

**RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA
CAPACIDAD PARA REALIZAR EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA
INTENSIDAD EN JUGADORES DE FÚTBOL SALA.
RELATIONSHIP BETWEEN THE MAXIMAL OXIGEN UPTAKE AND
REPEATED SPRINT ABILITY IN FUTSAL PLAYERS.**

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 VO_2 máx. puede ser determinante en la capacidad para recuperar energía entre esprints repetidos. El propósito del presente estudio es analizar si existe alguna relación entre el máximo consumo de oxígeno (potencia máxima aeróbica - VO_2 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.

Los resultados sugieren que no existe ninguna relación entre la potencia máxima aeróbica y la disminución del rendimiento medida mediante tres índices de fatiga durante la ejecución del test de sprint de Bangsbo, lo que pudiera interpretarse como 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.

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 especialidades 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).

En estas modalidades deportivas, la actividad del jugador se caracteriza por un volumen considerable de desplazamientos de intensidad media y baja (velocidades inferiores a 5 m/s), donde la energía es suministrada por el sistema aeróbico, y numerosos esfuerzos de corta duración (3 a 8 s) y máxima intensidad (< 7 m/s), en los que la contribución principal procede del metabolismo anaeróbico aláctico, intercalados con periodos cortos de recuperación (Barbero 2002). No obstante, debido a las elevadas exigencias del juego y a la reiteración de los esfuerzos, la contribución de la vía anaeróbica láctica podría aumentar en las fases finales del partido, como consecuencia de la fatiga acumulada.

Aunque la distancia efectuada esprintando (velocidades superiores a 7 m/s) no es elevada, representa aproximadamente el 10% de la distancia total recorrida, 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 (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 éste 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.

La repetición de esfuerzos con recuperaciones incompletas se suele asociar a una notable disminución de la glucogenolisis, debido a un descenso de la potencia desarrollada o a la disminución del tiempo de resistencia (Spriett, 1995).

Numerosos estudios han investigado sobre el EIAI demostrando que el rendimiento alcanzado en las fases de ejercicio, depende de la duración de las fases de recuperación (Hermansen et al., 1972; Saltin et al., 1992; Gaitanos et al., 1993; Bangsbo et al., 1994) y del tipo de actividad realizada durante la misma (Thiriet et al., 1993; Signorile et al., 1993; Dorado García et al., 1999). Se confirma que la recuperación activa está relacionada con un rendimiento superior en la capacidad de realizar esfuerzos intermitentes de alta intensidad, tanto si se trata de esfuerzos en los que se produce una aceleración máxima desde el inicio (Signorile et al., 1993; Weltman et al., 1977), como si son de carga constante (Thiriet et al., 1993; Dorado García et al., 1999).

Se ha demostrado que la recuperación activa permite aumentar el VO_2 durante el EIAI por dos mecanismos: aumentando la duración del esfuerzo e incrementando la velocidad media de los procesos oxidativos (Dorado García et al., 1999).

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). Sin embargo, se ha comprobado (Balsom et al., 1992) que las respuestas fisiológicas al ejercicio intermitente de corta duración y de máxima intensidad están relacionadas con la distancia del sprint. Los estudios que apoyaban la importancia de un alto VO_2 máx. en la capacidad para realizar EIAI han utilizado tradicionalmente sprints repetidos con duraciones que varían entre 6 y 30 s, mientras que la mayoría de los deportes de equipo coinciden en caracterizarse por periodos de máxima intensidad superiores a 3 s (Bishop et al., 1999). Según estos autores, la importancia de la aportación de un elevado VO_2 máx. sobre la capacidad de realizar esfuerzos máximos repetidos es mínima si atendemos a la duración típica de los sprints practicados en los deportes de equipo.

En resumen, si bien el VO_2 máx. 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 distancias más cortas (0 a 15 m) donde es probable que la degradación de PCr sea mucho menor (Bishop et al., 1999), e incluso existen evidencias de la ausencia de relación significativa entre potencia aeróbica y la capacidad de recuperación (índice de fatiga y curva de recuperación cardiaca) tras ejercicio anaeróbico (Test de Wingate y test line drill) en jugadores de baloncesto (Hoffman et al., 1999).

El propósito del presente estudio es analizar si existe alguna relación entre el máximo consumo de oxígeno (potencia máxima aeróbica - VO_2 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.

2. MÉTODO.

Sujetos.

Doce jugadores (3 porteros y 9 jugadores de campo) profesionales de fútbol sala pertenecientes al equipo CMVC Cartagena FS que milita en la máxima categoría de la liga nacional de Fútbol sala (LNFS) española han participado 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. Los jugadores fueron aleccionados sobre la importancia de no realizar ningún tipo de actividad durante los dos días de valoración y el de descanso.

Procedimientos

Para efectuar la valoración se procedió a la aplicación de dos test de campo: el Test de Esprint de Bangsbo para evaluar tanto la capacidad de realizar esfuerzos repetidos de máxima intensidad, como el potencial de recuperación y el Test de Leger – Lambert o “Course Navette” para la determinación del máximo consumo de oxígeno.

A pesar de que para la valoración del $VO_{2\text{máx}}$ los métodos directos son más precisos y que bajo condiciones de laboratorio existe un mayor control del experimento, no es menos cierto que requieren de materiales muy costosos y sofisticados, de personal cualificado y de un elevado tiempo para la valoración de cada individuo.

