

2014-2015

El Entrenamiento de Alta Intensidad en Fútbol

Revisión de las adaptaciones del
entrenamiento

TRABAJO DE FIN DE GRADO

OPCIÓN: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

UNIVERSITAS



Miguel Hernández

Alumno: Ángel Gabriel Romero Antón
Tutor académico: Jaime Fernández Fernández
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE



ÍNDICE:

1. Contextualización	2
2. Metodología de Revisión	3
3. Resultados	4
4. Discusión	9
4.1. Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad Periodos de Trabajo Cortos	9
4.2. Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad Periodos de Trabajo Largos	9
4.3. Juegos en Espacio Reducido	10
4.4. Entrenamiento de Esprints Repetidos	11
5. Conclusiones	12
6. Bibliografía	13
7. Anexo I	16



1. Contextualización

El fútbol es el deporte de equipo más popular del mundo. A pesar de su popularidad y sus más de 100 años de historia, todavía existen controversias en el ámbito de la planificación tanto a nivel de preparación física como a nivel de técnica y táctica, ya que se trata de un deporte complejo que va a depender de la interacción de factores no sólo físicos o psicológicos, sino también de los técnico/tácticos (Stølen, Chamari, Castagna & Wisløff, 2005). A todo esto hay que añadirle un calendario de competiciones saturado, que hace del proceso de entrenamiento una tarea difícil (Aguiar, Botelho, Lago, Maças & Sampaio, 2012).

Dentro de las demandas físicas, encontramos que los jugadores de élite recorren entre 10 y 12 kilómetros durante cada partido, de los cuales se recorren un 10% más en la primera parte que en la segunda (Mohr et al., 2003; Withers et al., 1982; Van Gool et al., 1988; Bangsbo et al., 1991; Rienzi et al., 2000). Aunque la mayoría de la distancia de un partido se recorre a baja intensidad, hay situaciones de juego en las que saltar, esprintar, golpear un balón o hacer un cambio de dirección pueden ser determinantes en el resultado (Bangsbo et al., 2006; Stølen et al., 2005; Bradley et al., 2010). Durante un partido se producen entre 150 y 250 acciones de alta velocidad y corta duración. Dentro del propio partido se recorren 2.5km a alta intensidad (>15km/h) y entre 400 y 600m, pudiendo llegar hasta 1000m, a velocidad máxima o sprint (>25km/h), dependiendo de la posición que ocupa el jugador (Mohr et al., 2003). El número de acciones de sprint puede variar entre 20 y 60, rondando los 10-20 metros (Carling, Le Gall & Dupont, 2012). Además, parece ser que lo que diferencia a un jugador de élite de otro de menor nivel, es el volumen de ejercicio a alta intensidad que se completa durante un partido, llegando a realizar un 28% más de volumen que los jugadores de menor nivel (Mohr et al., 2003).

Desde un punto de vista fisiológico, el fútbol intercala esfuerzos de alta intensidad de duración variable con periodos de trabajo a baja intensidad o periodos de descanso. Así, las demandas metabólicas alternan entre el aprovisionamiento energético durante los periodos de alta intensidad y la recuperación de los depósitos energéticos y el reequilibrio de la homeostasis celular durante los intervalos de recuperación. Aunque las fases críticas del partido como los duelos, los contraataques, los remates, los cambios rápidos de dirección o las aceleraciones cortas dependen probablemente del metabolismo anaeróbico, estas acciones están superimpuestas sobre un fondo predominante aeróbico de actividades submáximas (Bangsbo et al., 2006; Stølen et al., 2005). La intensidad media de un partido está en torno al 80-90% de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{max}) correspondiente al 70% del consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}), pudiendo alcanzar picos cercanos a su máximo, en función de la situación de juego (ej., defensiva u ofensiva) (Bangsbo et al., 2006). Las concentraciones de lactato sanguíneo pueden variar de 2 a $10\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, alcanzando picos de $12\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (Stølen et al., 2005).

Diversos autores han encontrado correlaciones entre test de valoración de la condición física aeróbica incrementales, tanto continuos como intermitentes, así como tests de sprints repetidos, con el rendimiento físico durante un partido, en concreto con la distancia total recorrida y con la distancia total recorrida a alta intensidad (Castagna et al., 2009; Bangsbo et al., 2008; Mohr et al., 2003; Buchheit et al., 2010). Por lo tanto, la capacidad de realizar ejercicio intenso de manera intermitente durante periodos prolongados de tiempo va a ser un requisito fundamental a la hora de desarrollar programas de entrenamiento en el fútbol. Esto se puede lograr mediante programas de entrenamiento aeróbico de alta intensidad (Fernández-Fernández, 2012). De forma resumida, el Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (EIAI), consiste en la realización de periodos de <30s a 4min de ejercicio intenso intercalados con recuperaciones cortas de entre 20s y 4min a baja intensidad o descanso pasivo. Este tipo de entrenamiento se ha identificado como un método eficiente en el tiempo a utilizar, que no solo mejora la función cardiorrespiratoria o metabólica (Billat, 2001), sino

que conlleva una mejora de la condición física de diferentes tipos de deportistas, entre ellos los jugadores de fútbol (Iaia et al., 2009).

Atendiendo a la revisión de Buchheit & Laursen (2013), nos encontramos con que, dentro del EIAI se engloban diferentes formatos de entrenamiento, tales como "HIIT" (*"high-intensity interval training"*), "RST" (*"repeated sprint training"*), "SIT" (*"sprint interval training"*) y "SSG" (*"Small-Sided Games"*). En el presente trabajo centraremos la atención en los protocolos de "HIIT", "SSG" y "RST", traducidos como Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (EIAI), Juegos en Espacios Reducidos (JER) y Entrenamiento de Esprints Repetidos (EER), respectivamente. Todas estas modalidades se refirieren a protocolos de entrenamiento con diferentes modificaciones en las variables para el diseño de los mismos (Buchheit & Laursen, 2013).

