



TEXTO BILINGÜE

1^a parte: Versión en lengua española ➔

TEXT BILINGÜE

➔ 2a part: Versió en llengua catalana

Palabras clave

fútbol sala, necesidades cardiovasculares, necesidades metabólicas, consumo máximo de oxígeno, frecuencia cardíaca

Necesidades cardiovasculares y metabólicas del fútbol sala: análisis de la competición

■ JAVIER ÁLVAREZ MEDINA

Doctor en Ciencias de la Actividad física y el Deporte. Profesor Asociado Universidad de Zaragoza

■ LUIS GIMÉNEZ SALILLAS

Doctor en Medicina y Cirugía. Profesor titular Universidad de Zaragoza

■ PEDRO CORONA VIRÓN

Doctor en Medicina y Cirugía.
Adjunto del Servicio de Cardiología del Hospital Militar del Rey de Las Palmas de Gran Canaria.

■ PEDRO MANONELLES MARQUETA

Médico de la Federación Española de Baloncesto

Abstract

Indoor football is a collective sport, of collaboration-opposition, with an energetic demand of a mixed intermittent type (aerobic-anaerobic), a general, high muscular, dynamic demand. It is identified by a type of split and intermittent exertion with incomplete pauses for recuperation both active and passive of various periods of time. The heart, owing to the characteristics of this sport, is probably the organ that is most required during its practice, as it has to perform a great cardio-vascular work. Indoor football is having a great social repercussion in our country (at the moment there are 1.500.000 players federated) but research on it is still non-existent or nearly so. We put forward a cardio-vascular study and analysis of the energetic needs produced in its regular practice.

In this study three teams took part a total of 33 players, 14 professionals and 19 non-professionals. We measured heart rate in approximately 150 matches. All participants performed a maximum exertion test (Course Navette) to determine the maximum real heart rate (FCMR), maximum consumption of oxygen and recovery capacity.

Among the conclusions that stand out are:

Indoor football has an anaerobic component that is very high, and requires a cardiovascular adaptation between 85/90% of the maximum individual heart rate.

The practice of indoor football requires an adequate VO₂ maximum and a great recuperation capacity.

The indoor football player needs great anaerobic and alactic power and capacity and a rapid regeneration of phosphagens. He must be capable of good toleration to stand medium/high levels of lactic acids.

Key words

indoor football, cardiovascular needs, metabolic necessities, maximum consumption of oxygen, heart rate

Resumen

El fútbol sala es un deporte colectivo, de colaboración-oposición, con una solicitud energética de tipo mixto intermitente (aeróbica-anaeróbica), una solicitud muscular general dinámica alta y una solicitud estática baja-moderada. Se identifica con un tipo de esfuerzo fraccionado e interválico con pausas de recuperación incompletas activas y pasivas de duración variable. El corazón, debido a las características de este deporte es probablemente el órgano que más se solicita durante su práctica, teniendo que realizar un gran trabajo cardiovascular.

El fútbol sala está teniendo una gran repercusión social en nuestro país (actualmente existen 1.500.000 fichas federativas) pero las investigaciones sobre el mismo siguen siendo nulas o muy escasas. Nos planteamos la realización de un estudio cardiovascular y análisis de las necesidades energéticas que se produce con su práctica regular.

En el estudio han participado 3 equipos, formando una muestra total de 33 jugadores: 14 profesionales y 19 no profesionales. Se registró la frecuencia cardíaca aproximadamente en unos 150 partidos. Todos ellos realizaron una prueba máxima de esfuerzo (Course-Navette) para determinar su frecuencia cardíaca máxima real (FCMR), su consumo máximo de oxígeno y su capacidad de recuperación.

Entre las conclusiones destacar que:

El fútbol sala tiene un componente anaeróbico muy elevado y requiere una adaptación cardiovascular entre el 85-90 % de la frecuencia cardíaca máxima individual.

La práctica del fútbol sala requiere un adecuado $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y una buena capacidad de recuperación.

El jugador de fútbol sala necesita una gran potencia y capacidad anaeróbica aláctica y una rápida regeneración de los fosfágenos. Debe ser capaz de tener una buena tolerancia para soportar niveles medio-altos de ácido láctico.