En nuestro estudio, el empleo de pruebas de campo, en detrimento de las de laboratorio, se debe a la búsqueda de una mayor especificidad y motivación del deportista., opinamos que este tipo de test, con esfuerzos, desplazamientos, trayectorias y distancias análogos a los realizados durante la actividad competitiva, proporciona una motivación superior en los sujetos evaluados, lo que permite obtener resultados más fiables. Los principales argumentos que justifican el empleo de estos dos protocolos en nuestro estudio son:

1. **Especificidad:** se trata de pruebas que reproducen la alternancia de esfuerzos y gestos mecánicos (arrancadas, carreras y paradas) propios de la competición en este deporte.
2. **Validez:** Ambas pruebas están validadas en numerosos estudios (Leger y Lambert, 1982; Paliczka et al., 1987; Ahmaidi et al., 1992; Grant et al., 1995 y Wragg et al., 2000)
3. **Fiabilidad y objetividad:** Se trata de protocolos perfectamente estandarizados que poseen una alta estabilidad cuando se aplican en sucesivas ocasiones (Liu et al. 1992 y Wragg et al., 2000).
4. **Motivación:** Se trata de pruebas en las que el espacio necesario para su ejecución es una pista de fútbol sala. La realización de tests de campo estimula más a los deportistas, que prefieren realizar esfuerzos en situaciones similares a las de su especialidad (terreno de juego) a las condiciones de laboratorio (tapiz rodante, analizador de gases, etc.). Además, la “Course Navette” al ser una

prueba colectiva incrementa la motivación permitiendo que los jugadores aguanten hasta el máximo de sus posibilidades.

5. **Economía:** Se trata de pruebas que no requieren material muy costoso y en el caso de la "Course Navette" con poco personal y tiempo podemos controlar a muchos sujetos.

Las pruebas se realizaron en dos días alternos (48 horas de diferencia) antes de iniciar el periodo preparatorio para la temporada 2002-03, nada más regresar del periodo de transición o descanso estival. El primer día los jugadores realizaron la Course Navette y el segundo día se efectuaron el Test de Bangsbo. Los tests se aplicaron en una pista polideportiva cubierta de tarima flotante de la ciudad de Cartagena donde el equipo juega sus partidos de competición.

▪ **Consumo de oxígeno (VO₂ máx - Máxima potencia aeróbica).**

Para la valoración de la capacidad cardiorrespiratoria y la estimación del máximo consumo de oxígeno se empleó el Test propuesto por Leger-Lambert o "Course Navette". Se trata de una prueba progresiva y máxima, de ida y vuelta (20 m), con periodos ("paliers") de un minuto, cuya validez y fiabilidad han sido ampliamente demostradas en la literatura, tanto en niños y adolescentes, como en adultos sedentarios y deportistas (tabla 1). Los valores de correlación son altos y significantes, variando de $r = 0.51$ a $r = 0.91$ (Da Silva Duarte y Duarte, 2001).

Tabla 1. Validez del test de Léger- Lambert o Course Navette (Tomado de Da Silva Duarte y Duarte, 2001).

| | | | |
|-------------------------------------|------------|---|-----------------|
| Léger y Lambert (1982) (adultos) | $r = 0,84$ | Poortmans et al. (1988) (adultos y niños) | $r = 0,72$ |
| Gadoury y Léger (1986) (adultos) | $r = 0,91$ | Léger et al. (1988) (niños) | $r = 0,71$ |
| Van Mechelen et al. (1986) (niños) | $r = 0,76$ | Armstrong et al. (1988) (niños) | $r = 0,54$ |
| Gadoury y Léger (1986) (adultos) | $r = 0,90$ | Léger y Gadoury (1989) (adultos) | $r = 0,90$ |
| Prat et al. (1986) (adultos) | $r = 0,78$ | Liu et al. (1992) (adolescentes) | $r = 0,65/0,51$ |
| Paliczka et al. (1987) (adultos) | $r = 0,93$ | Cunningham et al. (1994) (adolescentes) | $r = 0,88$ |
| Rambsbotton et al. (1988) (adultos) | $r = 0,96$ | McVeigh et al. (1995) (niños) | $r = 0,65/0,60$ |

Este test permite valorar tanto la capacidad funcional aeróbica del atleta (Draper et al., 1991) como la capacidad de recuperación (Álvarez Medina et al. 2000). Siendo considerada como la prueba más específica para los deportes que requieren esfuerzos repetidos de duración

corta (5 - 7 segundos) donde los sprints máximos se alternan durante un período de tiempo que se extiende entre 70 y 120 minutos (Fitzsimons et al. 1993). La prueba consiste en recorrer una distancia de 20 metros, delimitada por dos líneas paralelas, a una velocidad creciente. La prueba comienza a una velocidad de 8.5 Km/h y se va incrementando 0.14 m/s o 0.5 Km/h cada periodo de un minuto, siendo indicado el ritmo mediante señales sonoras.

Para la realización de la prueba se empleó el siguiente material: aparato reproductor de sonido, cinta de casete con el protocolo de la prueba, 4 conos y hojas de anotación para registrar el número de trayectos de 20 metros efectuados (Anexo 1). Es necesario indicar que antes de proceder a la realización de la prueba es preciso calibrar el reproductor de cintas para comprobar su velocidad de manera que los periodos establecidos en la cinta coincidan con un minuto de tiempo real.

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:

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

▪ **Rendimiento anaeróbico: Capacidad para repetir esfuerzos máximos (RSA: Repeated Sprint Ability).**

La capacidad anaeróbica, entendida como facultad para realizar esfuerzos intermitentes de máxima intensidad, ha sido evaluada mediante el test de esprint de Bangsbo o TEB (1998) cuya validez y fiabilidad han sido demostradas por Wragg et al. (2000). El protocolo (Figura 1) consiste en efectuar un esprint máximo entre A y B (34.2 m) y luego realizar trote suave de recuperación hasta D, pasando por C (50 m), en 25 segundos. 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 proceso se repite en siete ocasiones registrándose el tiempo en cada serie.

