

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DURANTE UNA PRETEMPORADA EN EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA CAPACIDAD PARA REALIZAR EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD EN JUGADORES DE FÚTBOL SALA.

Barbero Álvarez, J.C.¹ y Barbero Álvarez, Verónica².

¹ Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Humanidades de Melilla. Universidad de Granada

² Colegio La Salle-El Carmen. Melilla.

RESUMEN.

*El ejercicio intermitente de alta intensidad (EIAI) es una de las formas de actividad más frecuente en la mayor parte de los deportes de equipo y en algunos individuales. Habitualmente se ha sugerido en la literatura que un elevado VO₂ máx. puede ser determinante en la capacidad para recuperar **energía** entre sprints repetidos. El propósito del presente estudio es analizar si existe alguna relación entre el máximo consumo de oxígeno (potencia máxima aeróbica - VO₂ máx.) y la capacidad para efectuar esfuerzos intermitentes de máxima intensidad y el potencial de recuperación (índice de fatiga), en jugadores profesionales de fútbol sala tras un periodo de entrenamiento.*

Los resultados sugieren que no existe ninguna relación entre la potencia máxima aeróbica y la disminución del rendimiento medida mediante el índice de fatiga durante la ejecución del test de sprint de Bangsbo, por lo que el VO₂ máximo es un pobre indicador de la recuperación tras ejercicio intermitente de máxima intensidad.

1. INTRODUCCIÓN.

El ejercicio intermitente de alta intensidad (EIAI) es una de las formas de actividad más frecuente en la mayor parte de los deportes de equipo (fútbol, baloncesto, balonmano o fútbol sala) y en algunos individuales (tenis o badminton). Se trata de modalidades deportivas acíclicas y mixtas (aeróbico - anaeróbicas) en las que se intercalan fases de ejercicios a diferente intensidad con pausas de recuperación activas e incompletas, durante un extenso espacio de tiempo (60 - 120 m).

El fútbol sala es una de estas especialidades deportivas en las que la actividad del jugador se caracteriza por numerosos esfuerzos de corta duración (3 a 8 s) a alta y máxima intensidad (5 a 7 y **< (será) >7 m/s**) en los que el aporte energético principal procede del metabolismo anaeróbico **aláctico**. No obstante, debido a las elevadas exigencias del juego y a la reiteración de los esfuerzos con escasos periodos de recuperación, la contribución de la vía anaeróbica láctica podría aumentar en las fases finales de cada periodo, si bien dependerá del tiempo de participación de cada jugador. Estos esfuerzos de máxima intensidad se intercalan con un volumen considerable de desplazamientos de intensidad media y baja (velocidades inferiores a 5 m/s) y periodos cortos de reposo donde la energía es suministrada por el sistema

aeróbico, **los cuales permiten** (se conoce este proceso con exactitud) el aclarado del posible lactato acumulado.

Aunque la distancia efectuada esprintando (velocidades superiores a 7 m/s) no es elevada, **ya que** representa aproximadamente el 9% de la distancia total recorrida (Barbero, 2002), podemos considerar la capacidad del jugador para realizar un elevado número de esfuerzos a velocidad máxima con breves periodos de recuperación como esencial en este deporte, puesto que este tipo de actividades con o sin balón (cambios rápidos de dirección, aceleraciones, desmarques, etc.), en la mayoría de los **casos preceden** o forman parte de las acciones decisivas de un encuentro, pudiendo ser considerada como un factor determinante del rendimiento óptimo en esta especialidad deportiva.

Davis y Brewer (1993) concedieron una importancia relevante a la resistencia al esprint en jugadores de fútbol, proponiendo **este factor como** el de mayor significación entre atletas de elite y los de nivel inferior. Un rendimiento eficiente implica la necesidad de reducir al máximo el tiempo que se necesita para recuperar, consiguiendo mantener durante el mayor tiempo posible una elevada performance en la ejecución de esfuerzos a máxima velocidad.

Habitualmente, se ha sugerido en la literatura que un elevado VO_2 máx. puede ser determinante en la capacidad para recuperar energía entre sprints repetidos (Bogdanis et al., 1995, 1996). Si bien el $VO_{2máx.}$ ha sido relacionado significativamente con los procesos de recuperación, mediante la capacidad para resintetizar fosfocreatina (PCr) o la remoción de lactato tras esfuerzos intermitentes de alta intensidad (**Tomlin y Wenger, 2001**), parece ser que esta trascendencia es menor cuando se trata de esfuerzos máximos intermitentes de corta duración donde es probable que la degradación de PCr sea mucho menor (Bishop et al., 1999).

El propósito del presente estudio es analizar la hipótesis de que el máximo consumo de oxígeno (potencia máxima aeróbica - VO_2 máx.) está relacionado con el rendimiento en la ejecución de esfuerzos intermitentes cortos de máxima intensidad. Evaluaremos esta relación antes y después de una pretemporada para examinar las mejoras producidas en ambas variables y si el incremento en el VO_2 máx. influye en los índices de rendimiento de una prueba de RSA (**capacidad de sprints** repetidos), en jugadores profesionales de fútbol sala.

2. MÉTODO.

Sujetos.

Once jugadores (2 porteros y 9 jugadores de campo) profesionales de fútbol sala pertenecientes a un equipo que milita en la máxima categoría de la liga nacional de Fútbol sala (LNFS) española participaron en este estudio. Los valores medios (DS) para la edad, peso y altura fueron 26.33 (2.53) años, 74.75 (5.69) Kg y 174.74 (5.59) cm respectivamente.

Procedimientos

Un elevado número de pruebas de laboratorio y de campo se han diseñado y desarrollado para evaluar rendimiento físico en los deportes, pruebas realizadas para la determinación del máximo consumo de oxígeno tanto en tapiz rodante como test progresivos de ida y vuelta en pista (Leger y Lamber, 1982; Ramsbotton et al., 1988).

Para efectuar la valoración de la máxima potencia aeróbica se procedió a la aplicación de dos pruebas de campo una continua y otra intermitente: el Test de Leger – Lambert (1982) o course navette (CN) para la estimación del máximo consumo de oxígeno y el Yo-yo test (YYT) de recuperación intermitente (Krustrup, et al., 2003) como protocolo discontinuo.