Introducción

El fútbol sala es un deporte colectivo, de situación, donde se da una colaboración-oposición, con una solicitud energética de tipo mixto intermitente (aeróbica-anaeróbica), una solicitud muscular general dinámica alta y una solicitud estática baja-moderada. Es una modalidad que se identifica con un tipo de esfuerzo fraccionado e interválico basado en una serie de esfuerzos máximos y submáximos dados de forma intermitente y con pausas de recuperación incompletas activas y pasivas de duración variable. Estos intervalos, de manera general, no permiten una recuperación completa, siendo una sucesión de procesos aeróbicos-anaeróbicos (J. Álvarez, 2000). El tiempo de juego es de dos tiempos de 20 minutos a reloj parado, que suele oscilar entre los 75-85 e incluso más de 90 minutos de juego a tiempo corrido. Esto variará en función de las posibilidades que da el reglamento: tiempos muertos, dobles penalties, limpieza de la pista, intervenciones médicas, etc.

En sus comienzos los cambios estaban limitados, pero a partir del año 1983 el reglamento permite hacer el número de cambios que se desee por lo que la intensidad y ritmo de juego se ha visto elevada considerablemente, sin verse disminuida conforme pasa el partido.

El fútbol sala se caracteriza por una sucesión de movimientos a máxima velocidad, en espacios muy reducidos (5-10 metros), con continuos cambios de dirección y sentido, seguido por fases de tensión muscular más estáticas, pero de máxima tensión, encadenando carreras de baja, media, máxima intensidad con pausas de recuperación activas e incompletas. Todo

esto hace que las acciones deportivas se ejecuten sin previo aviso.

El espacio de juego es reducido (20 x 40 metros) teniendo en cuenta el número de jugadores, por lo que la tensión y concentración de los mismos debe ser máxima en todo momento, ya que las opciones de conseguir gol se pueden producir desde cualquier parte del campo y en cualquier instante.

Todo lo anterior hace que la carga psicológica del partido sea muy elevada, y si además añadimos el número de jugadores por equipo (4 más el portero) hace que el despiste o relajación de uno de los jugadores de campo sea generalmente suficiente para que se rompa todo el equilibrio del equipo y se decante el partido en favor del adversario.

La velocidad y agilidad de movimientos, el dominio espacio-temporal tiene que ser muy alto para poder acelerar y cambiar rápida y constantemente de dirección, en espacios reducidos y compartidos con adversarios y compañeros, y así conseguir que la precisión de los controles y demás gestos deportivos se den en el momento y en el lugar preciso. La proximidad de los adversarios hace que las acciones se tengan que producir de la forma más rápida e inesperada posible, por lo que los automatismos y estrategias propias se convierten en piezas fundamentales del rendimiento global del equipo.

En esta línea, la coordinación y el control de su esquema corporal debe ser igualmente muy alto para poder realizar con éxito los sincronismos y automatismos propios de este deporte en espacios reducidos y a velocidades máximas sin por ello verse afectado el rendimiento y la eficacia conforme transcurre el partido y la fatiga se va acumulando.

En el fútbol sala actual la táctica colectiva es fundamental, y conforme subimos de categoría va adquiriendo más peso específico hasta hacerse imprescindible si se quiere que el nivel de juego sea competitivo. Todos los equipos que se precien tienen automatismos ofensivos y defensivos perfectamente definidos para cada situación de juego que les permiten contrarrestar la táctica del oponente. Esta situación hace que en muchas oca-

siones el ritmo de juego sea muy elevado, por jugar como normalmente se denomina "de memoria".

El corazón, debido a las características de este deporte es probablemente el órgano que más se solicita durante su práctica, teniendo que realizar un gran trabajo cardiovascular.

Justificación

Actualmente en el mundo del rendimiento se está produciendo una constante transformación y evolución, debido en gran medida a los trabajos de investigación de las diferentes modalidades deportivas, y a las ayudas de otras ciencias para mejorar el rendimiento deportivo, que nos permiten conocer mejor lo que ocurre en las situaciones de juego desde diferentes puntos de vista: técnica, táctica, psicológica y físicamente. Cada día se intenta saber con más precisión lo que ocurre en todas las situaciones de juego para realizar un posterior análisis e intentar mejorar cualitativa o cuantitativamente en esa acción.

El fútbol sala está teniendo una gran repercusión social en nuestro país (actualmente existen 1.500.000 fichas federativas) pero las investigaciones y estudios sobre el mismo siguen siendo nulas o muy escasas. Siendo conscientes que hoy en día ninguna especialidad deportiva se puede contentar con unas referencias inespecíficas de otra modalidad, nos planteamos la realización de un estudio cardiovascular y análisis de las necesidades energéticas que se produce con la práctica regular del fútbol sala.