3. RESULTADOS.

En la tabla 2, aparece reflejada la estadística descriptiva de la muestra, advirtiéndose una gran homogeneidad.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos (n = 12).

| | Mínimo | Máximo | Media | Desv. típica |
|--|--------|--------|-------|--------------|
| Edad | 23 | 30 | 26.33 | 2.53 |
| Test de Léger – Lambert | | | | |
| Palier | 8 | 13 | 10.38 | 1.42 |
| Velocidad máxima aeróbica (km/h) | 12 | 14.5 | 13.13 | 0.68 |
| VO ₂ máx. (ml·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 44.6 | 59.6 | 51.35 | 4.07 |
| Test de Esprint de Bangsbo | | | | |
| Esprint más rápido (s) | 6.8 | 7.32 | 7.07 | 0.20 |
| Esprint más lento (s) | 7.1 | 7.96 | 7.5 | 0.26 |
| Tiempo total (Sumatoria 7 esprint) (s) | 49.0 | 52.8 | 51.04 | 1.29 |
| Tiempo medio 7 esprint (s) | 7 | 7.54 | 7.29 | 0.18 |
| (IFB) Índice fatiga Bangsbo (s) | 0.1 | 0.88 | 0.43 | 0.23 |
| (IFW) Índice fatiga Wragg et al. (s) | 0.18 | 0.76 | 0.41 | 0.21 |
| (IFF) Índice fatiga Fitzsimons et al. (%) | 0.74 | 5.97 | 3.14 | 1.45 |

Los resultados obtenidos por los jugadores en el Test de Léger-Lambert se muestran en la tabla 3, siendo la media del consumo máximo de oxígeno para estos jugadores de 51.35 ml·Kg⁻¹·min⁻¹ ± 4.07.

Tabla 3. Rendimiento en el Test Léger-Lambert. Valores y medias ± DE

| Jugador | Edad (años) | Periodo ("palier") | VMA (Km/h) | VO ₂ máx. (ml·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| 1 | 26 | 10 | 13 | 50.6 |
| 2 | 23 | 9 | 12.5 | 47.6 |
| 3 | 29 | 8 | 12 | 44.6 |
| 4 | 27 | 10 | 13 | 50.6 |
| 5 | 28 | 10 | 13 | 50.6 |
| 6 | 24 | 10 | 13 | 50.6 |
| 7 | 27 | 9.5 | 12.5 | 47.6 |
| 8 | 29 | 11.5 | 13.5 | 53.6 |
| 9 | 23 | 12.5 | 14 | 56.6 |
| 10 | 23 | 13 | 14.5 | 59.6 |
| 11 | 30 | 11 | 13.5 | 53.6 |
| 12 | 27 | 10 | 13 | 50.6 |
| Media | 26.33 ± 2.53 | 10.38 ± 1.42 | 13.00 ± 0.68 | 51.35 ± 4.07 |

La tabla 4 y la figura 2 reflejan los resultados y medias obtenidos en la ejecución del test de esprint de Bangsbo, así como el cálculo del índice de fatiga mediante los procedimientos de este autor, Wragg et al. y Fitzsimons et al.

Tabla 4. Resultados en segundos (mejor y peor tiempo, tiempo medio e índices de fatiga) en el Test de Sprint de Bangsbo (1998). Valores, medias y desviación típica (DS)

| Jug. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Mejor tiempo | Peor tiempo | tiempo medio | IF | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | | | | | | IFB | IFW | IFF (%) |
| 1 | 7.63 | 7.32 | 7.32 | 7.38 | 7.59 | 7.66 | 7.84 | 7.32 | 7.84 | 7.53 | 0.52 | 0.43 | 2,93 |
| 2 | 7.26 | 7.48 | 7.40 | 7.40 | 7.29 | 7.53 | 7.34 | 7.26 | 7.53 | 7.39 | 0.27 | 0,23 | 1,73 |
| 3 | 7.16 | 7.27 | 7.17 | 7.56 | 7.96 | 7.89 | 7.79 | 7.16 | 7.96 | 7.54 | 0.80 | 0,76 | 5,35 |
| 4 | 6.89 | 6.80 | 6.98 | 7.34 | 7.46 | 7.68 | 7.29 | 6.80 | 7.68 | 7.21 | 0.88 | 0,73 | 5,97 |
| 5 | 7.27 | 7.27 | 7.52 | 7.47 | 7.52 | 7.56 | 7.49 | 7.27 | 7.56 | 7.44 | 0.29 | 0,27 | 2,38 |
| 6 | 7.15 | 7.34 | 7.42 | 7.64 | 7.56 | 7.35 | 7.41 | 7.15 | 7.64 | 7.41 | 0.49 | 0,36 | 3,64 |
| 7 | 7.08 | 6.98 | 7.32 | 7.37 | 7.31 | 7.20 | 7.14 | 6.98 | 7.37 | 7.20 | 0.39 | 0,32 | 3,15 |
| 8 | 7.34 | 7.34 | 7.39 | 7.31 | 7.41 | 7.38 | 7.38 | 7.31 | 7.41 | 7.36 | 0.10 | 0,08 | 0,74 |
| 9 | 6.85 | 6.92 | 6.99 | 7.09 | 6.96 | 7.10 | 7.10 | 6.85 | 7.1 | 7.00 | 0.25 | 0,22 | 2,21 |
| 10 | 7.01 | 6.83 | 6.98 | 7.06 | 6.98 | 7.11 | 7.03 | 6.83 | 7.11 | 7.00 | 0.28 | 0,18 | 2,49 |
| 11 | 6.95 | 6.98 | 7.44 | 7.15 | 7.24 | 7.34 | 7.31 | 6.95 | 7.44 | 7.20 | 0.49 | 0,43 | 3,62 |
| 12 | 6.97 | 7.25 | 7.16 | 7.34 | 7.35 | 7.22 | 7.22 | 6.97 | 7.35 | 7.22 | 0.38 | 0,28 | 3,53 |
| Media | 7.13 | 7.15 | 7.26 | 7.34 | 7.39 | 7.42 | 7.36 | 7.07 | 7.50 | 7.29 | 0.43 | 0.36 | 3,14 |
| DS | 0.22 | 0.23 | 0.19 | 0.18 | 0.27 | 0.25 | 0.25 | 0.20 | 0.26 | 0.18 | 0.23 | 0.21 | 1,45 |