Para la estimación del $VO_{2\text{ máx.}}$ existen diferentes fórmulas dependiendo de la población objeto de estudio (niños o adultos), en nuestro caso, hemos empleado la propuesta por Leger y Gadoury (1989) para mayores de 18 años con “paliers” de 1 minuto, basada en la VMA (velocidad máxima aeróbica) o velocidad del último estadio en el que se retira el atleta:

$$VO_{2\text{ máx.}} (\text{ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = -27.4 + (6.0 \times \text{VMA})$$

Para evaluar tanto la capacidad de realizar esfuerzos repetidos de máxima intensidad como el potencial de recuperación, se aplicó el Test de Esprint de Bangsbo (1998) o TEB, elegido por ser la única prueba de CSR (capacidad de sprints repetidos) en la que se ejecuta un cambio de dirección cuya validez y fiabilidad han sido demostradas (Wragg et al., 2000).

El protocolo consiste en efectuar un esprint máximo entre A y B (34.2 m) para posteriormente realizar un trote suave de recuperación hasta D, pasando por C (50 m), en 25 segundos (Figura 1). Una vez traspasado el punto B se pone en marcha el tiempo de recuperación y durante este periodo (25 s) al atleta se le proporciona información verbal del tiempo transcurrido (5, 10, 15 y 20 s) para que acomode la velocidad de carrera al tiempo restante. Este actuación se repite en siete ocasiones registrándose el tiempo en cada serie.

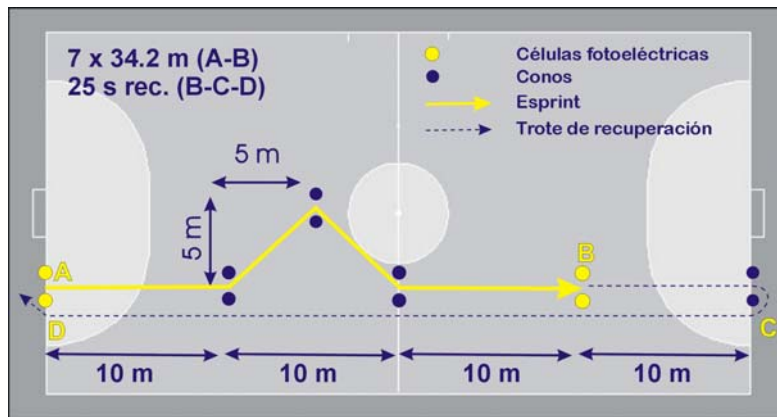


Figura 1. Diagrama del Test de Esprint de Bangsbo. Distancia entre A y B 34.2 m, distancia entre BCD 50 metros.

Los resultados obtenidos proporcionan información acerca del tiempo (s) de cada esprint, el mejor tiempo (t_{mej}), la sumatoria de los siete tiempos (t_{total}) o el tiempo medio (t_{med}) y el índice o tiempo de fatiga (IF), valores que nos permiten evaluar y comparar el rendimiento de cada sujeto. Para hallar este índice hemos utilizado el método planteado por Fitzsimons et al. (1993) calculado mediante la siguiente ecuación:

$$IFF = \frac{\sum 7 \text{ tiempos}}{t_{mej} \times 7} \times 100$$

Análisis de los datos (estadístico.) ¿ ?

Se efectuó una estadística descriptiva del conjunto de variables analizadas. La relación entre el máximo consumo de oxígeno estimado en la CN y la distancia alcanzada en el Yo yo test con la capacidad para realizar esfuerzos intermitentes de alta intensidad y el potencial de recuperación, se determinó tanto al inicio como al final de la pretemporada mediante el análisis de correlación de **Pearson, mientras que** la posible existencia de diferencias significativas entre el pretest y el posttest se estableció mediante **el estadístico para comparación de medias de dos muestras relacionadas.**

3. RESULTADOS. (MEZCLAS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN)

En la tabla 1, aparece reflejada la estadística descriptiva de la muestra en las tres pruebas aplicadas, tanto en el pretest como en el posttest.**(la tabla de edad habría que quitarla)**

Tabla 1. Estadísticos descriptivos (n = 8)

	Mínimo		Máximo		Media		Desv. típica	
<i>Edad</i>	23		30		26.33		2.53	
	Pretest				Posttest			
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
<i>Test de Léger – Lambert</i>								
VO2 máx. (ml·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	47.6	59.6	52.85	3.84	50.6	62.6	55.85	3.49
<i>Yo-yo test de recuperación intermitente</i>								
Distancia recorrida	1520	2280	1865	303.08	2000	2800	2380	306.13
<i>Test de Esprint de Bangsbo</i>								
Esprint más rápido (s)	6.83	7.32	7.09	0.21	6.00	6.43	6.21	0.16
Esprint más lento (s)	7.10	7.56	7.36	0.17	6.25	6.88	6.55	0.23
Tiempo total (Sumatoria 7 esprint) (s)	49.0	52.74	50.88	1.39	42.86	46.60	44.50	1.25
Tiempo medio 7 esprint (s)	7	7.53	7.27	0.20	6.12	6.66	6.36	0.18
(IFF) Índice fatiga Fitzsimons et al. (%)	0.74	3.62	2.45	0.95	1.07	3.66	2.34	0.93

Los resultados obtenidos en el posttest reflejan, por término medio, una mejora de las capacidades de los jugadores en la mayoría de los parámetros analizados. El máximo consumo de oxígeno se incrementó en un 6% $\pm$ 7.88, mientras que la distancia recorrida en el test yoyo de recuperación intermitente aumentó en un 29% $\pm$ 18.65.

Del mismo modo, se aprecia un aumento (12.40% $\pm$ 2.57 y 11.71% $\pm$ 2.88) en la velocidad de los jugadores al superar sus resultados en la variable mejor y peor tiempo respectivamente. En relación a la capacidad de realizar sprints repetidos, se produce una **(mejora) disminución considerable ¿?**, valorada en un 12.51% $\pm$ 2.09, tanto de la sumatoria de tiempos como en el tiempo medio de los sprints (Figura 2). **Con respecto** al índice de fatiga apenas se observa variación, **ya que el** IFF mejora en un 4.8%.