Material y métodos

Para establecer la exigencia metabólica y cardiovascular que necesita la práctica del fútbol sala, realizamos un estudio prospectivo, longitudinal en la temporada 1999-2000, en el que participaron tres equipos pertenecientes a:

- División de Honor Española.
- Primera B Nacional.
- Primera Autonómica.



Como criterios de inclusión se estableció:

- Practicar el fútbol sala un mínimo de tres veces a la semana.
- Ser jugador de campo
- Tener un mínimo de tres registros de la frecuencia cardíaca (FC) durante los partidos.

Para su estudio los dividimos en dos grupos: profesionales y no profesionales. Haciendo un total de 33 jugadores de campo, 14 profesionales y 19 no profesionales. El método estadístico empleado para comparar los valores entre los profesionales y no profesionales fue el Test de la *t* de Student para valores no pareados.

A todos ellos se les realizó una prueba máxima de esfuerzo de campo (Course-Navette) para determinar su frecuencia cardíaca máxima real (FCMR), su consumo máximo de oxígeno y su capacidad de recuperación.

Para el estudio de la FC utilizamos pulsómetros de la casa Polar, de reconocido prestigio y fiabilidad (J. Álvaro, 1989; R. Astrand, 1985 y A. Blanco y cols., 1993), tipo Accurex Plus, programando el monitor para realizar una grabación cada 5 segundos durante toda la prueba y durante los primeros cinco minutos de recuperación tras la prueba de esfuerzo. Posteriormente esta información se descarga en el soporte informático necesario para el análisis del mismo. En total aproximadamente se registraron unas 150 tomas en partidos. La fórmula empleada para el cálculo del VO_2 máximo fue:

$$\text{VO}_2 \text{ máximo (ml/kg/min)} = 31.025 + (3.238V) - (3.248e) + (0.1536Ve)$$

donde:

V = velocidad de carrera en km/h del último periodo completado

e = edad del sujeto.

Resultados y discusión

Respuesta cardiovascular en partidos

Existen estudios que nos aportan datos sobre la respuesta del sistema cardiovascular en modalidades de equipo como el fútbol (A. Blanco y A. Enseñat, 1998,

Tabla 1.

Frecuencias cardíacas medias obtenidas en partidos.

	1. ^{er} PARTIDO (p/m)	2. ^o PARTIDO (p/m)	3. ^{er} PARTIDO (p/m)
MEDIAS TOTALES	164,83 ± 9,29	163,79 ± 12,33	166,86 ± 10,90
PROFESIONALES	161 ± 9,61	158,80 ± 12,20	165,30 ± 12,71
NO PROFESIONALES	166,84 ± 8,69	166,42 ± 11,88	167,68 ± 10,09
PROBABILIDAD	0,126	0,124	0,614

1999; Fco. J. Calderón y cols., 1999 y J. Chazalón, 1998), baloncesto (J. L. Chicharro y A. Fernández, 1995; L. J. Chirosa y cols., 1999; R. Colli y M. Faina, 1987; A. Dal Monte y cols., 1987), balonmano (E. Dominguez, 1987; M. Faina y cols., 1998; L. Franco, 1998; J. A. Gutierrez, 1987), hockey patines (R. Laukanen y P. Virtanen, 1998; R. Laukanen, 1999; L. Leger y M. Thivierge, 1998), etc. siendo inexistentes los realizados sobre el fútbol sala, por lo que las referencias serán siempre al realizado por nuestro grupo de trabajo.

Los datos obtenidos nos dan unas frecuencias cardíacas medias (*tabla 1*) que nos muestran el esfuerzo realizado en los partidos por los jugadores. No han existido diferencias estadísticas significativas entre los grupos presentando un valor medio de $165 \pm 10\text{p/m}$. La dispersión de los valores con respecto a la media es alta, lo que se refleja en los rangos de p/m tan amplios dados por los valores mínimos y máximos en ambos grupos 141-181.

Los valores obtenidos concuerdan con la clasificación del fútbol sala como un deporte mixto, ya que se realiza una sucesión de procesos aeróbicos-anaeróbicos donde se trabaja continuamente, por debajo y por encima, del denominado umbral anaeróbico.