A continuación, se detallan algunas características de cada metodología:

- Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad con periodos de trabajo cortos (EIAI-C). Son intervalos de trabajo < 1 min, con una intensidad de 100% a 120% de la velocidad a la que se alcanza el consumo máximo de oxígeno (vVO_{2max}). La relación entre el periodo de trabajo y descanso es 1:1, por lo tanto utilizaremos la misma duración en la recuperación y en el trabajo.
- Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad con periodos de trabajo largos (EIAI-L). El tiempo de cada intervalo es > 1 min, con una intensidad superior al 90% de la FC_{max} . La duración de las recuperaciones podrá ser inferior a 3 minutos si la recuperación es pasiva y al menos 4 minutos si la recuperación es activa (70% vVO_{2max}).
- Juegos en Espacios Reducidos (JER). Se pueden englobar dentro del EIAI-L, pero tienen un componente técnico-táctico específico del juego, es decir, son situaciones simuladas de juego.
- Entrenamiento de Esprints Repetidos (EER). Consiste en hacer esprints a máxima intensidad (referente a la velocidad de esprint) con una duración < 10s, y una recuperación corta <60s.

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es el de analizar la literatura existente sobre el EIAI en fútbol, tratando de clarificar los métodos, beneficios y cuándo incluir este tipo de entrenamiento en la programación de la temporada.

2. Metodología de revisión

La revisión sistemática de la literatura se llevó a cabo de acuerdo con las directrices de la guía PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) (Urrutia & Bonfill, 2010). Siguiendo esta línea se estableció un protocolo inicial para la búsqueda y, utilizando la base de datos PubMed, se llevó a cabo una búsqueda de las publicaciones anteriores al día 4 de febrero de 2015.

Los descriptores utilizados en la búsqueda fueron los siguientes: *"High Intensity Interval Training"*; *"High Intensity Training"*; *"Small-Sided Games"*, *"Sprint Interval Training"*; *"Repeated Sprint Ability"*; *"Repeated Sprint Training"*, todos ellos acompañados de las palabras *"Football"* y *"Soccer"*.

Además, se utilizaron como criterios de exclusión los artículos anteriores a 2005, mujeres, deportistas en categorías menores, deportistas amateur. Se incluyeron artículos realizados con hombres, edad juvenil en adelante, categoría subélite en adelante y estudios escritos en inglés. Para evitar el sesgo del investigador, se incluyeron todos los artículos que cumplan estos criterios de inclusión, aunque sus resultados no arrojasen datos concluyentes.

Tras la búsqueda inicial y sólo teniendo en cuenta el criterio de exclusión de fecha, se encontraron 402 artículos. Tras la lectura del título y resumen, y aplicando los criterios de exclusión de sexo, edad y categoría, se seleccionaron 79 artículos, de los cuales, finalmente, se seleccionaron 11 para una revisión en profundidad (Figura 1).

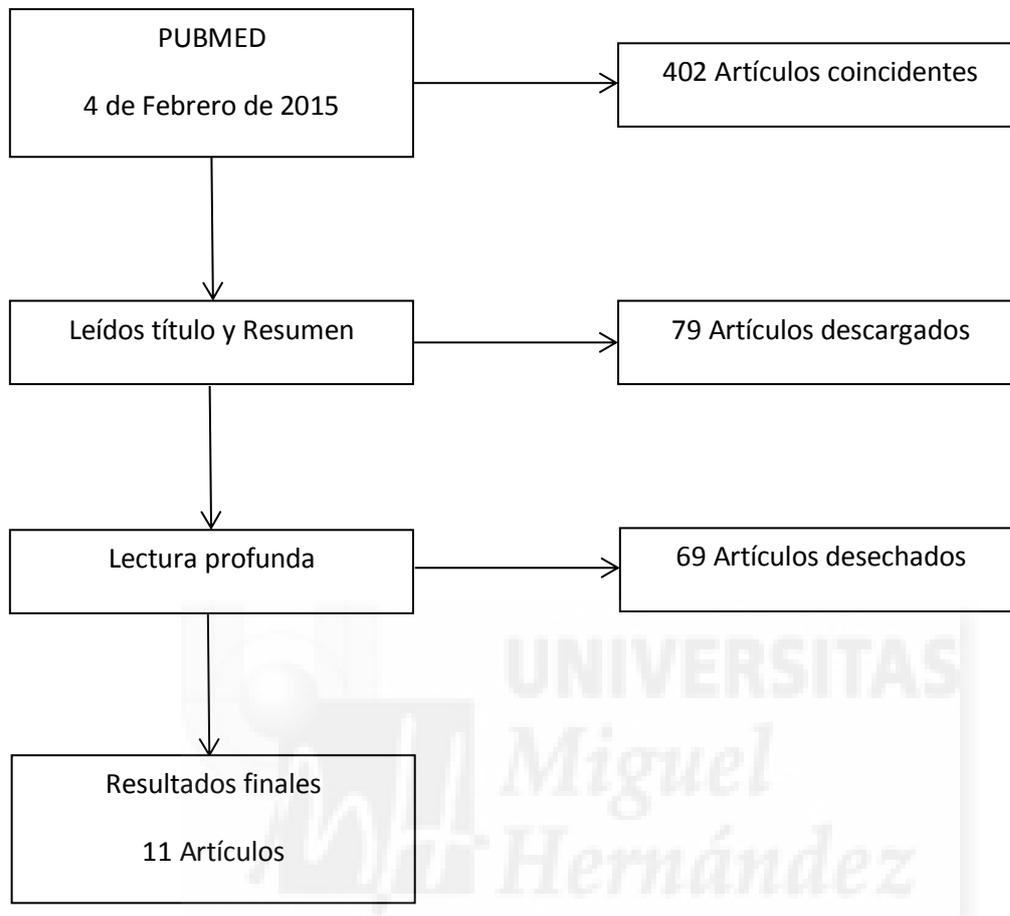


Figura 1. Resumen de los pasos metodológicos.