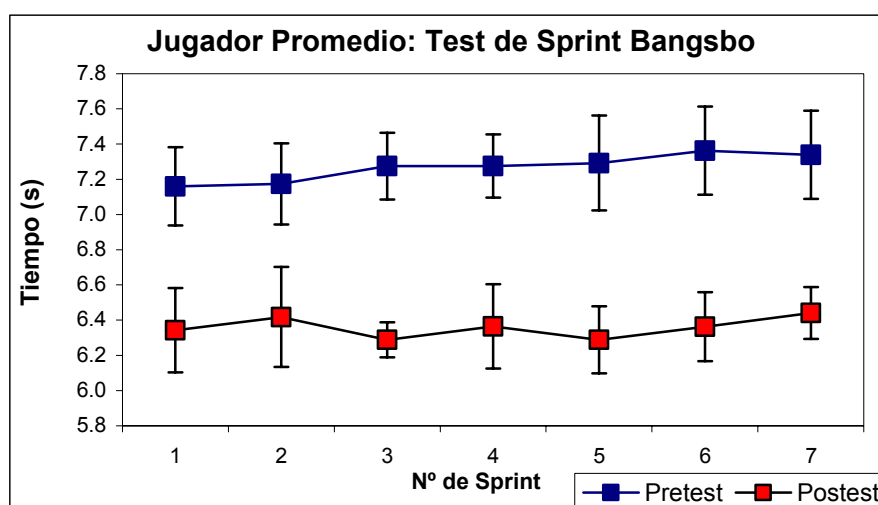


Figura 2. Media y desviación típica del tiempo medio de los siete sprints en el Test de Esprint de Bangsbo para la totalidad de los jugadores antes y después de la pretemporada.

Por tanto, y debido a la intervención realizada durante el periodo de entrenamiento en pretemporada se produce un aumento significativo de las variables siguientes: Distancia en el YYT, mejor tiempo, peor tiempo y sumatoria de tiempos en el TEB (Tabla 3). ¿ ?

Tabla 3. Comparación entre las diferentes variables antes y después de la pretemporada

	Prueba T de muestras relacionadas	Sig. (bilateral)
Par 1	VO ₂ máx Pre - VO ₂ máx Post	,086
Par 2	YOYO Pre – YOYO Post	,002**
Par 3	Mejor T Pre – Mejor T Post	,000**
Par 4	Suma T Pre – Suma T Post	,000**
Par 5	Peor T Pre – Peor T Post	,000**
Par 6	IFF Pre – IFF Post	,845

** Correlación significativa $p < .005$

A pesar del aumento de condición física tras la realización de la pretemporada, la relación entre el máximo consumo de oxígeno y la distancia recorrida en el Yoyo test con el rendimiento en el test de sprint de Bangsbo medido mediante la sumatoria de tiempos ($r = 1.000$, $p = .000$) no refleja diferencias significativas (Figura 3). Solo se apreció una cierta correlación entre el rendimiento en la Course Navette y la sumatoria de tiempos al inicio del tratamiento ($r = -.813$, $p = .016$). **(ESTE PÁRRAFO NO LO ENTIENDO)**

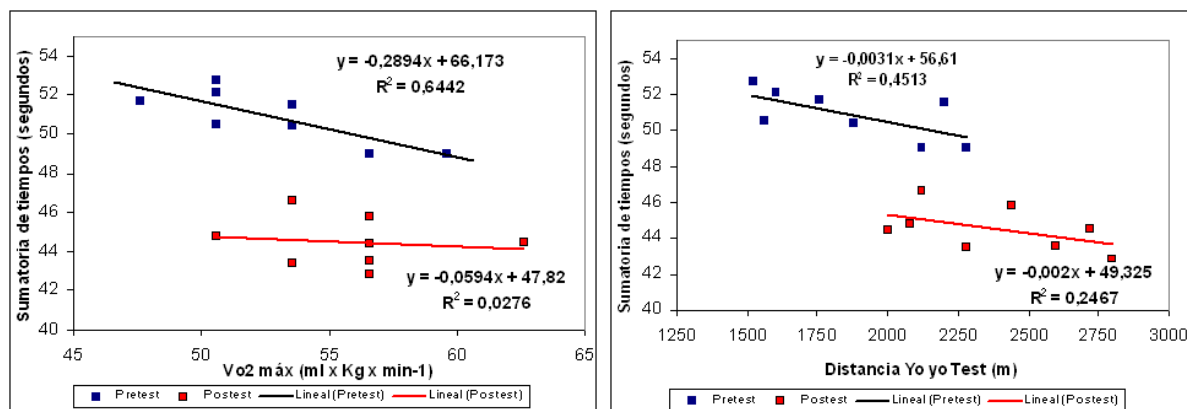


Figura 3. Relación entre consumo máximo de oxígeno en Course Navette (izquierda) y distancia en Yoyo test (derecha) con la sumatoria de tiempos en test de sprint de Bangsbo.

Al analizar las pruebas para valorar la máxima potencia aeróbica (continua e intermitente) y la capacidad para soportar esfuerzos repetidos de alta intensidad, valorada mediante el índice de fatiga (IFF), debemos destacar que tanto en el pretest como en el

postest, no existe correlación entre el máximo consumo de oxígeno y el número de metros conseguido en el test Yoyo de recuperación intermitente con esta variable (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre los resultados del Test de Sprint de Bangsbo (1998) con la máxima potencia aeróbica ($VO_{2\text{ máx.}}$) y la distancia recorrida en el Yoyo test de recuperación intermitente.