Al relacionar las FC medias de cada jugador con sus FCMR observamos que el fútbol sala exige una adaptación cardiovascular entre el 85-90 % de la FCMR individual. También relacionamos la FCM obtenida en la prueba de esfuerzo con la alcanzada en cada partido y el resultado nos muestra como siempre se llega a trabajar por encima del 90 % de la FCM al-

canzada en la prueba de esfuerzo y como en la mayoría de los casos en algún momento del partido se llega a alcanzar e incluso sobrepasar la FCM obtenida en la prueba de esfuerzo (*tabla 2, gráfico 1*). Las muestras tomadas, teniendo en cuenta las diferencias significativas encontradas, nos dan un tipo de distribución global de la frecuencia cardíaca a lo largo de un

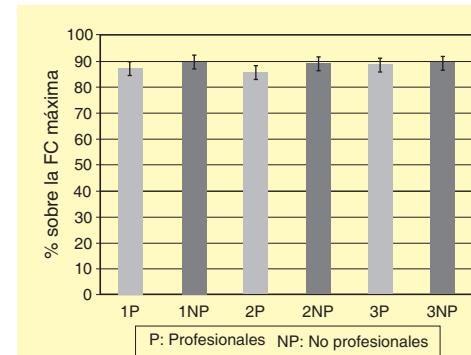
Tabla 2.

Intensidad de trabajo según la FCM obtenida en la Course-Navette y en los partidos.

% FCM OBTENIDA EN LA COURSE-NAVETTE	N. ^o DE VECES QUE SE ALCANZA EN LOS PARTIDOS	%
<90	0	0
90-95	31	23,3
95-97	31	23,3
97-100	39	29,3
>100	32	24,06

Gráfico 1.

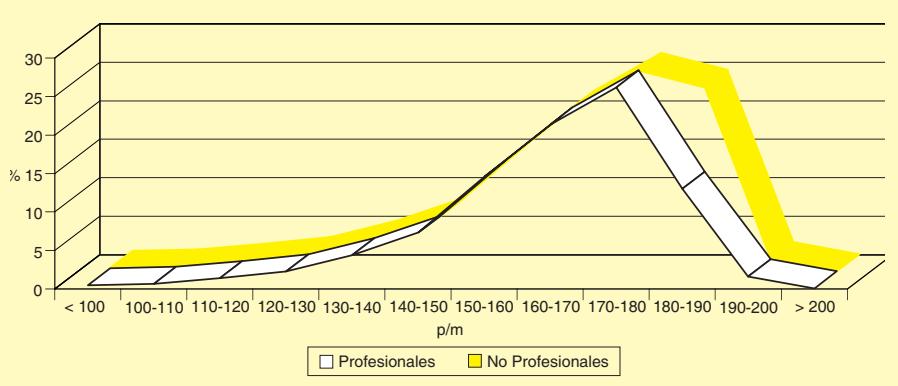
Variaciones de la Adaptación Cardiovascular según la FC media obtenida en partidos y su % obtenido sobre las FC máximas en la Course-Navette.



Rendimiento y entrenamiento

Gráfico 2.

Distribución de la FC con respecto al % del tiempo jugado a lo largo del partido.



partido tipo. Esta distribución la podemos considerar como el **PERFIL CARDIOVASCULAR GENERAL** que se da en un partido de fútbol sala (**gráfico 2**).

Si sumamos el tanto por ciento del tiempo de juego que los jugadores están entre las

150-190 p/m obtenemos una media de 86,1 % para los no profesionales y de 75,1 % para los profesionales. Estos datos demuestran que el fútbol sala es un deporte de modalidad mixta aeróbica-anaeróbica, basado en esfuerzos de

tipo interválico-fraccionado de intensidad, principalmente submáxima y máxima, e intercalados con pausas de recuperación activas e incompletas. Su componente anaeróbico es muy alto estando los no profesionales un 71,52 %, y los profesionales un 60,52 %, del tiempo de juego entre las 160-190 p/m.

Para entender mejor este deporte podemos consultar los estudios realizados sobre esfuerzos intermitentes que han asentado las bases científicas sobre el entrenamiento interválico (Saltin, Essen y Pedersen, 1976; Fox y Mathews, 1974; Astrand, 1992; Gaitanos, Willians, Boobis y Brooks, 1993). Así, la FC durante la recuperación es un parámetro fundamental para valorar las cargas de entrenamiento intervalado y la condición cardiovascular (J. Massach, 1992).