3. Resultados

Para una presentación de los resultados más clara, se han agrupado en las categorías mencionadas en la introducción atendiendo a la clasificación anteriormente mencionada (Buchheit & Laursen 2013): Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad con periodos de trabajo cortos (EIAI-C); Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad con periodos de trabajo largo (EIAI-L); Juegos en Espacios Reducidos (JER); Entrenamiento de Esprints Repetidos (EER).

En las tablas 1 a 4, se muestran las variables más significativas de cada estudio entre ellas: número de participantes y nivel, tipo de ejercicio, protocolo de intervención, duración del periodo de entrenamiento, adaptaciones fisiológicas y cambios producidos en el rendimiento.

Tabla 1. Estudios con intervención de EIAI-C.

Estudio	N(Nivel)	Intervención			Adaptación Fisiológica	Cambios Rendimiento
		Tipo	Protocolo	Intensidad (Recuperación)		
Faude et al. (2014)	9 (Juvenil)	Carrera	2x(12-15)x15s r:15s R:10min	140% VIAT (Pasivo)	4 (2) Temporada	↑2% FC _{pico} ↓ 10,2% Urea ↔ [La]; CK ↑1,4% VIAT ↑2,8% VAM ↑1,7% DJ ↓3,1% CMJ ↔ 5m _t ; 10m _t ; 30m _t ; CinD _t
Ouerghi et al. (2014)	8 (Amateur)	Carrera	2x20x15s r:15s R:3min	105% VAM ↑5% VAM; 3sem (Pasivo)	12 (2) Temporada	↑7,5% VO _{2max} ↑1,8% IMC ↔TC; TG; HDL; LDL ↑10% VAM
Dellal et al. (2012)	8 (Subelite)	Carrera	2x(7-10)x(10-30s) r:10 a 30s	95-100% VIFT (Pasivo)	6 (2) Temporada	↔ FC _{pico} ; FC _{res} ; RPE ↑5,1% VAM ↑5,8% VIFT

N= número; r= recuperación entre repeticiones; R= recuperación entre series; FC_{pico}= frecuencia cardíaca máxima alcanzada durante el entrenamiento; FC_{res}= frecuencia cardíaca de reserva; Urea= nivel de urea sanguíneo; [La] = nivel de lactato sanguíneo; CK= nivel de creatinquinasa sanguíneo; VIAT= velocidad individual al umbral anaeróbico; VAM= velocidad aeróbica máxima; VIFT= velocidad máxima en "Intermittent Fitness Test"; CMJ= salto con contramovimiento; DJ= drop jump ; 5m_t= tiempo en sprint de 5m; 10m_t= tiempo en sprint de 10m; 30m_t= tiempo en sprint de 30m; CinD_t= tiempo en test de cambio de dirección; VO_{2max}= consumo máximo de oxígeno; IMC= índice de masa corporal; TC= colesterol total; TG= triglicéridos totales; HDL= colesterol de alta densidad; LDL= colesterol de baja densidad.

Tabla 2. Estudios con intervención de EIAI-L.

Estudio	N(Nivel)	Intervención			Adaptación Fisiológica	Cambios Rendimiento
		Tipo	Protocolo	Intensidad (Recuperación)		
Ferrari Bravo et al. (2008)	13 (Subelite)	Carrera	4x4min R: 3min	90-95% FC _{max} (60-70% FC _{max})	8 (2) Temporada	↑6,6% VO _{2max} ↑3,7% VO ₂ en RCP ↔12,8% Yo-Yo IR1 ↔CMJ; SJ; 10m _t ; RSA _t
Helgerud et al. (2011)	21 (Elite)	Carrera	4x4min R: 3min	90-95% FC _{max} (50-60% FC _{max})	8 (2) Pre Temporada	↑8,6% VO _{2max} ↑1,2% Peso ↑4,5% FC _{media} ↑4,9% RER ↑6,1% VE ↑51,7% 1RM ↑3,5% CR a 11km/h ↑5,2% CMJ ↑3,2% 10m _t ↑1,6% 20m _t
McMillan et al. (2005)	11 (Juvenil)	Carrera	4x4min R:3min	90-95% FC _{max} (70% FC _{max})	10 (2) Pre y Temporada	↑9% VO _{2max} ↑4,9% FC a 9km/h ↔ Peso ↔ CR a 9km/h; RFD; 10m _t ↑2,7% CMJ ↑6,9% SJ
Impellizzeri et al. (2006)	15 (Junior)	Carrera	4x4min R:3min	90-95% FC _{max} (60-70% FC _{max})	10 (2) Pre y Temporada	↑8,2% VO _{2max} ↑1,8% FC _{max} ↑12,9% VO ₂ en UL ↑8,9% V en UL ↑14,3% Ek Test

N= número; R= recuperación; FC_{max}= frecuencia cardíaca máxima; FC_{media}= frecuencia cardíaca media durante el entrenamiento; FC a 9km/h= frecuencia cardíaca a 9km/h; CR a 9km/h= economía de carrera a 9km/h; CMJ= salto con contramovimiento; SJ= salto desde sentadilla; 10m_t= tiempo en sprint de 10m; 20m_t= tiempo en sprint de 20m; Peso= peso corporal; VO_{2max}= consumo máximo de oxígeno; VO₂ en RCP= consumo de oxígeno en el punto de compensación respiratoria; VO₂ en UL= consumo de oxígeno en umbral de lactato; Yo-Yo IR1= distancia recorrida en el test Yo-Yo IR1; V en UL= velocidad en el umbral de lactato; Ek Test= test de Ekblom; RSA_t= tiempo en un test que evalúa capacidad para repetir esprints; RER= ratio de intercambio respiratorio en el consumo máximo de oxígeno; VE= ventilación por minuto; RFD= ratio de desarrollo de fuerza.