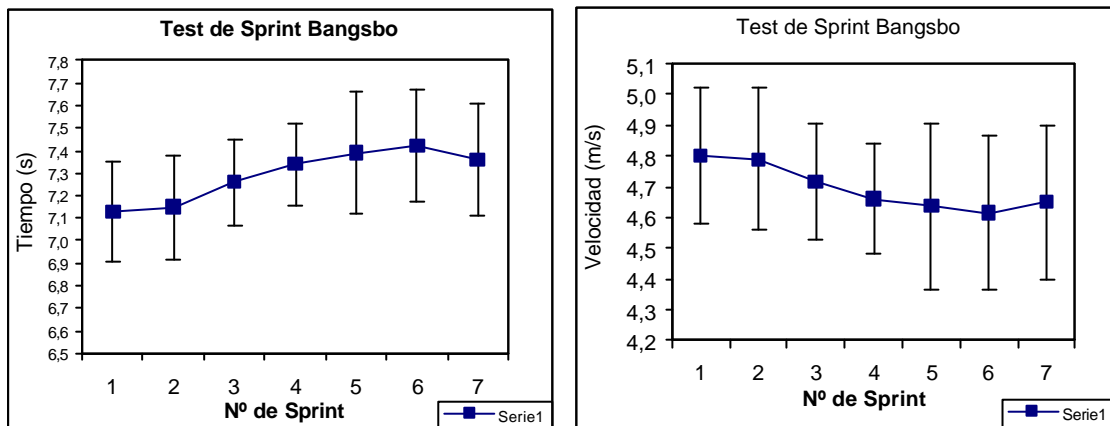


Figura 2. Media y desviación típica del tiempo y la velocidad de los siete sprints ejecutados durante el Test de Esprint de Bangsbo para la totalidad de los jugadores.

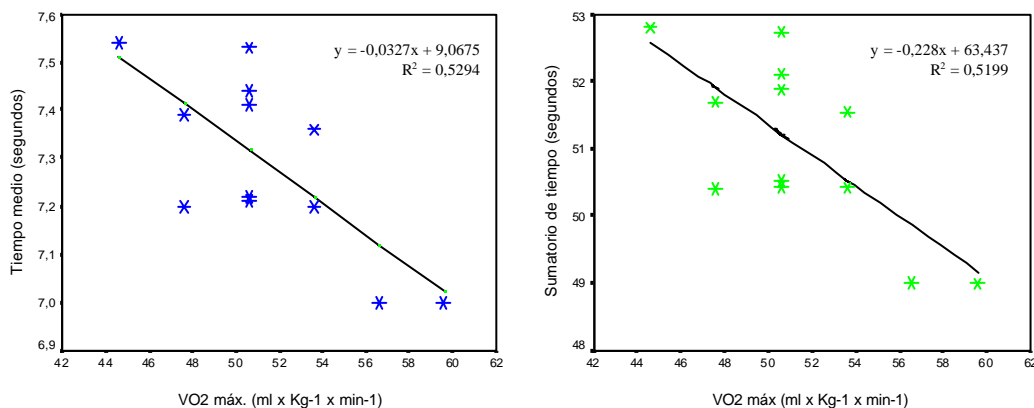


Figura 3. Relación individual entre consumo máximo de oxígeno en Course Navette y (izquierda) tiempo medio ($r^2 = .529$) y (derecha) sumatoria de tiempos en test de esprint de Bangsbo ($r^2 = .520$).

Tanto el tiempo total ($t_{\text{total}} = 51.04 \text{ s} \pm 1.29$) como el tiempo medio ($t_{\text{med}} = 7.29 \text{ s} \pm 0.18$) para la ejecución de los siete esprints ofrecen una correlación significativa ($r = -.728$, $p = .007$; $r = -.721$, $p = .008$) con el consumo máximo de oxígeno (Figura 3).

Si nos centramos en la posible relación existente entre máxima potencia aeróbica y el rendimiento en la prueba estimado mediante el mejor y el peor tiempo de cada jugador en los esprints, observamos que no existe correlación significativa con el tiempo más rápido de cada atleta, pero en cambio, si se presenta una correlación significativa ($r = -.755$, $p = .005$) entre el peor tiempo realizado y el consumo máximo de oxígeno. Lo que nos indica que los jugadores con un mayor consumo máximo de oxígeno tienen los mejores peores tiempos (Figura 4).