Cuanto más desarrollado está el sistema de mitocondrias y las enzimas responsables del metabolismo aeróbico, mayor será la capacidad de recuperación del jugador y su resistencia al cansancio. En las pausas del partido, el jugador bien entrenado en resistencia se recupera más rápidamente, y de forma más completa, y tendrá más capacidad para efectuar salidas así como regatear de forma más energética (M. Moreno, 1998). Los jugadores que tengan una buena capacidad oxidativa podrán resintetizar la fosfocreatina (PC) más rápidamente, lo que les permitirá realizar un mayor número de sprints, ya que la PC y la glucólisis anaeróbica dan al músculo la energía inmediata para hacer un esfuerzo máximo. La resíntesis de PC por vías oxidativas tiene un tiempo medio de 20 segundos (A. Blanco y A. Enseñat, 1998). Los resultados de nuestro estudio demuestran la gran importancia de una buena recuperación del sistema cardiovascular tras los esfuerzos, lo que permitirá estar antes preparado para afrontar nuevos esfuerzos con garantías de éxito.

En la recuperación de la FC al finalizar la Course-Navette vemos como los profesionales obtienen en todos los minutos FC más bajas que los no profesionales, dando diferencias estadísticamente significativas en el minuto 2.^º y 5.^º. Estos valores evidencian una mejor y más rápida recuperación tras el esfuerzo en favor de los profesionales (*tabla 3, gráfico 3*).

Tabla 3.

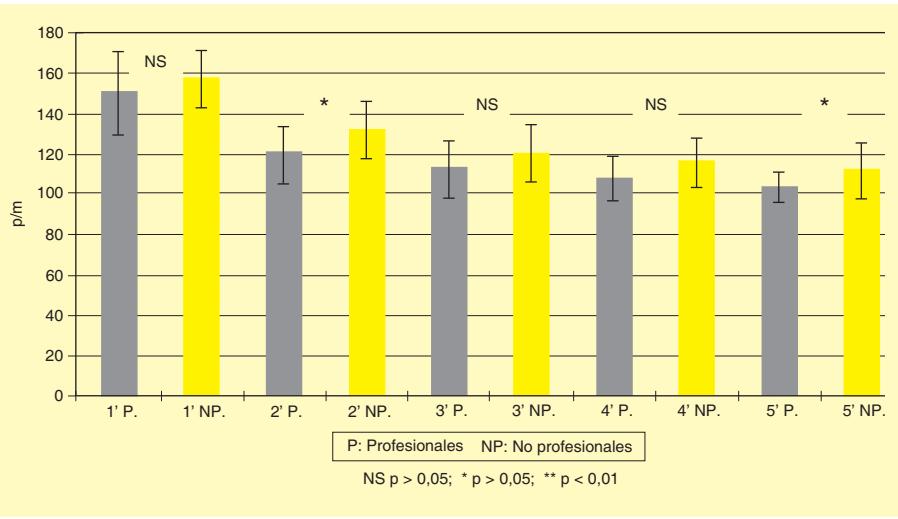
Frecuencia cardíaca máxima y su recuperación en los primeros 5 minutos después de acabar la Course-Navette.

MINUTO	PROFESIONAL (p/m)	NO PROFESIONAL (p/m)	PROBABILIDAD
FCM-0'	190 ± 6	191 ± 8	0,637
1'	149,90 ± 20,33	156,80 ± 13,7	0,267
2'	119,00 ± 13,72	131,00 ± 13,7	0,024*
3'	112,10 ± 13,63	119,37 ± 14,9	0,182
4'	106,90 ± 10,81	115,06 ± 12,6	0,074
5'	102,50 ± 07,50	110,8 ± 13,73	0,049*

* p < 0,05 ** p < 0,01.

Gráfico 3.

Recuperación de la Frecuencia Cardíaca en los primeros 5' después de la Course-Navette.





Lamiel-Luengo (J. Rico, 1997) establece en 1988 el IR2, como el índice de recuperación, descrito por la caída de la FC en el 2.^º minuto postesfuerzo con respecto a la relación existente entre la FCM teórica y la FCM alcanzada en la prueba de esfuerzo triangular. Este parámetro se considera muy útil para valorar el grado de entrenamiento aeróbico de los deportistas.

Los valores obtenidos concuerdan con otros estudios realizados sobre esfuerzos fraccionados como los de Calderón y cols. (J. Massach, 1992) donde concluyen que la FC durante la recuperación constituye el parámetro fundamental para valorar las cargas de tipo intervalado y la condición cardiovascular. Otros autores como Wilmore y Costill, 1994; Gilman, 1996 (F. Rubio y cols., 1993) afirman que la recuperación de la FC es un buen indicador de la condición física ya que a mejor condición física más rápido se recuperan los valores cardíacos de reposo.