Tabla 3. Estudios con intervención de JER.

Estudio	N(Nivel)	Intervención			Adaptación Fisiológica	Cambios Rendimiento
		Tipo	Protocolo	Intensidad (Recuperación)		
Faude et al. (2014)	10 (Juvenil)	JER	4x4min R: 4min	3vs3 25x35m 4vs4 40x30m (Pasivo)	4 (2) Temporada	↑1,4% VIAT ↑1,7% VAM ↑1,5% CMJ ↓1,9% DJ ↔ 5m _t ; 10m _t ; 30m _t ; CinD _t
Dellal et al. (2012)	8 (Subelite)	JER	5x (1'30" a 2'30") R: 1'30" a 2'	2vs2 20x20m 1vs1 10x15m (Pasivo)	6 (2) Temporada	↔Peso; FC _{pico} ; FC _{rep} ; RPE ↑6,6% VAM ↑5,1% VIFT
Impellizzeri et al. (2006)	14 (Junior)	JER	4x4min R:3min	3vs3 25x35m 4vs4 40x50m 5vs5 40x50m (Pasivo)	8 (2) Pretemp. 10 (2) Temporada	↑7,1% VO _{2max} ↑10,8% VO ₂ en UL ↔ FC _{pico} ↑9,7% V en UL ↑15,8% Ek Test
Owen et al. (2012)	15 (Elite)	JER	5 a 11x3min R: 2min	3vs3 (Pasivo)	4 (2) Descanso invernal	↑4,3% %VO ₂ a 14km/h ↑6,1% RR a 14km/h ↑ 6% FC a 14km/h ↔ R.E.R.; [La] a 14km/h ↑1,1% 10m _t ↑1,8% RSA _t ↑39% %Dec ↔ 20m _t

N= número; JER= juegos en espacios reducidos; R= recuperación; FC_{pico}= frecuencia cardíaca pico durante el entrenamiento; [La] = nivel de lactato sanguíneo; VIAT= velocidad individual al umbral anaeróbico; VAM= velocidad aeróbica máxima; CMJ= salto con contramovimiento; DJ= drop jump; 5m_t= tiempo en sprint de 5m; 10m_t= tiempo en sprint de 10m; 30m_t= tiempo en sprint de 30m; CinD_t= tiempo en test de cambio de dirección; Peso= peso corporal; VIFT= velocidad máxima en "Intermittent Fitness Test"; FC_{rep}= frecuencia cardíaca de reposo; RPE= percepción subjetiva del esfuerzo; VO_{2max}= consumo máximo de oxígeno; VO₂ en UL= consumo de oxígeno en el umbral de lactato; V en UL= velocidad en el umbral de lactato; Ek Test= test de Ekblom; RR= ratio respiratorio; RER= ratio de intercambio respiratorio; RSA_t= tiempo en un test que evalúa capacidad para repetir esprints; %Dec= porcentaje de caída de rendimiento en un test de RSA

Tabla 4. Estudios con intervención de EER.

Estudio	N(Nivel)	Intervención			Adaptación Fisiológica	Cambios Rendimiento
		Tipo	Protocolo	Intensidad (Recuperación)		
Ferrari Bravo et al. (2008)	13 (Subelite)	EER	3x6x40m r: 20s R: 4min	Máxima (Pasivo)	8 (2) Temporada	↑5% VO _{2max} ↑2,9% VO ₂ en RCP ↑28,1% YoYo IR1 ↑2,1% RSA _t ↔CMJ; SJ; 10m _t
Buchheit et al. (2010)	7 (Juvenil)	EER	2-3 x 5-6 x 15-20m r: 14 a 23s	Máxima (Pasivo/ Carrera baja intensidad)	10 (1) Temporada	↑2,2% 30m _t ↑2,9% RSA _{mejor} ↑2,7% RSA _t ↑7% CMJ ↑13,4% HOP ↔10m _t
Shalfawi et al. (2012)	15 (Junior)	EER	4x5x40m r: 90s R: 10min	Máxima (Pasivo)	8 (2) Temporada	↑4,9% RSA _t ↑5,7% 40m _t ↑3,9% CMJ ↔ SJ; YoYo IR1; Agility _t ; Peso

N= número; r= recuperación entre repeticiones; R= recuperación entre series; VO_{2max}= consumo máximo de oxígeno; VO₂ en RCP= consumo de oxígeno en punto de compensación respiratoria; CMJ= salto con contramovimiento; DJ= drop jump; SJ= salto desde sentadilla; HOP= test de saltos repetidos; 10m_t= tiempo en sprint de 10m; 30m_t= tiempo en sprint de 30m; 40m_t= tiempo en sprint de 40m; Yo-Yo IR1= distancia recorrida en el test Yo-Yo IR1; RSA_t= tiempo en un test que evalúa capacidad para repetir sprints; RSA_{mejor}= mejor tiempo parcial en test de RSA; Agility: test de agilidad; Peso= masa corporal.

4. Discusión

4.1. Entrenamiento interválico de alta intensidad con periodos de trabajo cortos (EIAI-C)

Los estudios que utilizaron el EIAI-C llevaron a cabo programas de entrenamiento de 4 a 12 semanas de duración (2 sesiones por semana). En la intervención de Dellal et al. (2012) se hicieron 2 bloques (2 x 7 a 10 repeticiones), y en el resto solo 1 bloque (2 x 12 a 20 repeticiones), con una duración de 10 a 30 segundos alternadas con recuperaciones pasivas incompletas (10 a 30 segundos), y con recuperaciones completas (3 a 10 minutos) entre series.