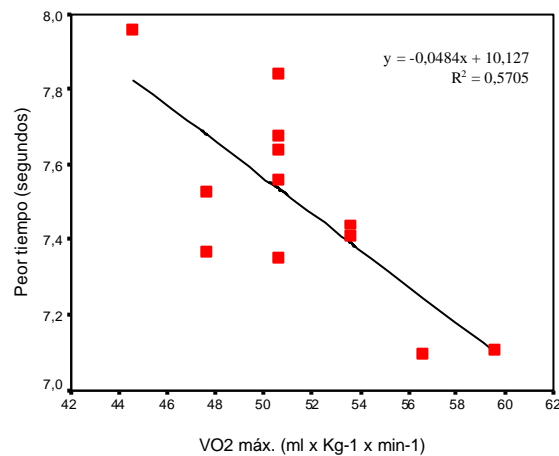


Figura 4. Relación entre el máximo consumo de oxígeno y el peor tiempo en la prueba de esprints repetidos de Bangsbo.

Cuando aplicamos los diferentes procedimientos sugeridos por cada autor para la obtención del índice de fatiga, los resultados obtenidos en los índices IFB e IFW, referidos a la cantidad de tiempo, varían ligeramente (20.7 %). Si bien podemos observar que apenas existen diferencias en cuanto al orden que se establece al aplicar uno u otro índice, sí debemos indicar que entre ambos no existe correlación alguna (Tabla 5). Lo mismo ocurre entre los índices IFW e IFF, en cambio, se aprecia una altísima correlación entre IFB e IFF con correlaciones de $r = .965$, $p = .000$, lo que nos indica que con la aplicación de cualquiera de ellos sería suficiente para obtener información sobre la regularidad en la realización de esprints máximos repetidos.

Tabla 5. Coeficientes de correlación de terminados entre los resultados del Test de Sprint de Bangsbo (1998) y la máxima potencia aeróbica ($VO_{2\text{máx.}}$)

| TEST DE BANGSBO | MÁXIMA POTENCIA AERÓBICA ml·Kg·min ⁻¹ | MEJOR TIEMPO (segundos) | INDICE DE FATIGA BANGSBO (IFB) (segundos) | INDICE DE FATIGA WRAGG ET AL. (IFW) (segundos) | INDICE DE FATIGA FITZSIMONS ET AL. (IFF) (%) |
|-----------------|---|----------------------------|--|---|---|
| Mejor tiempo | -,452 ,140 | | -,248 ,437 | ,182 ,572 | -,419 ,175 |
| Peor tiempo | -,755** ,005** | | ,685 ,014 | ,601 ,039 | ,526 ,079 |
| Tiempo total | -,721** ,008** | ,863** ,000** | ,263 ,408 | ,429 ,164 | ,097 ,765 |
| Tiempo medio | -,728** ,007** | ,860** ,000** | ,268 ,399 | ,427 ,166 | ,103 ,751 |
| IFB | -,476 ,117 | | | ,533 ,074 | ,965** ,000** |
| IFW | -,359 ,252 | | | | ,426 ,168 |
| IFF | -,405 ,192 | | | | |

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Con respecto a la posible relación entre el máximo consumo de oxígeno y la capacidad para soportar esfuerzos repetidos de alta intensidad, medida mediante los diferentes índices de fatiga, observamos que no existe correlación significativa en ninguno de los casos, incluso el IFW cuyo resultado tiene una mayor tendencia central ofrece una pobre correlación, $r = -.359$, $p = .252$.

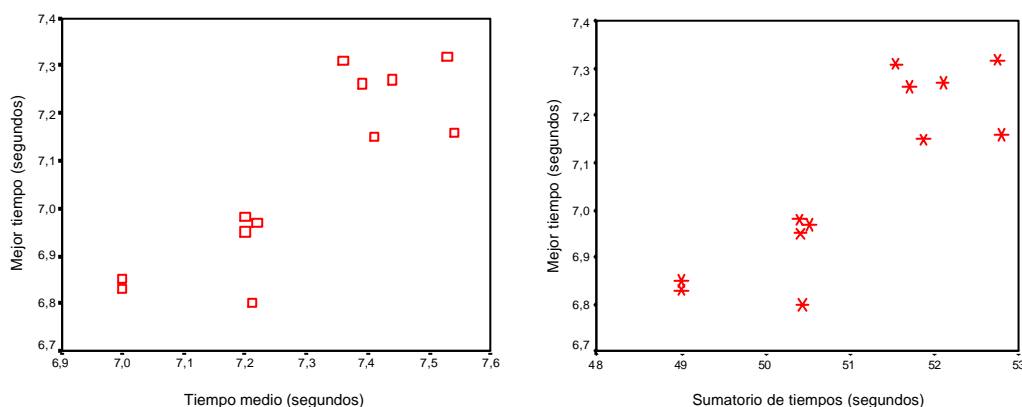


Figura 5. Relación entre el mejor tiempo y (izquierda) el tiempo medio y (derecha) la sumatoria de tiempos o tiempo total en la prueba de esprints repetidos de Bangsbo .

4. DISCUSIÓN.

En este estudio, hemos valorado la capacidad para realizar esfuerzos intermitentes de alta intensidad mediante la realización de una prueba de esprints repetidos (Test de Bangsbo),

así como la capacidad de recuperación durante la misma mediante tres índices de fatiga específicos propuestos por diferentes autores (Fitzsimons et al., 1993; Bangsbo, 1998 y Wragg et al., 2000) y su posible relación con el máximo consumo de oxígeno. Debido a la ausencia de estudios de este tipo en esta especialidad deportiva, en ocasiones se efectuarán referencias a investigaciones realizadas en otros deportes caracterizados por la alternancia de esfuerzos intermitentes de alta intensidad con recuperaciones cortas e incompletas (fútbol o baloncesto).