Necesidades metabólicas

Metabolismo aeróbico

La mayor parte de la energía suministrada para el computo global de los esfuerzos que se dan en un partido, se produce por los procesos aeróbicos utilizando el glucógeno muscular y hepático. Esta fuente de energía, dependiente de los hidratos de carbono, juega un papel muy importante para garantizar un ritmo intenso durante la competición pero puede agotarse rápidamente:

- Sus reservas en el organismo son pequeñas.
- Su agotamiento viene acompañado de una disminución del ritmo de juego.
- Su recuperación completa puede necesitar hasta 48 h.

Estos pueden ser necesarios para comprender:

- Que las reservas de glucógeno muscular y hepático necesitan estar llenas antes de los partidos.
- Retardar lo más posible durante el partido la deplección de las reservas.
- Recuperar las reservas lo antes posible.

Conforme transcurre el partido la gluconeogénesis anaeróbica contribuirá en mayor medida a la producción de energía hasta que el glucógeno intramuscular se agote en determinadas partes de la célula muscular.

Un partido de fútbol sala responde a un tipo de ejercicio interválico, basado en esfuerzos fraccionados con pausas incompletas de recuperación. La potencia aeróbica máxima (PAM), a través del consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), es uno de los aspectos más importantes de la condición física de estos deportistas. Para determinar el perfil aeróbico de los jugadores de fútbol sala utilizamos la Course-Navette, donde obtuvimos los siguientes resultados (*tabla 4*).

Los datos obtenidos en la tabla 1 han dado diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de duración de la prueba máxima. Entre ambos grupos los valores medios de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ han sido de $57,80 \pm 2,53$ ml/kg/min. en los profesionales y de $54,86 \pm 3,21$ ml/kg/min. en los no profesionales. Estos valores presentan una $p = 0,013$, lo que corresponde a una diferencia estadísticamente significativa.

Los valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtenidos coinciden con los dados por otros estudios sobre el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ en deportistas de equipo como fútbol (A. Blanco y A. Enseñat, 1998; Fco. J. Calderón y cols., 1999; F. Treiber y cols., 1989), baloncesto (J. L. Chicharro y A. Fernández, 1995; L. J. Chirosa y cols. 1999), balonmano (E. Domínguez, 1987; L. Franco, 1998), hockey sobre patines (R. Laukanen, 1999; P. Vogelaele y cols., 1985), donde el consenso establece que unos valores menores de 50 ml/kg/min. son deficientes, entre 50-55 ml/kg/min. normales, 55-60 ml/kg/min. buenos y superiores de 60 ml/kg/min. ex-

celentes. Con respecto a los valores precisados el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtenido por los profesionales en el fútbol sala se pueden considerar como BUENOS y como NORMALES los obtenidos en los no profesionales.

La explicación de estos valores nos la da Astrand (J. Weineck, 1994) quien ya dijo que es posible realizar una importante cantidad de trabajo con una carga de trabajo sumamente intensa, realizando un impacto relativamente bajo sobre la circulación y la respiración, todo ello por la introducción de breves períodos de trabajo y de reposo adecuadamente espaciados (micropausas). Este concepto fisiológico permite que individuos en baja forma y con una reducida PAM puedan realizar trabajos y ejercicios pesados siempre y cuando puedan regular los tiempos de trabajo y de recuperación, de forma que las cargas sobre la respiración y la circulación no superen los límites de su reducida capacidad. Un jugador de fútbol sala precisa un $\text{VO}_{2\text{máx}}$ alrededor de 60ml/kg/min. Pensamos que una buena potencia aeróbica va a ser el requisito básico para obtener una alta capacidad de rendimiento en el juego. Cuanto mejor desarrollada esté, de forma más económica se efectuará la síntesis de los fosfatos (ATP, PC), que representan las fuentes de energía más decisivas en los ejercicios de juego de tipo interválico. Una alta capacidad aeróbica asegura de esta forma un nivel de esfuerzo óptimo, con una regeneración, recuperación y no menos importante, resistencia al esfuerzo.

El alto ritmo de juego que se requiere en el actual fútbol sala de competición es impensable sin la correspondiente potencia aeróbica adecuada. Igualmente es determinante en la minimización de los errores técnico-tácticos, ya que con ella

Tabla 4.

Valores alcanzados en la Course-Navette.