Para el control de la intensidad se utilizaron diferentes variables: velocidad individualizada en el umbral anaeróbico (VIAT), la velocidad aeróbica máxima (VAM) y velocidad alcanzada en el test 30:15 o "Intermittent Fitness Test" (VIFT) (Buchheit, 2008). A pesar de utilizar diferentes variables para controlar la intensidad (ej., el 140% de la VIAT y el 95-100% de la VIFT), normalizando los valores a la VAM, éstos se encuentran alrededor del 100-120% de la VAM, por lo que podemos sugerir que en todas las intervenciones estarían trabajando a intensidades similares.

Las adaptaciones fisiológicas que se encontraron fueron una mejora significativa del 7,5% del VO_{2max} y la disminución de la urea en sangre del 10,2%. Otras variables como el peso corporal, la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), los niveles de lactato en sangre (LA) máximos y el perfil lipídico sanguíneo (colesterol total, triglicéridos, colesterol de baja densidad y colesterol de alta densidad) no tuvieron cambios significativos. A pesar de ello, y aunque sí que existía una tendencia a la disminución de estos parámetros (entre 1 y 2%), estas variables son altamente sensibles a la nutrición del deportista por lo que se debería controlar la ingesta de alimentos así como de alcohol en futuros estudios.

A nivel de cambios en el rendimiento, se reportaron mejoras en la VAM que van desde el 2,8% hasta el 10%, mejoras del 1,4% en la VIAT, y de 5,8% en la VIFT. En el estudio de Dellal et al. (2012), se obtuvieron mayores mejoras en la VIFT que en la VAM. En este sentido, la VIFT incluye cambios de dirección y periodos de descanso, lo que nos lleva a pensar que además de mejorar más, se mejora de forma más específica para el fútbol.

Solo uno de los estudios evaluó la potencia muscular, reportando mejoras en el drop jump (DJ) y un empeoramiento en el salto con contramovimiento (CMJ). En este mismo estudio, no se encontraron variaciones en el rendimiento de esprint en 5, 10 y 30 metros.

Parece ser que cuanto más larga es la intervención, mayores mejoras significativas en rendimiento se obtienen. En este sentido, los deportistas del estudio de Ouerghi et al. (2014), obtuvieron un 10% de mejora en la VAM, aunque también cabe mencionar que son deportistas amateur, mientras que en las otras 2 intervenciones se utilizan jugadores de nivel subélite y juvenil.

Cuando se comparan metodologías de trabajo (ej., EIAI-C vs. JER), también se obtuvieron mejoras similares. La diferencia es que con el EIAI-C se utilizó un 63% menos de tiempo para entrenar, lo que puede ser un beneficio a nivel temporal, para utilizar el tiempo de entrenamiento en otros aspectos determinantes del rendimiento en el fútbol (ej., fuerza explosiva), e incluso en periodos en los que es necesario bajar el volumen de entrenamiento, como al final de la temporada, debido a la fatiga acumulada (Dellal et al., 2012).

4.2. Entrenamiento interválico de Alta Intensidad con periodos de trabajo largos (EIAI-L)

Las intervenciones que utilizaron el EIAI-L tuvieron una duración de 8 a 10 semanas (2 sesiones por semana). Todos los estudios utilizaron el mismo protocolo de entrenamiento (4 x 4 minutos, con recuperación activa de 3 minutos). La intensidad fue controlada con la FC, que osciló entre el 90 y 95% de la FC_{max} . Las recuperaciones activas tuvieron una intensidad de 50-

$70\%FC_{max}$. Se ha demostrado que éste es un método eficiente para la mejora del estado de forma aeróbico (ej., VO_{2max}) así como para el rendimiento específico en el fútbol (tests específicos) en adultos (Helgerud, Engen, Wisloff & Hoff, 2001).

En el apartado de adaptaciones fisiológicas se encontraron mejoras significativas de 6,6% a 9% en el VO_{2max} . Otras variables que reportaron mejoras significativas fueron el VO_2 en el punto de compensación respiratoria (RCP) y la FC_{media} en intensidades submáximas de entrenamiento.

En referencia a los cambios en el rendimiento, se reportaron mejoras en test de potencia muscular (CMJ, SJ y esprint de 10 y 20 metros). Estas mejoras encontradas a nivel neuromuscular, como en test de saltos o esprint, nos llevan a pensar que no es necesario que la intensidad del entrenamiento sea la máxima para la mejora de estos parámetros, aunque existe mucha controversia en la literatura acerca de cómo mejorar la aceleración (Myer, Ford, Brent, Divine & Hewett, 2007). Como se comentó, estas acciones en las que se expresa la máxima velocidad, pueden ser las que determinen el resultado de un partido.

En todos los estudios se aprecian mejoras en torno al 10% de la condición física aeróbica, bien expresadas como el aumento del VO_{2max} , la reducción de la FC durante el entrenamiento, el aumento de la velocidad en el umbral de lactato (8,9%) o el aumento en la distancia recorrida durante el test YoYo Intermittent Recovery Test de nivel 1 (YoYo IR1). Entre estas mejoras, destacó la obtenida en un test de resistencia específica de fútbol (circuito de "Ekblom") con una mejora de 14,3% (Impellizzeri et al., 2006).

4.3. Juegos en espacios reducidos (JER)

Las intervenciones que utilizaron los JER tuvieron una duración de 4 a 18 semanas (2 sesiones a la semana). Cada sesión de entrenamiento incluía de 4 a 11 repeticiones (1min 30s a 4min). La duración de la recuperación se encontraba entre 1min 30s y 4min. El control de la intensidad se llevó a cabo mediante la variación del número de jugadores y del tamaño del campo, pudiendo jugar desde 1 contra 1 hasta 5 contra 5, en campos de 10 x 15m hasta 40 x 50m. El periodo de entrenamiento varía dependiendo del estudio, con estudios realizados durante la pretemporada, temporada o descanso invernal.

