8 repeticiones con una carga del 50-80% de 1RM, combinado con entrenamiento de resistencia.

Por el contrario, Baker (2001) con el modelo de entrenamiento que propuso en su estudio con jugadores profesionales y universitarios de rugby, de 8-16 semanas de entrenamiento periodizado en ciclos, con 4 sesiones de fuerza, 3 de carrera de alta intensidad (45-60 minutos aproximadamente) y 3 sesiones de entrenamiento específico, no consiguió mejoras significativas en la fuerza debido a la periodización y el volumen total de entrenamiento utilizado.

No obstante, Botonis et al. en 2015, si consiguieron mejoras en la fuerza de entre el 14 - 19% en jugadores de wáter polo que realizaron un entrenamiento de fuerza dirigido a crear adaptaciones neurales y entrenamiento de resistencia dirigido a crear adaptaciones periféricas.



### Fenómeno de Interferencia

Este estudio seguirá el modelo propuesto por Docherty y Sporer (2000) donde se examinó el fenómeno de interferencia que se produce durante el entrenamiento simultáneo de fuerza y resistencia, y las pautas que González-Badillo y Ribas Serna (2002) aportaron en su libro "Bases de la Programación del entrenamiento de fuerza", para definir diferentes estrategias con las que se optimizaría el Entrenamiento Concurrente de Fuerza y Resistencia en Balonmano durante la pretemporada.

El modelo propuesto por Docherty y Sporer (2000) se centra principalmente en las intensidades del entrenamiento, siendo una estrategia habitual disminuir el volumen cuando la intensidad aumenta. Dicho modelo establece la máxima interferencia en la utilización de entrenamientos para la mejora de la MPA y la Fuerza en porcentajes de 8-12RM, de forma simultánea, bien en días alternos o en el mismo día.

De este modo, por un lado, el protocolo utilizado para la fuerza (8 a 12RM) crea adaptaciones periféricas de tipo estructural como la mejora de la síntesis proteica, estresando el sistema anaeróbico de energía con la consiguiente producción de lactato. Por otro lado, el entrenamiento de la MPA (95 a 100% VO<sub>2</sub>máx.) crearía hipoxia muscular para aumentar la capacidad oxidativa del musculo, siendo también adaptaciones periféricas, pero de tipo fisiológico (Docherty y Sporer, 2000) por lo cual, se producen adaptaciones contrarias, apareciendo así interferencias de una capacidad sobre la otra, y reduciendo considerablemente el rendimiento.