El $VO_{2\text{ máx.}}$ está considerado como el índice estándar en la valoración de la capacidad de resistencia del organismo (Sutton, 1992), siendo 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. 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 $VO_{2\text{ máx.}}$ (Cooke et al., 1997).

Con respecto a esta variable, podemos indicar que la media del $VO_{2\text{ máx.}} = 51.35 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \pm 4.07$ (44.6 – 59.6) para estos jugadores es inferior a las aportadas por Álvarez Medina et al. (2000) para jugadores no profesionales y profesionales, con valores de 54.86 y 57.8 $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ respectivamente y a la propuesta por Barbero 2002 (56.6 $\text{ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), si bien es necesario señalar que se trataba de atletas desentrenados, ya que la prueba se realizó durante la primera semana del periodo preparatorio y tras un descanso (periodo de transición) de entre 8 y 10 semanas.

Tomlin y Wenger (2001) efectúan una completa revisión acerca de la relación existente entre la capacidad aeróbica y la recuperación en ejercicios intermitentes de alta intensidad, apreciando una importante relación entre ambas variables e indicando que la aptitud aeróbica es importante en la magnitud de la respuesta oxidativa. Según estos autores, los resultados de la mayoría de estudios que examinan la recuperación energética y el $VO_{2\text{ máx.}}$ parecen sugerir que un entrenamiento de resistencia y/o un elevado $VO_{2\text{ máx.}}$ producen como resultado un incremento en la capacidad de recuperación de energía durante la realización de series de ejercicio intermitente de alta intensidad.

Dawson et al. (1993), apreciaron una relación significativa entre el $VO_{2\text{ máx.}}$ y la disminución del rendimiento durante una prueba de capacidad de sprints repetidos (RSA),

demostrando la importancia del sistema aeróbico en el nivel de fatiga experimentado. Según estos autores, con un sistema aeróbico más eficiente se produce un mayor grado de resíntesis de ATP-PCr entre los esfuerzos y se exige una menor sollicitación de la vía anaeróbica láctica en los esfuerzos siguientes, siendo razonable el planteamiento de que una mayor capacidad aeróbica puede aumentar el rendimiento en un test RSA por un incremento en el índice de resíntesis de ATP-PCr y del aclarado de lactato.

En este sentido, Tomlin y Wenger (2002) realizaron un estudio con jugadoras de fútbol recreacional que poseían diferentes valores de máxima potencia aeróbica, VO_2 máx. bajo = $34.4 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y VO_2 máx. medio = $47.6 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, en el que manifiestan que parece existir una relación entre el máximo consumo de oxígeno y un incremento de la contribución aeróbica durante la recuperación entre series de esfuerzos máximos, así como con el aumento de la capacidad de resistir la fatiga durante el ejercicio intenso intermitente. Las jugadoras con superior capacidad aeróbica presentaban un mayor consumo de oxígeno durante la recuperación entre series y una menor disminución de su potencia.

En contraposición a lo expuesto, algunos estudios han sugerido que la capacidad aeróbica no es un indicador significativo del rendimiento para jugadores de deportes de equipo como el baloncesto (Fox, 1990; Gillam, 1985), ni se trata de un factor limitante en el ejercicio del Fútbol Sala (Riveiro, 2000), pero que podría tener un papel importante en los procesos de recuperación durante ejercicios repetidos de alta intensidad, tan característicos de los deportes acíclicos (Hoffman, 1996). Se piensa que la capacidad aeróbica, aunque no afecta directamente al rendimiento, podría contribuir a la recuperación, basándonos en la investigación de Idstrom et al. (1985) donde demostraron una fuerte relación entre el suministro de oxígeno y la recuperación en el músculo esquelético de ratas. Sin embargo, para Hoffman et al., (1999) las conclusiones de este estudio eran incapaces de sostener la creencia de que una mayor capacidad aeróbica supone un mejor potencial de recuperación. 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 $VO_{2 \text{ máx.}}$, lo que les llevó a sugerir que deben ser otros factores los que influyen en la recuperación.

Koziris et al. (1996), examinando hombres y mujeres deportistas recreativos, apreciaron una relación entre el metabolismo oxidativo y la fatiga durante las últimas etapas del test de Wingate, siendo este patrón confirmado solamente en mujeres, sin embargo, no para sujetos masculinos. A todo lo expuesto Hoffman et al., (1999) añaden que no encontraron ningún estudio que confirmara esta correlación en atletas que participen en especialidades deportivas caracterizadas por actividad intermitente de alta intensidad.

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, los resultados de nuestra investigación apuntan hacia la inexistencia de significación (tabla 5) entre la máxima potencia aeróbica y la disminución del rendimiento durante la realización de EIAI, en jugadores de fútbol sala, coincidiendo con los datos aportados por Wadley y Le Rossignol (1998) en jugadores fútbol australiano, Hoffman et al. (1999) en jugadores de baloncesto o Bishop et al. (1999) en jugadores de hockey.

Este hecho pudiera estar justificado por dos motivos: En primer lugar, podríamos suponer que tan sólo se haya producido un vaciado parcial de las reservas de fosfocreatina (PCr), bien por el bajo número de esfuerzos (siete esprints), 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 una media algo superior a la obtenida en la pesquisa de Hoffman et al. con $51.35 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \pm 4.07$. Sería preciso la ampliación del estudio a una población más numerosa en el que la varianza del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ fuera mayor, de manera que se pudiera corroborar este hecho.