Las adaptaciones fisiológicas producidas por los periodos de entrenamiento reportaron aumentos significativos de VO_{2max} , mejoras en FC y VO_2 en situaciones submáximas. No se reportaron variaciones en el peso corporal, percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), intercambio respiratorio (R.E.R.).

Como cambios en el rendimiento se encontraron mejoras en el tiempo de esprint de 10m, así como mejoras significativas en test de capacidad para repetir esprints (RSA), la VIAT y la VAM, con mejoras de entre 1,4% y 6,6%. El cambio más destacado es la mejora de un 15,8% en el test de resistencia específica para fútbol (circuito de "Ekblom"), esta mejora fue superior que la mostrada tras la intervención de EIAI-L (Impellizzeri et al., 2006).

A pesar de utilizar volúmenes de entrenamiento similares al EIAI-L (4 x 4 min R: 3 min), la dificultad del entrenamiento a través de JER radica en el control de la intensidad, ya que ésta se puede modificar de forma teórica mediante las reglas, número de jugadores, feedback del entrenador, etc. aunque finalmente es la situación de juego la que realmente proporciona la intensidad.

Cabe destacar que el RPE tras cada sesión de entrenamiento de JER, fue un 3,5% inferior de media respecto al EIAI-L (Dellal et al., 2012).

En la intervención de Impellizzeri et al. (2006), se registraron las frecuencias cardíacas durante un partido, antes y después de la intervención. Los resultados encontrados tras el periodo de

entrenamiento mostraron el desplazamiento de la FC hacia zonas más altas de la misma, pasando de estar en el 15% al 24,7% tras el EIAI-L y del 18,8% al 28,7% tras los JER. Estos datos muestran otro punto más a favor del EIAI tanto en su forma de periodos de trabajo largos como en su forma de juegos en espacios reducidos, y es que tras ambas intervenciones, los jugadores son capaces de estar más tiempo en zonas superiores al 90% de la FC (Gráfico 1). Aunque ambos grupos aumentan su FC media durante el partido, son los jugadores que han utilizado JER, los que mayor cambio tienen hacia la alta intensidad.

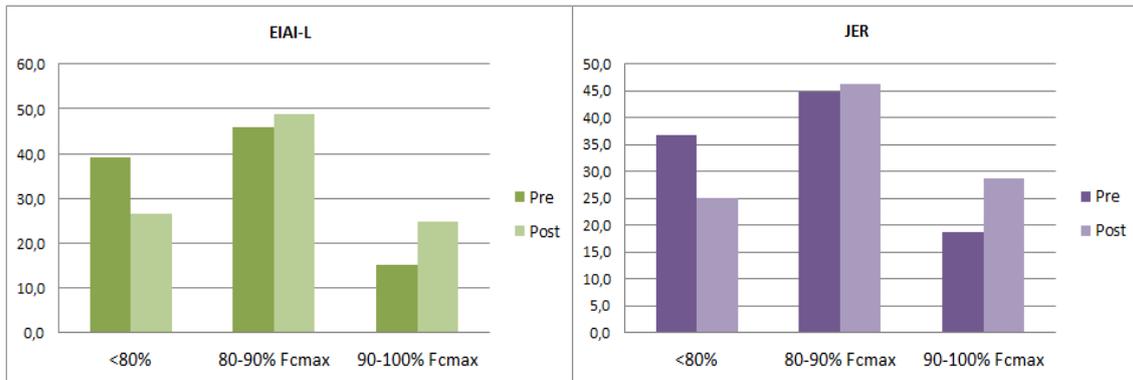


Gráfico 1. Tiempo (%) en zona en un partido antes y después de la intervención con EIAI-L y JER.

4.4. Entrenamiento mediante esprints repetidos (EER)

Los estudios que utilizaron el EER llevaron a cabo programas de entrenamiento con duraciones de 8 a 10 semanas (1 ó 2 sesiones a la semana). Las sesiones de entrenamiento incluían de 2 a 4 series, en las que se incluyen 5 a 6 repeticiones de 15 a 40 metros de esprint. La recuperación entre repeticiones oscilaba entre 14 y 90 segundos, con una recuperación entre series de 4 a 10 minutos. La intensidad utilizada fue la máxima velocidad de sprint. Las recuperaciones fueron pasivas o realizando carrera suave.

Sólo en el estudio de Ferrari Bravo et al. (2008) se tuvieron en cuenta las adaptaciones fisiológicas, reportando mejoras del 5% en el VO_{2max} y del 2,9% en el VO_2 en el RCP.

En cuanto a los cambios en el rendimiento, hay mejoras en un test de RSA de entre el 2,1% a 4,9% (tiempo medio de los esprints). Estas mejoras en test de RSA pudieron ser debidas a que el entrenamiento llevado a cabo era muy similar a las propias evaluaciones de la capacidad para repetir esprints, por lo que existe un gran efecto del aprendizaje. También reportaron mejoras significativas en esprints de 30 y 40 metros (2,2% y 5,7%, respectivamente). Estas mejoras encontradas, sugieren que el EER puede ayudar a mejorar la velocidad máxima o al mantenimiento de la misma, pero no a la capacidad de aceleración, porque no se mejoró en distancias inferiores a 30m.

En el CMJ se reportaron mejoras significativas en 2 de los estudios (del 3,9% al 7%), mientras que en el estudio de Ferrari Bravo et al. (2008) no se reportaron mejoras.