	TIEMPO (min)	RECORRIDOS (20 m)	PERÍODOS COMPLETADOS	$\text{VO}_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)
PROFESIONALES	$11,62 \pm 0,73$	$114,80 \pm 9,15$	$11,50 \pm 0,71$	$57,80 \pm 2,53$
NO PROFESIONALES	$10,67 \pm 1,10$	$103,05 \pm 13,20$	$10,42 \pm 1,07$	$54,86 \pm 3,21$
PROBABILIDAD	0,010*	0,010*	0,003**	0,013*

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$.

pueden mantenerse la concentración y la atención durante todo el tiempo de juego a un nivel constantemente alto. En referencia al jugador de baloncesto (J. L. Chicharro y A. Fernández, 1995): "para un jugador de baloncesto, al igual que para otros deportes de situación, su rendimiento no está condicionado por alcanzar niveles excesivamente elevados de VO_2 , pero si es cierto, que si un jugador quiere mantener un ritmo, una aportación continua al juego y una cadencia regular, es necesario mantener durante la temporada valores que no estén por debajo de los 50 ml/kg/min."

El jugador entrenado en resistencia, gracias a una salida psicofísica mejor, por un lado está protegido más efectivamente ante las lesiones y por otro efectúa menos faltas, ya que debido a su constante nivel de fuerza de despliegue y su ininterrumpida capacidad coordinativa no tiene tanta necesidad de acudir a soluciones de emergencia o a efectuar pases arriesgados.

Cuanto mejor entrenado esté un jugador más tardará en sobrepasar el umbral anaeróbico en una actividad larga e intensa, con la consiguiente pérdida de fuerza debido a la acidosis. La bibliografía establece por lo general que el umbral anaeróbico de los deportistas se encuentra en un 80 % de la capacidad de rendimiento máximo. Cuanto más alto sea el umbral anaeróbico, y por lo tanto la resistencia aeróbica, más alto será el ritmo medio de juego que se podrá mantener a lo largo del partido.

Weinek (J. Zaragoza, 1996), en referencia al jugador de fútbol sala dice que necesita una adecuada resistencia básica, pero ésta no tiene que ser comparativamente igual que la de un atleta. Si se efectúa un entrenamiento demasiado orientado a la resistencia, los músculos adaptarán sus características a este tipo de esfuerzo. Esto convertiría al futbolista en un buen corredor pero no necesariamente en un buen futbolista.

De igual manera, incluso con más razón, el desarrollo excesivo de la capacidad de resistencia afectará de forma negativa al jugador de fútbol sala en cosas tan importantes como la velocidad y la fuerza-potencia, debido a una influencia negativa sobre las fibras de contracción rápida

(blancas), sobre todo las FTII, tipo A, esenciales en este deporte.

Una adecuada PAM va a disminuir el tiempo de recuperación necesario entre esfuerzos que será en muchos casos el determinante para el resultado.

El aumento de la condición física de los jugadores y la intensidad actual de juego en los partidos hace que cada vez se alarguen más las secuencias de esfuerzos encadenados con intensidades submáximas y máximas, por lo que la tolerancia al estrés, a la fatiga, y en términos fisiológicos al ácido láctico es cada vez más determinante.

Metabolismo anaeróbico

La competición se caracteriza por sucesivas acciones explosivas (aceleraciones, desaceleraciones, cambios de sentido, golpes, regates, fintas de engaño, bloqueos, saltos, etc.) donde se utiliza el metabolismo anaeróbico aláctico (potencia "capacidad de producir energía lo más rápido posible", a través de la vía de los fosfátigenos (ATP-PC), lo que nos aporta energía sin necesidad de O_2 . Probablemente este metabolismo es el más importante en un partido de fútbol sala. La mayoría de las acciones determinantes, que decantan los partidos hacia uno u otro equipo, se dan en esfuerzos de una duración no superior a cinco segundos y son realizados a la mayor velocidad e intensidad posibles y se realizan gracias a la vía anaeróbica aláctica (concretamente a la potencia anaeróbica aláctica). Esta vía de obtención de energía se agota rápidamente y tarda cierto tiempo en recuperarse (20 segundos como media a través de los procesos oxidativos); por ello, los jugadores que sean capaces de realizar un mayor número de esfuerzos sin disminuir considerablemente su rendimiento tendrán más posibilidades de resultar determinantes para su equipo conforme transcurra el partido. Por todo lo anterior, el jugador de fútbol sala debe tener una gran resistencia al sprint. Ello le permitirá realizar carreras cortas a intensidades máximas con recuperaciones incompletas, utilizando la vía anaeróbica aláctica y degradando el fosfágeno. Ello también le permitirá una alta habilidad en la coordinación del gesto técnico sin disminuir su eficacia conforme