	MÁXIMA POTENCIA AERÓBICA (CN)		YOYO TEST RECUPERACIÓN INTERMITENTE		SUMATORIA DE TIEMPOS		INDICE DE FATIGA FITZSIMONS ET AL. (IFF)	
	ml·Kg·min ⁻¹		(segundos)		(segundos)		(%)	
TEB	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Mejor tiempo	-,718 ,045*	-,333 ,420	-,446 ,269	-,539 ,168	,953 ,000	,946 ,000*	-,456 ,257	,080 ,850
Peor tiempo	-,854 ,007*	,174 ,680	-,641 ,087	-,196 ,642	,842 ,009	,913 ,002*	-,059 ,890	,413 ,309
Sumatoria	-,803 ,016*	-,166 ,694	-,672 ,068	-,497 ,210			-,164 ,698	,400 ,326
IFF	-,024 ,955	,436 ,280	-,521 ,186	-,003 ,995				

Por último debemos destacar que en esta investigación sólo hemos obtenido correlación significativa entre las dos pruebas de campo para la valoración de la potencia aeróbica al inicio de la pretemporada ($p = .031$), aunque también se manifiesta cierta tendencia a la significación entre ambas pruebas ($p = .077$) al final del periodo de preparación.

4. DISCUSIÓN.

El límite superior de la capacidad del organismo para consumir oxígeno durante una determinada actividad física está indicado por el máximo consumo de oxígeno, éste es considerado como el mejor indicador de la potencia aeróbica máxima de un deportista (Reilly, 1999) y entendido como el índice estandar en la valoración de la capacidad de resistencia del organismo (Sutton, 1992).

Con respecto al $VO_{2\text{ máx.}}$ podemos indicar que la mejora no ha sido excesiva ($6\% \pm 7.88$), si bien es cierto que los valores iniciales eran elevados para tratarse de una evaluación realizada tras un descanso (periodo de transición) de entre 8 y 10 semanas. Los resultados iniciales $52.85 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \pm 3.84$ ($47.6 - 59.6$) y finales $55.85 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \pm 3.49$ ($50.6 - 62.6$) de la muestra son algo inferiores al principio y muy similares tras el periodo de entrenamiento a los aportados por Álvarez Medina et al. (2000) para jugadores profesionales ($57.8 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) y a los propuestos por Barbero (2002) ($56.6 \text{ ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Además, y coincidiendo con otros autores (mirar artículos), se demuestra la escasa posibilidad de

modificación de esta variable una vez alcanzados valores elevados y que los resultados obtenidos están más relacionados con el potencial de base del jugador, resultado de una vida dedicada al deporte (rastreo fisiológico del atleta), y con su dotación genética, que con el trabajo de resistencia realizado durante ese corto periodo de entrenamiento

En cambio, la variable distancia en el test Yoyo de recuperación intermitente si mejora notablemente en la mayoría de los jugadores tras el entrenamiento, alcanzando un incremento significativo ($p = .002$) cuyo valor medio es de 515 metros (1865 m a 2380 m) lo que representa un $29.3 \% \pm 18.7$ (Tabla 5). Estos resultados son muy parecidos, aunque algo superiores, a los aportados por Krustup et al. (2003) con diez jugadores de fútbol de elite, los cuales alcanzaron 1760 ± 59 m al inicio del periodo de preparación y 2211 ± 70 m al comienzo de la temporada lo que supone una mejora del $25.6 \% \pm 6$ ($p < .005$).

Tabla 5. Resultados en la Course Navette y el Test Yoyo de recuperación intermitente y porcentaje de mejora tras el periodo de entrenamiento.

Muestra	Pretest	Posttest	% mejora	Pretest	Posttest	% mejora
Sujeto 1	53.60	59.60	11.86	1520	2000	31,58
Sujeto 2	50.60	53.60	6.30	1760	2080	18,18
Sujeto 3	53.60	56.60	5.93	1600	2120	32,50
Sujeto 4	56.60	65.60	16.79	2200	2720	23,64
Sujeto 5	59.60	56.60	-5.30	2280	2280	0,00
Sujeto 6	62.60	59.60	-5.03	2120	2800	32,08
Sujeto 7	56.60	59.60	5.60	1880	2440	29,79
Sujeto 8	53.60	59.60	11.86	1560	2600	66,67
Media	55.85 $\pm$ 3.9	58.85 $\pm$ 3.5	6 $\pm$ 7.88	1865 $\pm$ 303	2380 $\pm$ 306	29,3 $\pm$ 18.7

Por ello, los resultados del presente estudio sugieren, en primer lugar, que si bien este test ha sido correlacionado con el máximo consumo de oxígeno y con el tiempo hasta la fatiga en una prueba incremental realizada en laboratorio (Krustrup et al., 2003), así como con el número de metros realizados en carrera de alta intensidad en partidos de fútbol profesional (Bangsbo y Krustrup, Vol 33, 5 MSSE), la distancia alcanzada en el test YYR tan sólo presenta correlación con los valores estimados para el VO2 máx. mediante la CN, en jugadores de fútbol sala profesional al inicio del periodo preparatorio ($p = .031$), aunque debemos señalar que también se aprecia cierta tendencia a correlacionar ($r = .657$; $p = .077$) al finalizar el mismo. No obstante, este hecho pudiera estar provocado por la escasa magnitud de la muestra y debería ser constatado con una muestra más numerosa. Y en segundo lugar, que el test YYR es más específico con el patrón de actividad realizado por los atletas que pertenecen a deportes de

equipo de tipo intermitente y más sensible a las adaptaciones que se producen en el jugador como consecuencia del entrenamiento.

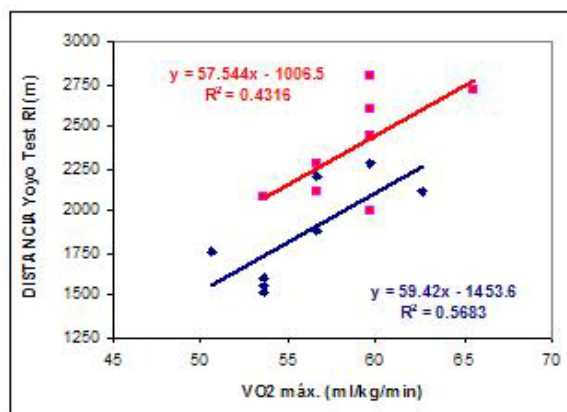


Figura 4. Relación entre consumo máximo de oxígeno estimado mediante el test de Course Navette y la distancia en metros alcanzada en el Yoyo test en el pretest (azul) y posttest (rojo).