A nivel de rendimiento aeróbico, el estudio de Ferrari Bravo et al. (2008) reportó una mejora significativa en el test YoYo Intermittent Recovery nivel 1 (YoYo IR1) del 28,1% mientras que en el estudio de Shalfawi et al. (2012), no se reportaron cambios significativos. Esta diferencia pudo mostrarse debido a que en la intervención de éste último las recuperaciones entre repeticiones tuvieron una duración de 90s, en comparación con los otros dos estudios, que fue de 20s (Ferrari Bravo et al., 2008; Buchheit et al., 2010). Al ser una recuperación considerada como larga para este tipo de entrenamiento, pudo ser que el conjunto de series y recuperaciones no solicitase lo suficiente el sistema aeróbico como para producir adaptaciones significativas.

Otro aspecto a destacar, es que en un test de agilidad (3-6-9m con giros de 180º) no hubo cambios significativos, por lo que nos lleva a la conclusión de que la agilidad hay que entrenarla de forma específica (Shalfawi et al., 2012).

5. Conclusiones

Como se ha visto, parece que no hay diferencias en el aumento del VO_{2max} (6.6-9%) a la hora de utilizar periodos cortos o periodos largos de trabajo, por lo que será labor del entrenador utilizar cada metodología en función de las características de sus deportistas y del periodo de entrenamiento en el que se encuentren. Cabe destacar que el 75% de los estudios analizados de EIAI-L se han realizado en periodos de pretemporada, por lo que parece ser que esta metodología es más apropiada para esa fase, siendo el 100% de los estudios revisados de EIAI-C pertenecientes a periodos competitivos.

Los JER también mejoran parámetros fisiológicos y de rendimiento de forma similar a los EIAI, a destacar las mejoras obtenidas alrededor del 8% en VO_{2max} , y del 1,5 al 10% en la VAM. En esta metodología se incluye el balón como parte central del juego, que puede ser una motivación añadida logrando así mayor esfuerzo de los jugadores y mayor especificidad del entrenamiento. Sin embargo, es más difícil controlar las variables del entrenamiento en los JER, debido a que éste depende de la situación de juego.

Los EER también han mostrado ser una herramienta eficaz para mejorar el VO_{2max} (hasta un 5%), aunque ese no es su principal objetivo, que es el de mejorar los determinantes del rendimiento de la parte neuromuscular como la aceleración, la velocidad máxima o la altura del salto, que en todos los estudios analizados han conseguido mejorar, en porcentajes de mejora que oscilaban 2,1 y 13,4%.

En definitiva, atendiendo al principio de especificidad del entrenamiento, que indica que todo método de entrenamiento debe tener en cuenta las demandas del deporte (Bompa, 2004; Wilmore & Costill, 2007), utilizaremos cada metodología en función del objetivo perseguido. Para la mejora de la parte cardiovascular (recorrer mayores distancias a alta intensidad durante un partido y recuperar antes entre esfuerzos) utilizaremos los EIAI y JER, mientras que para la mejora de la parte neural (mejorar la aceleración, la velocidad máxima y la altura de salto) utilizaremos EER.

Para concluir, en el "Anexo I" se presenta una propuesta para una futura investigación en la que se compara un grupo de EIAI-L y EIAI-C unificando volumen de entrenamiento.

6. Bibliografía

1. Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V. y Sampaio, J. (2012). A Review on the Effects of Soccer Small-Sided Games. *Journal of Human Kinetics*, 33, 103–113.
2. Bangsbo, J. (2005). Aerobic and anaerobic training in soccer – with special emphasis on training of youth player. En *Fitness training in soccer I* (pp. 1-225). Bagsvaerd, Denmark: HO + Storm.
3. Bangsbo, J., Nørregaard, L., y Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sports Science*, 16(2), 110-116.
4. Bangsbo, J., Mohr, M., y Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-674.
5. Bangsbo, J., Iaia, F.M., y Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51.
6. Billat, V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Part II. *Sports Medicine*, 31(2), 75-90.
7. Bompa, T.O. (2004). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
8. Bradley, P.S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., y Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength Conditioning Research*, 24(9), 2343-2351.
9. Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365-374.
10. Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., y Bourdon, P. C. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11), 818-825.
11. Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., y Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in Young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
12. Buchheit, M., Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle, Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Journal of Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
13. Buchheit, M., Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle, Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Journal of Sports Medicine*, 43(10), 927-954.
14. Carling, C., Le Gall, F. y Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30 (4), 325-336.
15. Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M., y Barbero Alvarez, J. C. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *Journal of Strength Conditioning Research*, 4(12), 3227-33.
16. Cazorla, G., y Leger, L. (1993). *Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de course navette et épreuve Vam-éval*. Cestas: AREAPS
17. Dellal, A., Varliette, C., Owen, A., Chirico, E. N., y Pialoux, V. (2012). Small-sided games versus interval training in amateur soccer player: effects on the aerobic capacity and the ability to perform intermittent exercises with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2712-2720.
18. Faude, O., Shnittker, R., Schulte-Zurhausen, R., Müller, F., y Meyer, T. (2013). High intensity interval training vs. high-volume running training during pre-season