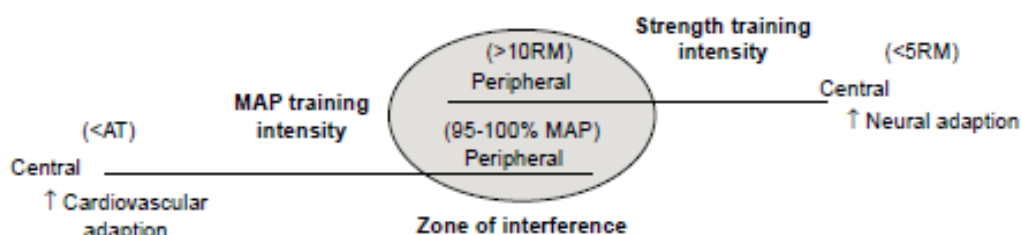


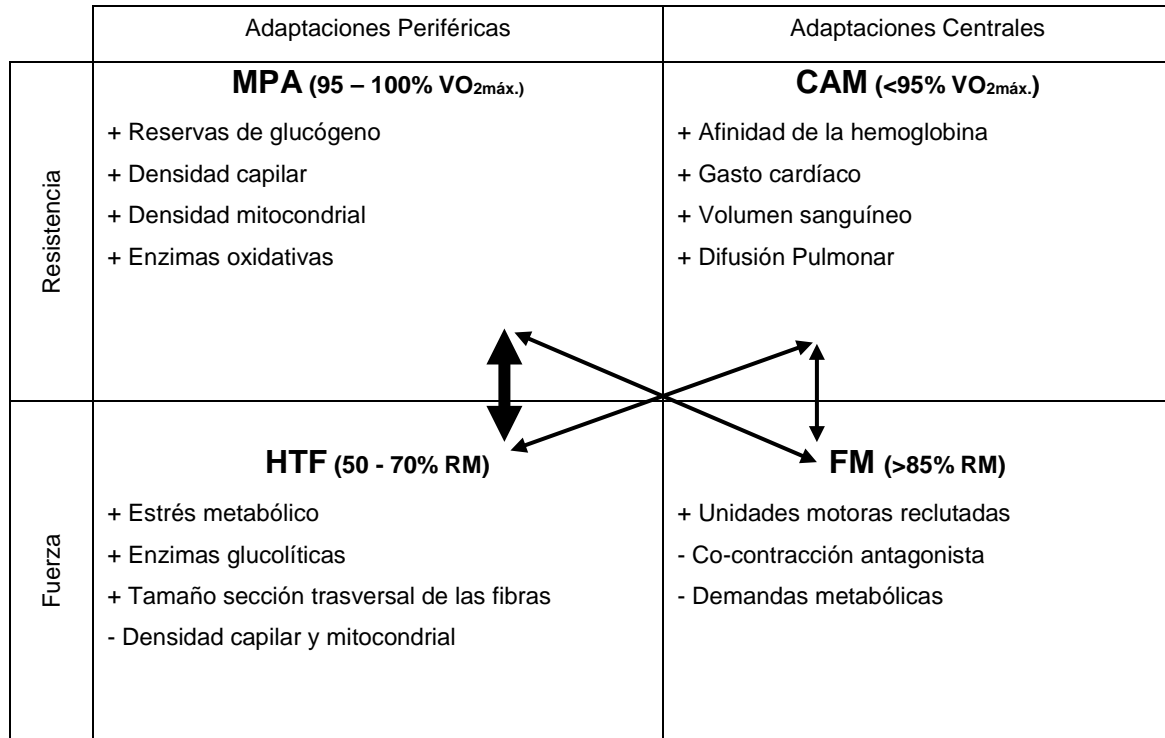
Figura 2. Modelo de interferencia. Extraído de Docherty y Sporer (2000).

Combinando las intensidades restantes, se pueden establecer tres combinaciones más, donde se reduce el nivel de interferencia de entrenamiento de ambas capacidades de forma concurrente, por las diferencias en la naturaleza de las adaptaciones que se producen (García-Pallarés et al., 2011):

- Sin apenas interferencia: Entrenamiento de resistencia con intensidades cercanas o inferiores al Umbral Anaeróbico (<95% VO<sub>2</sub>máx.), creando adaptaciones centrales a nivel cardiovascular, combinado con entrenamiento de fuerza (<5RM), que también provoca adaptaciones centrales, aunque a nivel neural, por lo que no se interfieren entre sí.
- Interferencia baja: Entrenamiento de resistencia con intensidades cercanas o inferiores al Umbral Anaeróbico (<95% VO<sub>2</sub>máx.) combinado con entrenamiento de fuerza (8-12RM).
- Interferencia baja: Entrenamiento de resistencia con intensidades de Máxima Potencia Aeróbica (95 - 100% VO<sub>2</sub>máx.) combinado entrenamiento de fuerza (<5RM).



Un ejemplo de la organización de las cargas e intensidades se puede apreciar en el estudio de Botonis et al. (2015) realizado con jugadores profesionales de waterpolo durante 8 semanas, donde el entrenamiento de fuerza estaba compuesto por 5 series de 4 repeticiones al 85-90% 1RM (componente claramente neural) y el entrenamiento de resistencia estaba compuesto por 4 series de 400 metros ó 16 series de 100 metros de nado (trabajo a intensidades del umbral de lactato y del VO<sub>2</sub>máx., de adaptaciones claramente periféricas), que consiguió mostrar aumentos significativos en la fuerza en todos los grupos, debido a que las adaptaciones producidas por ambos entrenamientos no actuaron al mismo nivel.



**Figura 3.** Diferentes combinaciones de las intensidades según las adaptaciones producidas.

Nota: MPA: Máxima Potencia Aeróbica, CAM: Capacidad Aeróbica Máxima, HTF: Hipertrofia, FM: Fuerza Máxima, (+): Mayor, (-): Menor. El grosor de las flechas indica el grado de interferencia que se produce entre las diferentes adaptaciones. Adaptado de García-Pallarés et al. (2011).

Enright et al. (2015) demostraron mejoras significativas en la fuerza, que era la capacidad objetiva, en jugadores de fútbol. Dichas mejoras se produjeron en los dos grupos examinados, tanto en los que entrenaron fuerza previa a la resistencia, como los que entrenaron resistencia previa a la fuerza. Por lo que una organización correcta del entrenamiento junto con un adecuado periodo de recuperación es capaz de inducir cambios significativos en el rendimiento.