Debido a la alta intensidad de las acciones decisivas durante un partido y a su carácter intermitente, es muy común la creencia de que una gran velocidad máxima aeróbica (VMA) y un extraordinario consumo máximo de oxígeno son trascendentales en una buena recuperación entre esfuerzos y que por tanto, estos componentes tienen un papel significativo en la capacidad de repetir esfuerzos cortos de máxima intensidad tan característica del fútbol sala. Son numerosos los científicos deportivos que todavía emplean esta medida para valorar a los atletas de deportes de equipo esencialmente anaeróbicos, como el voleibol, hockey o baloncesto y frecuentemente, estos deportistas son preparados mediante entrenamientos encaminados al desarrollo de la resistencia, con el propósito de aumentar la recuperación metabólica, e incluso el éxito del entrenamiento es evaluado, a menudo, mediante los cambios en el VO_2 máx. (Cooke et al., 1997).

Aunque este hecho pueda sorprender, hemos encontrado que jugadores con similares VO_2 máx. muestran diferentes potenciales de recuperación o índices de fatiga durante la ejecución de sprints máximos repetidos, tanto al inicio como al final de la pretemporada, no existiendo ninguna correlación entre ambas variables ($r = -.024$; $p = .955$ y $r = .436$; $p = .280$ respectivamente). Estos datos coinciden con los resultados obtenidos en la mayoría de los estudios más recientes (Aziz, et al., 2000; Hoffman, et al. 1996; 1999; Bishop et al., 1999; Wadley y Le Rossignol, 1998) aplicados en atletas de deportes de equipo, donde se relacionan

la capacidad aeróbica y anaeróbica, y se demuestra que la capacidad de recuperación en esfuerzos de tipo anaeróbico depende débilmente del VO₂ máx.

Por ello, consideramos que el consumo máximo de oxígeno es un pobre indicador de la capacidad de recuperación durante la ejecución de sprints máximos y estimamos que la capacidad aeróbica no es un indicador significativo del rendimiento en jugadores de deportes de equipo (Fox, 1990; Gillam, 1985), ni debe entenderse como un factor limitante en el ejercicio del Fútbol Sala (Riveiro, 2000). De hecho, Cooke et al. (1997), concluían en su estudio que el máximo consumo de oxígeno era un pobre indicador de la recuperación metabólica tras ejercicio intenso de máxima intensidad, al observar diferencias en la capacidad de recuperación en sujetos con similares VO_{2 máx.}, lo que les llevó a sugerir que deben ser otros factores los que influyen en la recuperación.

Del mismo modo, existe una ausencia de significación al correlacionar el índice de fatiga y la distancia alcanzada en el YYT en ambas valoraciones (pre y post), por lo que en el presente estudio no se confirma la hipótesis de la relación entre una alta capacidad aeróbica y un mayor rendimiento en pruebas de esprints repetidos. Coincidiendo con los datos aportados por Wadley y Le Rossignol (1998) en jugadores fútbol australiano, Hoffman et al. (1999) en jugadores de baloncesto y Bishop et al. (1999) en jugadores de jockey, los resultados de nuestra investigación muestran la inexistencia de correlación (tabla 5) entre la máxima potencia aeróbica y la disminución del rendimiento durante la realización de esfuerzos máximos intermitentes en jugadores de fútbol sala.

Además, debemos reseñar que debido al entrenamiento aumentos en la condición aeróbica, no significativos para el VO₂ máx. estimado (6%, $p = .086$) y significativos (27.61%, $p = .002$) para la distancia en el YYT, no implican una mejora en el rendimiento en la prueba expresado mediante el índice de fatiga, 2.45% versus 2.34% ($p = .845$).

Estos hechos pudieran estar justificados por dos razones: En primer lugar, podríamos suponer que tan sólo se haya producido un vaciado parcial de las reservas de fosfocreatina (PCr) en la prueba de RSA, bien por el bajo número de esfuerzos (siete sprints), bien por la escasa duración de los mismos, por lo que no se requiere una excesiva contribución por parte del sistema aeróbico para resintetizar ATP. Un agotamiento mayor de los depósitos de PCr que

el que pudiera haberse producido durante el actual estudio, incrementaría la participación y contribución del sistema aeróbico con el objetivo de resintetizar estos depósitos.

En segundo lugar, la ausencia de relación pudiera estar relacionada con los valores de consumo máximo de oxígeno. Hoffman (1997), observó evaluando soldados de infantería, que aquellos que poseían una aptitud aeróbica inferior a la media de la población presentaban índices de fatiga más altos y que los que estaban por encima de un cierto nivel, aunque consiguieran incrementar su capacidad aeróbica, ésta no implicaba una mejora de la capacidad de recuperación.

Por tanto, la relación entre capacidad aeróbica y recuperación tras la realización de ejercicio intenso intermitente parece tener ciertas limitaciones. Estos datos sugieren que una vez alcanzado un determinado grado, incrementos en la capacidad aeróbica no supondrían una mejora del potencial de recuperación en la ejecución de esfuerzos máximos. Al no encontrar ninguna relación entre las dos variables para jugadores de baloncesto, Hoffman et al. (1999) exponen que si existe algún límite para la capacidad aeróbica, en relación con la capacidad de recuperación, éste parece estar por debajo de los valores hallados en su estudio ($50.2 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \pm 3.8$). Pudiera ser que una de las causas de la no significación en la presente investigación estuviera relacionada con este argumento, ya que nuestra muestra obtuvo en las dos valoraciones una media superior a la obtenida en la pesquisa de Hoffman et al. con $51.35 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \pm 4.07$. La ampliación del estudio a una población más numerosa en el que la varianza del $\text{VO}_{2 \text{ máx.}}$ fuera mayor permitiría corroborar este hecho.