Del mismo modo, es necesario subrayar que las diferencias en la modalidad de ejercicio (carrera contra pedaleo) y el tipo de atleta (deportistas de especialidades anaeróbicas contra aeróbicas) influyen en los resultados a la hora de relacionar máxima capacidad aeróbica y capacidad de recuperación tras EIAI. Según Granier et al. (1995), la fuente de energía predominante utilizada durante esfuerzos máximos anaeróbicos puede depender de la especialidad de competición. Estos autores demostraron una contribución predominante del metabolismo oxidativo o glucolítico en el Test de Wingate, dependiendo de si el sujeto era un corredor de fondo o un velocista. Esta utilización predominante de un determinado metabolismo parece incrementarse cuando el ejercicio guarda una mayor relación con el tipo de actividad que desempeña el deportista.

Los resultados obtenidos tras la aplicación del test de esprint de Bangsbo (1998) en jugadores de fútbol sala reflejan que, aún siendo la primera semana de la pretemporada, el tiempo medio empleado en la ejecución de los siete esprints ($7.29 \text{ s} \pm 0.18$) es algo inferior (5.1%) a la media conseguida por jugadores de fútbol ($n=7$) cuando realizaron esta prueba, en seis ocasiones, para evaluar su fiabilidad y validez del test, $t_{\text{med}} = 7.66 \text{ s} \pm 0.16$ (Wragg et al. 2000).

Es evidente que el metabolismo de los esprints cortos repetidos requiere la aportación, en distinta medida, de cada uno de los sistemas de energía, para la resíntesis de ATP (Balsom et al. 1992; Dawson et al. 1993; Bogdanis et al. 1996). Debido a que un esfuerzo corto de alta intensidad exige que el sistema de ATP-PCr sea el que aporte la energía, y gracias a la notable correlación existente entre el mejor tiempo individual de esprint y el tiempo total de esprint o sumatoria de tiempos ($p = .000$), lo que sugiere que el sistema ATP-PCr es el que mejor

contribuye a aportar las exigencias energéticas durante una prueba RSA, habitualmente, el sistema anaeróbico ha sido asociado con el rendimiento obtenido en tests RSA, medido mediante la potencia total (cicloergómetro), o bien, por el tiempo total de sprints (carrera). Mientras que la vía energética aeróbica se suele asociar a la capacidad de recuperación (índice de fatiga) durante la realización de series de sprint.

Hemos apreciado (Figura 4) una importante correlación ($r = -.728$, $p = .007$; $r = -.721$, $p = .008$) entre el máximo consumo de oxígeno y el tiempo medio en la prueba o el tiempo total de sprints, respectivamente, 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 difiere de los datos aportados por Wadley y Le Rossignol (1998) los cuales no apreciaron ninguna significación entre ambas variables.

Según Dawson et al. (1993) y Wadley y Le Rossignol (1998), tanto el mejor sprint 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 sprint, 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 sprint e índices de fatiga no ha sido observada en la presente investigación.

Por último, debemos significar que los tres índices de fatiga aportan una información similar con respecto a la capacidad de recuperación de los jugadores durante la ejecución de esfuerzos intermitentes de alta intensidad. Debido a la gran significación existente entre IFB e IFF podemos emplear indistintamente cualquiera de los dos procedimientos para conocer el potencial de recuperación. Estos dos índices permiten un mayor conocimiento de la regularidad de los esfuerzos al introducir un sesgo mayor (más discriminatorios), a diferencia del índice de Wragg et al. (2000) cuyo resultado se dispone hacia la tendencia central. En nuestra opinión, es preferible el índice propuesto por Fitzsimons et al. (1993) puesto que aporta información sobre

el porcentaje de declinación o disminución en el rendimiento de los sprints y nos sirve para 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: $3.14\% \pm 1.45$ a los hallados para los jugadores de fútbol australiano aficionados.

Aunque los jugadores evaluados demuestran una alta regularidad en la realización de EIAI, si comparamos nuestro estudio con el de Wragg et al. (2000), la reducción del rendimiento para los atletas de nuestro estudio fue algo más elevada ($0.36 \text{ s} \pm 0.21$) que la obtenida en jugadores de fútbol (0.184 s).

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.

Además, la utilización de este tipo de pruebas permite valorar de forma sencilla y rápida a los jugadores, implicando la realización de pocos cálculos. Sin embargo, para que éstas sean validas y fiables, los jugadores deben ser fuertemente motivados para que no se dosifiquen y realicen cada repetición al máximo de sus posibilidades. Gaitanos et al. (1993) indican que la contribución aeróbica en la producción de ATP es mayor en los últimos sprints. Un elevado número de sprints en un protocolo de RSA pueden 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.

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 de 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, siendo de vital importancia apreciar su incremento durante una serie de esfuerzos repetidos consecutivos.

Como consecuencia de las elevadas demandas del sistema ATP-PCr y la falta de una recuperación completa para permitir restaurar las reservas de energía, la fatiga se convierte en un factor decisivo en la ejecución de esfuerzos máximos intermitentes. La disminución en la ejecución (%) nos sirve para interpretar el grado de fatiga y la capacidad o potencia individual de recuperación rápida. Los tres índices de fatiga analizados pueden ser utilizados para indicar la disminución del rendimiento durante pruebas de sprints máximos repetidos, con cortos periodos de recuperación, si bien nosotros optamos por recomendar el empleo del índice propuesto por Fitzsimons et al., (1993) al ser el que refleja con mayor veracidad y ortodoxia el porcentaje de disminución del rendimiento como consecuencia de la fatiga acumulada.