### Periodización del Entrenamiento

En el estudio realizado por García-Pallarés et al. (2011) se concluyó que durante las fases cortas de entrenamiento (5 semanas), la periodización en bloques cerrados es más efectiva en cuanto a estímulos que mejoran el rendimiento en remeros de alto nivel en comparación con el entrenamiento tradicional. Este estudio demostró que, con periodos de entrenamiento de corta duración con cargas altas, dirigidos a

la mejora de dos componentes de la condición física en un mismo periodo de tiempo, se obtienen resultados más efectivos en el rendimiento de deportistas altamente entrenados.

En cuanto a la **secuenciación de las sesiones**, García-Pallarés et al. (2011) recomienda que la sesión de fuerza se realice antes de la sesión de resistencia, dejando un mínimo de 8 horas entre ambas, por la fatiga residual provocada, que disminuye la calidad del entrenamiento posterior, al verse comprometido el sistema neuromuscular.

Sin embargo, en estudios anteriormente mencionados como el de Enright et al. (2015) donde en un equipo de fútbol, en el cual se establecieron dos grupos con dos órdenes de secuenciación del entrenamiento concurrente diferentes, un grupo entrenó primero la fuerza y luego resistencia y otro grupo, al contrario, ambos grupos mejoraron su rendimiento en fuerza. Aunque cabe destacar que en dicho estudio el entrenamiento de resistencia lo formaban las sesiones específicas de la disciplina, y no un entrenamiento de resistencia puro.

Por otro lado, la **frecuencia** de entrenamiento condiciona la cantidad y calidad de adaptaciones producidas durante el periodo de entrenamiento, el grado de interferencia se relaciona con el número total de semanas a las que los deportistas están sometidos durante el entrenamiento.

El estudio de García-Pallarés (2011) nos muestra que la frecuencia de sesiones de entrenamiento a la semana debe de ser de 3 sesiones, porque mayor número de sesiones provocaría un alto estrés sobre el organismo por la acumulación de estímulos, y un menor número de sesiones no llegaría a proporcionar los estímulos necesarios para provocar mejoras en el rendimiento del deportista.

En cuanto al **volumen** de entrenamiento, se debe tener en cuenta el número de ejercicios por sesión, el número de series por ejercicio y el número de repeticiones por serie, de modo que un buen ajuste de todos los parámetros puede repercutir en una mayor o menor interferencia en las adaptaciones, aunque no es el factor más determinante (Jansen et al., 2007; Izquierdo et al., 2010; García-Pallarés et al., 2011). Izquierdo et al. (2010) mostraron que durante un periodo de entrenamiento de 8 semanas donde se realizaron 4 ejercicios multiarticulares, realizando 3-5 series de cada uno, se produjeron aumentos significativos en la 1RM, en la potencia y en el rendimiento específico en remeros de élite. Aportando además como dato extra, que el entrenamiento de fuerza con repeticiones hasta el fallo muscular no produce mejoras significativas en la fuerza, mientras que un entrenamiento con repeticiones moderadas y sin llegar al fallo muscular, es decir, trabajando con el Carácter del Esfuerzo, sí que provoca mejoras significativas sobre la fuerza.

De este modo, para remeros de élite, García-Pallarés et al. (2011) establecieron que el volumen de entrenamiento óptimo para dichos deportistas sería: ciclos de 10 a 12 semanas, a 3 sesiones por semana con 4 a 6 ejercicios multiarticulares de 3 a 5 series cada uno.

En esta línea, el papel más importante y determinante lo desempeña la **intensidad** del entrenamiento, ya que una mala conjugación de las intensidades de ambas capacidades físicas puede desembocar en una clara interferencia en las adaptaciones producidas, y por consiguiente una disminución en el rendimiento del deportista (Docherty y Sporer, 2000; García-Pallares et al., 2011; Izquierdo et al., 2010).

Observando las demandas físicas que se producen en el juego (Karcher et al., 2014), las necesidades medias de fuerza que presenta el balonmano (González-Badillo, 2002) y la conclusión de que los jugadores más fuertes y potentes son los que parten con ventaja en diferentes acciones del juego (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007), la mejora de la fuerza se debe enfocar al desarrollo de la RFD combinado de forma concurrente con el entrenamiento de resistencia, enfocado al desarrollo de la resistencia específica del balonmano, puesto que como muestran Gorostiaga et al. (2005) y Granados et al. (2007), es suficiente un  $\text{VO}_2\text{máx.}$  en torno a 50-60 ml/kg/min, y no supone una limitación para el desarrollo del balonmano de élite.