Hemos apreciado (Figura 3) una importante correlación ($r = -.803$, $p = .016$) entre el máximo consumo de oxígeno y la sumatoria de tiempos al inicio de la pretemporada, coincidiendo con los resultados obtenidos en algunos estudios (Dawson et al., 1993; Fitzsimons et al., 1993) en los que se emplearon protocolos de sprints repetidos. Sin embargo, este hecho no se observa al realizar el posttest ($r = -.166$, $p = .694$), situación que se corresponde con los datos aportados por Wadley y Le Rossignol (1998), los cuales no apreciaron ninguna significación entre ambas variables, ni se advierte para la distancia en el YYT en ninguna de las dos ocasiones. En este sentido, según un estudio de Aziz et al. (2000), el $\text{VO}_2 \text{ máx.}$ correlacionó moderadamente con el tiempo total durante la realización de una prueba de 8 sprints de 40 m en jugadores de fútbol y hockey sobre hierba. Estos autores concluyeron su

investigación manifestando que la contribución del VO₂ máx en una prueba de sprints repetidos es tan sólo del 12% y que por lo tanto una mejora del consumo máximo de oxígeno tendrá una escasa influencia sobre el resultado en esfuerzos máximos repetidos.

Aún siendo la primera semana de la pretemporada, los resultados medios obtenidos en la sumatoria de tiempos para los siete sprints ($50.88 \text{ s} \pm 1.39$) reflejan una capacidad aceptable. Wragg et al. (2000) utilizan en su estudio el tiempo medio de los siete sprints como variable del rendimiento en la prueba, nuestros valores al inicio $7.09 \text{ s} \pm 0.21$ son algo inferiores (8.03%) a la media conseguida por jugadores de fútbol ($n=7$) cuando realizaron esta prueba, en seis ocasiones, para evaluar la fiabilidad y validez del test, $t = 7.66 \text{ s} \pm 0.16$. Hemos obtenido una mejora significativa ($p = .000$) tras el periodo de entrenamiento cifrada en un 12.54%, siendo la sumatoria de tiempos al finalizar la pretemporada de $44.5 \text{ s} \pm 1.25$. Si comparamos el tiempo medio ($6.21 \text{ s} \pm 0.16$) con el mejor resultado obtenido por los jugadores de fútbol ($7.460 \text{ s} \pm 0.21$) se aprecia una diferencia del 20.13%, resultado que confirma otros estudios (Barbero, 2002) y refleja que el jugador de fútbol sala posee una elevada capacidad de aceleración en distancias cortas y una mayor capacidad para realizar cambios de dirección en velocidad a las obtenidas en la literatura para fútbol.

Según Dawson et al. (1993) y Wadley y Le Rossignol (1998), tanto el mejor esprint individual como el tiempo total de sprint, pueden ser indicadores de la energía aeróbica durante las pruebas RSA, ya que también aportan una información valiosa en relación con la fatiga experimentada durante la ejecución de esfuerzos máximos consecutivos. Estos autores establecieron una gran relación entre el mejor sprint individual y la disminución del rendimiento, demostrando que aquellos deportistas con mejores tiempo de sprint poseían niveles superiores de fatiga, por lo que propusieron que los sujetos que pueden alcanzar una mayor potencia en salidas y distancias cortas y consecuentemente consiguen el mejor tiempo de esprint, pueden hacerlo debido a una capacidad amplificada para utilizar las posibles reservas de ATP-PCr (Wadley y Le Rossignol, 1998). Es necesario señalar que esta relación entre mejor esprint e índices de fatiga no ha sido observada en la presente investigación en ninguna de las dos ocasiones en las que se realizaron las pruebas.

Por último, debemos significar que a pesar de existir en la literatura otros métodos para obtener el índice de fatiga: diferencia entre el mejor y el peor sprint (Bangsbo, 1998) o

diferencia entre los tiempos de los dos primeros y los dos últimos esfuerzos (Wragg et al., 2000), todos aportan una información similar con respecto a la capacidad de recuperación de los jugadores durante la ejecución de esfuerzos intermitentes de alta intensidad. En nuestra opinión, el índice propuesto por Fitzsimons et al. (1993) aporta más información puesto que expresa el porcentaje de declinación o disminución en el rendimiento de los sprints, lo que nos permite representar el grado de fatiga y la capacidad individual para recuperar rápidamente.

Dawson et al. (1993), Fitzsimmons et al. (1993) y Wadley y Le Rossignol (1998) encontraron en sus investigaciones una disminución análoga en jugadores de fútbol australiano durante la ejecución de esfuerzos máximos de tipo intermitente, con resultados que variaban entre 5.3% y 5.6%, llegando a sugerir que estas disminuciones en la capacidad para realizar sprints repetidos pueden ser consideradas como habituales para deportistas aficionados, pero no para la elite.

Salvando las distancias entre las dos especialidades deportivas, y teniendo en cuenta que pese a ser protocolos diferentes, el cociente entre el trabajo medio y el tiempo de recuperación en los diferentes tests, incluyendo el trabajo realizado durante el tiempo de desaceleración, es muy parecido, 1:2.2 (este estudio), entre 1:2.3 y 1:2.7 (Wadley y Le Rossignol, 1998) se constata que los valores obtenidos para jugadores de fútbol sala profesionales de la máxima categoría son inferiores: $2.45\% \pm 0.95$ y $2.34\% \pm 0.93$ a los hallados para los jugadores de fútbol australiano aficionados.

5. CONCLUSIONES.

La valoración de la aptitud o capacidad de un atleta para un determinado deporte requiere que la prueba mediante la que se evalúa sea lo más parecida y específica posible a la actividad realizada en ese deporte. Las demandas energéticas de los deportes de equipo, como fútbol, baloncesto o fútbol sala son complejas y muy difíciles de cuantificar, de ahí que la elección y desarrollo de pruebas que se asemejen a la realidad de la competición sea uno de los objetivos primordiales de los investigadores. Sería conveniente, en este sentido, la aplicación de pruebas RSA específicas (de carrera) que respetaran el perfil de actividad (esfuerzo-pausa) característico de la competición en fútbol sala, para la valoración de esta población de deportistas (Barbero y Barbero, 2003).