Los resultados del presente estudio sugieren, en primer lugar, que aún siendo algo reducidos los valores medios de máxima potencia aeróbica ($\text{VO}_2 \text{ máx.}$) hallados para la muestra, no existe ninguna relación entre este parámetro y la disminución del rendimiento medida mediante tres índices de fatiga, durante la ejecución de la prueba RSA diseñada por Bangsbo (7 x 34.2 m con 25 s de recuperación activa), lo que pudiera interpretarse como 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, se comprueba una relación significativa entre el $\text{VO}_2 \text{ máx.}$ y la sumatoria de tiempos y el tiempo medio, lo que parece indicar una cuestionable intervención del sistema aeróbico.

Por último, debemos reseñar que la realización de EIAI supone que la demanda de energía por unidad de tiempo sea muy elevada; cuanto más intensas y seguidas sean las fases de contracción muscular (esfuerzos), más difícil será el suministro de oxígeno a las fibras musculares activas y más importante será la participación del metabolismo anaeróbico.

La ejecución de esfuerzos intermitentes de alta intensidad con recuperaciones incompletas, perfil característico de la mayor parte de deportes de equipo, implica la contribución por parte de las reservas musculares de fosfatos de alta energía (ATP y PCr) y, dependiendo del tipo y número de esfuerzos, así como de la duración y la actividad durante la recuperación, pueden conducir a la acumulación de ácido láctico en músculos y sangre. La capacidad del jugador para seguir realizando esfuerzos de máxima intensidad, dependerá de la capacidad de resíntesis del sistema de la PCr y de la eliminación de los subproductos metabólicos, tales como fosfatos inorgánicos e iones hidrógeno, cuando estos se producen.

Futuras investigaciones que permitan establecer posibles correspondencias entre el resultado en pruebas específicas RSA, que respeten el perfil de actividad competitiva en fútbol sala, y variables metabólicas (celulares), tales como concentraciones de ATP y PCr, la capacidad tapón y el lactato muscular, niveles de enzimas aeróbicas y anaeróbicas y número de capilares proporcionarán mucha información en la mejora de nuestro conocimiento sobre la energética durante la realización de esfuerzos cortos e intermitentes de máxima intensidad.

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, I, 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., Bobis 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 alta 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., Tennbaum, 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, LA. 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, LA. 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, LM. 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 diferentes 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.

ANEXO 1.

TEST de LEGER-BOUCHER (COURSE NAVETTE)

Nivel 1

Jugador: _____

Fecha: _____

| Niv. | Vel. | INTERVALOS | | | | | | | |
|------|------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| | | 1 (40) | 2 (80) | 3 (120) | 4 (160) | | | | |
| 0 | 8.5 | 1 (40) | 2 (80) | 3 (120) | 4 (160) | | | | |
| 1 | 9 | 1 (200) | 2 (240) | 3 (280) | 4 (320) | | | | |
| 2 | 9.5 | 1 (360) | 2 (400) | 3 (440) | 4 (480) | | | | |
| 3 | 10 | 1 (520) | 2 (560) | 3 (600) | 4 (640) | | | | |
| 4 | 10.5 | 1 (680) | 2 (720) | 3 (760) | 4 (800) | 5* (820) | | | |
| 5 | 11 | 1* (840) | 2 (880) | 3 (920) | 4 (960) | 5 (1000) | | | |
| 6 | 11.5 | 1 (1040) | 2 (1080) | 3 (1120) | 4 (1160) | 5 (1200) | | | |
| 7 | 12 | 1 (1240) | 2 (1280) | 3 (1320) | 4 (1360) | 5 (1400) | | | |
| 8 | 12.5 | 1 (1440) | 2 (1480) | 3 (1520) | 4 (1560) | 5 (1600) | | | |
| 9 | 13 | 1 (1640) | 2 (1680) | 3 (1720) | 4 (1760) | 5 (1800) | 6* (1820) | | |
| 10 | 13.5 | 1* (1840) | 2 (1880) | 3 (1920) | 4 (1960) | 5 (2000) | 6 (2040) | | |
| 11 | 14 | 1 (2080) | 2 (2120) | 3 (2160) | 4 (2200) | 5 (2240) | 6 (2280) | | |
| 12 | 14.5 | 1 (2320) | 2 (2360) | 3 (2400) | 4 (2440) | 5 (2480) | 6 (2520) | | |
| 13 | 15 | 1 (2560) | 2 (2600) | 3 (2640) | 4 (2680) | 5 (2720) | 6 (2760) | | |
| 14 | 15.5 | 1 (2800) | 2 (2840) | 3 (2880) | 4 (2920) | 5 (2960) | 6 (3000) | 7* (3020) | |
| 15 | 16 | 1* (3040) | 2 (3080) | 3 (3120) | 4 (3160) | 5 (3200) | 6 (3240) | 7 (3280) | |
| 16 | 16.5 | 1 (3320) | 2 (3360) | 3 (3400) | 4 (3440) | 5 (3480) | 6 (3520) | 7 (3560) | 8 (3600) |

Marcar con una cruz cada etapa que fue completando en las diferentes velocidades.

La primera vez que no alcance la línea con la señal será parado, anotando el periodo en que se quedó (F).

| OBSERVACIONES | Nivel de velocidad Intervalo | Total distancia | Comentarios |
|---------------|------------------------------|-----------------|-------------|
| | | | |