## Conclusiones

El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia con intensidades de trabajo que produzcan adaptaciones periféricas provoca una interferencia entre ambas capacidades que condiciona su desarrollo y por tanto el rendimiento del deportista.

Se deben realizar 2-3 sesiones de entrenamiento de fuerza a la semana, realizadas preferentemente antes que las de resistencia, por la fatiga residual que ésta provoca, y se recomienda que estén separadas por un mínimo de 8 horas cuando se realicen en el mismo día.

Una vez que el deportista alcance los 50-60 ml/kg/min de VO<sub>2</sub>máx., el objetivo del entrenamiento concurrente será la mejora de la RFD, por las necesidades específicas del balonmano, y no el aumento del VO<sub>2</sub>máx. debido a la importancia de la fuerza y la potencia en el juego, mientras que la resistencia, siempre que existan unos niveles mínimos de VO<sub>2</sub>máx., aporta una recuperación más rápida tras el esfuerzo, sin repercutir en el rendimiento del deportista.

## Referencias

- Baker, D. (1998). Applying the In-Season Periodization of Strength and Power Training to Football. *Strength & Conditioning Journal*, 20(2), 18-27.
- Baker, D. (2001). The Effects of an in-season of Concurrent Training on the Maintenance of Maximal Strength and Power in Professional and College-aged Rugby League Football Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(2), 172-177.
- Botonis, P. G., Toubekis, A. G., & Platanou, T. I. (2016). Concurrent Strength and Interval Endurance Training in Elite Water Polo Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 126-133.
- De Morton, N.A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal Physiotherapy*, 55, 129-133.
- Docherty, D., & Sporer, B. (2000). A Proposed Model for Examining the Interference Phenomenon between Concurrent Aerobic and Strength Training. *Sports Medicine*, 30(6), 385-394.
- Enright, K., Morton, J., Iga, J., & Drust, B. (2015). The Effect of Concurrent Training Organisation in Youth Elite Soccer Players. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2367-2381.
- García-Pallarés, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to Optimize Concurrent Training of Strength and Aerobic Fitness for Rowing and Canoeing. *Sports Medicine*, 41(4), 329-343.
- González-Badillo, J.J. (2000). Concepto y Medida de la Fuerza Explosiva en el Deporte. Posibles Aplicaciones al Entrenamiento. *RED: Revista de Entrenamiento Deportivo*, 14(1), 5-16.
- González-Badillo, J.J., Ribas-Serna, J. (2002). Bases de la Programación del Entrenamiento de Fuerza (2ª ed.). Barcelona, España: INDE.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibanez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Male Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225-232.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibanez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Female Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867.
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal Strength Training Improves Aerobic Endurance Performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(5), 288-295.
- Izquierdo, M., Exposito, R. J., Garcia-Pallares, J., Medina, L., & Villareal, E. (2010). Concurrent Endurance and Strength Training not to Failure Optimizes Performance Gains. *Science Sports Exercise*, 42, 1191-1199.
- Jansen, R., Schmidtbleicher, D., & Cabri, J. (2007). Cardiopulmonary Responses During High Intensity Weight Training in male Handball Players. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 21(1), 15-19.

- Karcher, C., Buchheit, M. (2014). On-Court Demands of Elite Handball, with Special Reference to Playing Positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797-814.
- Maier, C.G., Sherrington, C., Herbert, R.D., Moseley, A.M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*, 83, 713–72.
- Marques, M. C., Van Den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & González-Badillo, J. J. (2008). Changes in Strength and Power Performance in Elite Senior Female Professional Volleyball Players During the in-season: a case study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1147-1155.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D.G. (2014). Items de referencia para publicar Revisiones sistemáticas y Metaanálisis: La Declaración PRISMA. *Rev Española Nutr Humana y Dietética*, 18, 172–181.
- Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2010). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte (6ª ed.). Barcelona, España: Paidotribo.

Referencia del artículo:



Sánchez-López, S.; Rodríguez-Pérez, M.A. (2017). Estrategias para optimizar el entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia en balonmano de élite. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* 13(1), 15-26.  
<http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index>