El empleo de un elevado número de sprints en un protocolo de RSA podría dar lugar al aumento de la producción energética por vía aeróbica, pero puede suponer un establecimiento del control del ritmo por parte del atleta durante la ejecución de los esfuerzos, no realizando todas las repeticiones al máximo de sus posibilidades. Por este motivo, quizás sería más conveniente no establecer protocolos cerrados en cuanto al número de repeticiones, pudiendo ser más adecuado la determinación de la distancia a recorrer, el tiempo de recuperación y el porcentaje de disminución del rendimiento (adecuado a cada grupo de edad y especialidad deportiva según test RSA previos). En este caso, el resultado vendría dado por el número de sprints que se realizan hasta que se produce la disminución del rendimiento establecida con respecto al mejor tiempo realizado y por la sumatoria de los tiempos o tiempo total.

Las pruebas de la capacidad de sprints repetidos (RSA) están específicamente diseñadas para valorar la capacidad de los deportistas para realizar una serie de esfuerzos múltiples de alta intensidad, principalmente esfuerzos máximos de una duración entre 5 a 10 s. Según Wadley y Le Rossignol (1998), estos tests nos van a informar de las exigencias sobre el sistema energético de los fosfágenos, por lo que el conocimiento de estas demandas durante una serie de esfuerzos máximos intermitentes va a ser de vital importancia para poder estimar el rendimiento de un jugador durante la competición en estos deportes de equipo.

Hemos comprobado que la capacidad de efectuar esfuerzos intermitentes de máxima intensidad mejora durante la pretemporada, apreciándose mejoras considerables en esta cualidad aunque no se realizaron sesiones de entrenamiento específicas orientadas hacia su desarrollo. Creemos que la propia dinámica del juego durante los partidos de entrenamiento y amistosos, y las sesiones de entrenamiento integrado produjeron adaptaciones en la condición de los jugadores que se vieron reflejadas al ser evaluados mediante una prueba RSA.

Se constata la mayor capacidad para realizar sprints repetidos de los jugadores de fútbol sala con respecto a jugadores de fútbol en la realización de la misma prueba, lo que demuestra una mayor capacidad de aceleración en distancias cortas y una mejor aptitud para realizar cambios de dirección en velocidad.

Los resultados del presente estudio sugieren, en primer lugar, que no existe ninguna relación entre la máxima potencia aeróbica y la disminución del rendimiento medida mediante índices de fatiga, durante la ejecución de la prueba RSA diseñada por Bangsbo (7 x 34.2 m con

25 s de recuperación activa) tanto al inicio como al final de la pretemporada. Y que incluso una mejora en la aptitud aeróbica no produce efectos significativos sobre la capacidad de ejecutar esfuerzos máximos intermitentes, por lo que alcanzados ciertos valores, incrementos en el consumo máximo de oxígeno tendrán una escasa influencia sobre el rendimiento en la realización de esfuerzos máximos repetidos, de hecho, para Aziz et al. (2000), la contribución del VO₂ máx. a una prueba de sprints repetidos es tan sólo del 12%.

Estos hechos podrían justificarse si entendemos que el principal sistema de aporte energético en esta prueba es el de los fosfágenos (ATP-PCr) o que el vaciado de los depósitos de PCr durante una prueba de estas características no es suficiente para provocar una elevada contribución del sistema aeróbico.

En segundo lugar, que la capacidad de recuperación en esfuerzos de tipo anaeróbico depende débilmente del consumo máximo de oxígeno, como lo demuestra el hecho de existen diferencias en el índice de fatiga en sujetos con similares VO₂ máx., por lo que entendemos que el VO₂ máximo es un pobre indicador de la recuperación metabólica tras ejercicio intermitente de máxima intensidad.

En resumen, y a la luz de los conocimientos científicos más recientes, entendemos que el VO₂ máx. es una variable importante pero no esencial en el perfil fisiológico del jugador de esta especialidad y, por tanto, no debe ser un parámetro discriminante. Del mismo modo, debemos tener en cuenta que una vez alcanzados ciertos márgenes incrementos en la potencia aeróbica máxima sólo tendrán una escasa repercusión sobre el rendimiento durante el partido (Aziz et al., 2000), e incluso podrían causar una disminución de las capacidades anaeróbicas.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Ahmaidi, S., Collomp, K., Caillaud, C. y Prefaut, G. Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 3, 243-248, 1992.
- Álvarez Medina, J., Serrano, E. Giménez, L., Manonelles P. y Corona, P. La course navette como parámetro de control de la capacidad aeróbica de recuperación en el fútbol sala., *Revista de entrenamiento Deportivo RED*, nº 4, 31-35, 2001.
- Alvarez Medina J., Corona, P., Jiménez, L. y Manonelles, P. Importancia del VO₂ máximo y de la capacidad de recuperación en los deportes de prestación mixta. Caso práctico: fútbol-sala. *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol XVIII, nº 86, 577-583, 2001.

- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjodin, B. y Ekblom B. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International Journal of Sports Medicine*; 13 (7), 528-33, 1992.
- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjodin, B. y Ekblom, B. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65, (2), 144-9, 1992.
- Bangsbo, J. *Entrenamiento de la condición física en el fútbol*. Paidrotibo: Barcelona, 1998.
- Bangsbo, J., Graham, T.E., Kiens, B y Saltin, B. Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man. *Journal of Physiology* (451), 205-227, 1992.
- Barbero, J.C. Desarrollo de un sistema fotogramétrico y su sincronización de los registros de frecuencia cardíaca para el análisis de la competición en los deportes de equipo. Una aplicación práctica en fútbol sala. *Tesis Doctoral*. Universidad de Granada, 2002.
- Bishop, D., Spencer, M., Duffield, R. and Lawrence, S. The validity of a repeated sprint ability test. *The Australian Conference of Science and Medicine in Sport*, Sydney, Australia, 1999.
- Bishop, D., Spencer, M., Duffield, R. and Lawrence, S. The relationship between peak VO₂ and repeated sprint ability (RSA). *The Australian Conference of Science and Medicine in Sport*, Sydney, Australia, 1999.
- Bogdanis G.C., Nevill M.E., Boobis L.H. y Lakomy H.K. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*; 80, 876-84, 1996.
- Bogdanis G.C., Nevill, M.E, Lakomy, H.K., Graham, C.M. y Louis, G. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74 (5), 461-9. 1996.
- Cooke, S.R., Petersen, S.R. y Quinney, H.A. The influence of maximal aerobic power on recovery of skeletal muscle following anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75 (6), 512-519, 1997.
- Da Silva Duarte, M.F. y Duarte C.R. Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20 metros. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 9 (3), 07-14, 2001.
- Davis, J.A. y Brewer, J. Applied physiology of female soccer players. Review. *Sports Medicine*, 16, (3), 180-189. 1993.
- Dawson, B.T., Fitzsimons, M. y Ward, D. The relationship o repeated sprint ability to aerobic power, and performance measures of anaerobic work capacity and power. *Australian Journal Science and Medicine in Sport*, 25, 88-93. 1993.
- Dorado García, C., Sanchis, J., Chavaren, J. y López Calbet, J.A. Efectos de la recuperación activa sobre la capacidad de rendimiento y el metabolismo energético durante el ejercicio de lata intensidad. *Archivos de Medicina del Deporte*, XVI, 73, 397-413. 1999.
- Fitzsimmons, M., Dawson, B., Ward, D. y Wilkinson, A. Cycling and running Tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25, (4), 82-87. 1993.
- Fox, E.L. *Fisiología del deporte*. Buenos Aires: Ed. Panamericana. 1990.
- Gaitanos G.C., Williams L.H., Boobis L.H. y Brooks, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal Applied Physiology*, 75, 712-719, 1993.
- Gillam, G.M. Physiological basis of basketball bioenergetics. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 6, 44-71. 1985.

- Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Anselmo, F. y Prefaut, C. Aerobic and anaerobic contribution to Wingate Test performance in sprint and middle-distance runners. *European Journal Applied Physiology*. 70, 58–65. 1995.
- Grant, S., Corbett, K., Amjad, A.M., Wilson, J. y Aitchison, T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 29 (3), 147-152. 1995.
- Hermansen, L. y Stensvold, I. Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavia* 86, 191-201. 1972.
- Hoffman, J.R., Tennnbaum, G., Maresh, C.M. y Kraemer, W.J. Relationship between athletic performance tests and playing time in elite college basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 67–71. 1996.
- Hoffman, J.R. The relationship between aerobic fitness and recovery from high-intensity exercise in infantry soldiers. *Military Medicine*, 162(7), 484-488, 1997.
- Hoffman, J.R., Epstein, S., Einbinder, M. y Weinstein, Y. The influence of aerobic capacity on anaerobic performance and recovery indices in basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (4), 407-411, 1999.
- Idstrom, J.P., Subramanian, V.H., Chance, B., Schersten, T. y Bylund-Fellenius A.C. Oxygen dependence of energy metabolism in contracting and recovering rat skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 248,40-48. 1985.
- Koziris, L.P., Kraemer, W.J., Patton, J.F., Triplett, N.T., Fry, A.C., Gordon, S.E. and Knuttgen, H.G. Relationship of aerobic power to anaerobic performance indices. *Journal of Strength and Conditioning Research*., 10, 35–39. 1996.
- Leger, L.A. y Lambert, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 1-12. 1982.
- Léger, L.A., Lambert, J., Goulet, A., Rowan, C. y Dinelle, Y. Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans – Test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 9, 64-69. 1984.
- Léger, L.A., Mercier, D., Gadoury, C. & Lambert, J. The multistage 20 metre shuttle run for aerobic fitness. *Journal of Sport Sciences*, 1988, 6, 93-101. 1988.
- Leger, L.A. y Gadoury, C. Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂ max in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14, (1), 21-26. 1989.
- Liu, N.Y.S., Plowman, S.A. y Looney, M.A. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 63(4), 360-365. 1992.
- Paliczka, V.J., Nichols, A.K. y Boreham, C.A.G. A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British Journal of Sports Medicine*. 21(4), 163-165. 1987.
- Riveiro, J.E. *La Preparación Física en el Fútbol Sala*. Sevilla: Ed. Wanceulen. 2000.
- Saltin, B., Bangsbo, J., Grahan, T.E. y Johansen, L. Metabolismo and performance in exhaustive intense exercise; Different effects of muscle glycogen availability previous exercise and muscle acidity. En P. Marconnet, P.V. Komi, B. Saltin y O.M. Sejersted (Eds.), *Muscle Fatigue Mechanisms in Exercise and Training*. *Medicine Sports Science*, 34, 87-114. 1992.

- Spriet, L.L. Anaerobic metabolism during high-intensity exercise. En, Hargreaves, M. (ed.), *Exercise metabolism*, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, 1-39. 1995.
- Signorile, J.F., Ingalls, C. y Tremblay, L.M. The effects of active and passive recovery on short-term, high intensity power output. *Canadian Journal of Applied Physiology* 18, (1), 31-42.
- Sutton J.R. 1992. Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, 13, 127-133. 1993.
- Thiriet, P. Gozal,D., Wouassi, D., Oumarou, T., Lacour, J.R. y Gelas, N. The effect of various recovery modalities on subsequent performance, in consecutive supramaximal exercise (Effet de differentes modalites de recuperation sur la performance subsequente, dans des exercices supramaximalux consecutifs). *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, (2), 118-129, 1993.
- Tomlin,-D-L; Wenger,-H-A. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31(1), 1-11. 2001.
- Tomlin,-D.L. y Wenger, H.A. The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 5, (3), 194-203. 2002.
- Weltman, A., Stamford, B.A. y Moffatt, R.J. Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise performance. Recuperation active, elimination des lactates et performance a un exercice consecutif de haute intensite. *Research Quarterly*. 48, (4), 786-796. 1977.
- Wadley G. y Le Rossignol P. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems; *Journal of Science and Medicine in Sport*, (2), 100-10. 1998.
- Wragg, C.B., Maxwell, N.S. y Doust, J.H. Evaluation of the reliability and validity of a soccer specific field test of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 77-83. 2000.