- conditioning in high-level youth football: a cross-over trial. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1441-1450.
19. Faude, O., Steffen, A., Kellmann, M., y Meyer, T. (2014). The effect of short-term interval training during the competitive season on physical fitness and signs of fatigue: a cross-over trial in high-level youth football players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 936-944.
 20. Fernández-Fernández, J. (2012). El entrenamiento de alta intensidad, una herramienta para la mejora del rendimiento en los deportes de perfil intermitente. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 16 (2), 05-14.
 21. Ferrari Bravo, F., Impellizzeri, F. M., Rampini, E., Castagna, C., Bishop, D., y Wisloff, U. (2007). Sprint vs. Interval Training in Football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(8), 668-674.
 22. Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U., y Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 1925-1931.
 23. Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., y Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9), 677-682.
 24. Iaia, M., Rampinini, E., y Bangsbo, B. (2009). High-Intensity Training in Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 291-306.
 25. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., y Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 483-492.
 26. McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., y Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in profesional youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 273-277.
 27. Mohr, M., Krstrup, P., y 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.
 28. Myer, G.D., Ford, R.K., Brent, J.L., Divine, J.G., y Hewett, T.E. (2007). Predictors of sprint start speed: the effects of resistive ground-based vs. inclined treadmill training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 831-836.
 29. Ouerghi, N., Khammassi, M., Bourkorraa, S., Feki, M., Kaabachi, N., y Bouassida, A. (2014). Effects of a high-intensity intermittent training program on aerobic capacity and lipid profile in trained subjects. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5, 243-248.
 30. Owen, A.L., Wong del, P., Paul, D., y Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2748-2754.
 31. Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., y Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric work-rate profiles of elite South American international Test soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162-169.
 32. Shalfawi, S. A., Ingebrigtsen, J., Dillern, T., Tonnessen, E., Delp, T. K., y Enoksen, E. (2012). The effect of 40m repeated sprint training on physical performance in youn elite male soccer players. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 6(3), 111-116.
 33. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., y Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
 34. Urrutia, G., y Bonfill, X. (2010). PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina Clínica*, 135 (11), 507-511.

35. Van Gool, D., Van Gerven, D., y Boutmans, J. (1988). The physiological load imposed in soccer players during real match-play. En: T. Reilly, A. Lees, y K. Davids (Eds), *Science and football* (pp. 51-59). London: E&FN Spon.
36. Wilmore, J.H., y Costill, D.L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Badalona: Paidotribo.
37. Withers, R. T., Maricic, Z., Wasilewski, S., y Kelly, L. (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 159-176.
38. Wragg, C.B., Maxwell, N.S., y Doust, J.H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology*, 83(1), 77-83.



7. Anexo I

Introducción

Tras la presente revisión hemos visto que el EIAI-L y EIAI-C en fútbol producen adaptaciones similares de VO_{2max} , sin embargo, cada intervención utiliza metodologías con evaluaciones diferentes, así se hace necesario buscar una normalización para que los resultados de las intervenciones lleguen al ámbito práctico. El objetivo del presente estudio es analizar las adaptaciones del entrenamiento tras un periodo de EIAI-L o EIAI-C unificando el volumen de entrenamiento.

Método

Participantes

Gracias al convenio que la Universidad Miguel Hernández tiene con el Elche Club de Fútbol, se ha tenido acceso a realizar la intervención con los jugadores del equipo juvenil. Se han elegido treinta jugadores (16.5 ± 0.7) que llevasen el último año entrenando juntos para intentar que la muestra sea lo más homogénea posible. Diez jugadores que no cumplían este último criterio, fueron incluidos como grupo control (16.8 ± 1.2).

Procedimiento

Se hará una reunión informativa para informar a técnicos y padres de los detalles de la intervención, aunque los propios jugadores no serán informados del grupo al que pertenecen. Se entregará una autorización tanto paternal como del club en la que se informará de los riesgos, tanto de la intervención como de las evaluaciones, así como de que podrán disponer tras el estudio de un informe individualizado del estado de salud del jugador.

Los entrenamientos se realizarán a las 20h, que es el horario habitual del entrenamiento de los jugadores. Al ser en 2 meses de finalización del verano e inicio del otoño, se espera que la temperatura media del entrenamiento no varíe.

Protocolo de entrenamiento

El equipo entrena 4-5 días a la semana, añadido a este entrenamiento grupal se ha incluido la intervención durante las 8 primeras semanas de la fase competitiva de la temporada.

La muestra se ha dividido en dos grupos: uno de EIAI-L (16.4 ± 0.8) y otro de EIAI-C (16.6 ± 0.6). El grupo que entrena bajo la metodología de EIAI-L, completa 2 días la semana de entrenamiento con 4 periodos de trabajo con un volumen de 4 minutos y una intensidad de entre 95 y 100% de la velocidad aeróbica máxima (VAM). La recuperación es de 3 minutos entre series al 60-70% de la VAM. El grupo que completa el entrenamiento de EIAI-C, entrena 2 días a la semana haciendo 4 series de 12 repeticiones con 20 segundos de trabajo a una intensidad del 120% de la VAM. La recuperación es de 15 segundos entre cada repetición y de 3 minutos entre cada serie, ambas de forma pasiva.

El EIAI-L consiste en correr alrededor de la pista de atletismo de Elche para así controlar mejor la velocidad. Mientras que el EIAI-C se ha calculado la distancia que ha de recorrer cada jugador durante los 20 segundos y se ha marcado en la pista.

Evaluación

Antes y después del periodo de entrenamiento se evalúa el estado físico general del jugador mediante una serie de test: prueba de esfuerzo incremental en escalón (VAM-EVAL según Cazorla & Leger, 1993) para medir la VAM y calcular de forma indirecta su consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), el test 30:15 (Buchheit, 2008) para evaluar su capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad, un test para medir la capacidad de repetir esprints (RSA), test de sprint de

30 metros con tiempo parcial a los 10 metros para evaluar la aceleración y la velocidad máxima y, finalmente, varios test de saltos (salto con contramovimiento, (CMJ), squat jump (SJ) y drop jump (DJ)) para medir la capacidad de salto. Además, se monitorizará la frecuencia cardíaca (FC) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE sesión RPE-Cr10) después de la sesión.

Por otro lado, gracias al Servicio de Nutrición Deportiva de la Universidad Miguel Hernández, que también colabora con el Elche C.F., podremos controlar la ingesta de los jugadores así como su composición corporal mediante antropometría.