pasa el partido. Si no se da el tiempo necesario para la resíntesis el músculo pondrá en funcionamiento la glucólisis anaeróbica con producción de ácido láctico. Los cambios de intensidad repetidos de forma intervalada requieren que los jugadores sean capaces de poder tolerar y eliminar la acidosis metabólica producida durante el esfuerzo para poder continuar sin disminuir su rendimiento. Una buena potencia aeróbica les ayudará a resintetizar antes el lactato que se origina. Esta tolerancia a la fatiga, al cansancio es un factor muy importante en todos los deportes donde se juega a niveles muy altos de intensidad.

Hoy en día, el jugador de fútbol sala debe desarrollar el metabolismo anaeróbico láctico, sobre todo la potencia y tener una buena tolerancia a niveles medio-altos de ácido láctico.

Destacar el gran trabajo muscular sobre todo excéntrico que se produce debido a las máximas desaceleraciones que se dan continuamente en un partido y que son las responsables de muchos microtraumatismos producidos en la fibra muscular. Por ello, se debe tener una gran resistencia a la Fuerza Rápida. Poseer un alto porcentaje de fibras rápidas y tener resistencia a la fatiga, para poder realizar acciones explosivas durante todo el partido.

Un mejor conocimiento tanto cuantitativo como cualitativo de las demandas fisiológicas que se dan en el fútbol sala nos permitirá entre otras cosas:

- Establecer un perfil óptimo para este deporte.
- Detección de posibles talentos.
- Establecer pautas de entrenamiento a sus diferentes niveles.
- Planificar mejor las cargas de entrenamiento teniendo en cuenta las características propias de cada jugador y las de este deporte y no las de otras modalidades deportivas.
- Mejorar el rendimiento deportivo.

En la actualidad, toda investigación que nos ayude a conocer mejor la lógica interna o externa propia del fútbol sala será de gran ayuda para mejorar y ayudar a la evolución de este deporte.



Gráfico 4.

Prestación intermitente, mixta, que solicita las diferentes vías energéticas. Debido a su elevada intensidad y larga duración provoca los más altos niveles en la alternancia de las vías anaeróbico aláctica y láctica sobre un fondo de la vía aeróbica.



Conclusiones

- El fútbol sala tiene un componente anaeróbico muy elevado y requiere una adaptación cardiovascular entre el 85-90 % de la frecuencia cardíaca máxima individual ya que en la mayoría de los partidos se llega a alcanzar la frecuencia cardíaca máxima.
- La práctica del fútbol sala requiere un adecuado $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y una buena capacidad de recuperación.
- El fútbol sala utiliza alternativamente las diferentes vías de obtención de energía (gráfico 4).

Durante los esfuerzos de máxima intensidad y breve duración (disparos, 1 x 1, salidas de presión, etc) utilizaremos el ATP-PC a través de la vía anaeróbica aláctica o de los FOSFÁGENOS.

En los encadenamientos de acciones como transiciones ataque-defensa, contraataques sucesivos, etc. utilizaremos el GLUCÓGENO a través de la vía anaeróbica láctica GLUCOLISIS ANAERÓBICA.

A lo largo del transcurso del partido utilizaremos el GLUCÓGENO Y LOS LÍPIDOS, a través de la vía aeróbica u OXIDATIVA.

- El jugador de fútbol sala necesita de una gran potencia y capacidad anaeróbica aláctica y una rápida regeneración de los fosfágenos. Debe ser capaz de

tener una buena tolerancia para sopportar niveles medio-altos de ácido láctico. Debe tener una adecuada base aeróbica.

Bibliografía

- Álvarez, J.: *Estudio del perfil cardiovascular y metabólico en jugadores profesionales y amateurs de fútbol sala*, tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, julio 2000.
- Álvaro, J.: "La condición biológica del jugador de balonmano", *Apunts*, XXVI (1989).
- Astrand, R.: "Fisiología del ejercicio físico", Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1985.
- Blanco, A.; Enseñat, A. y Balagué, N.: "Hockey sobre patines: análisis de la actividad competitiva", *RED* (VII), 3 (1993), pp. 9-17.
- Blanco, A. y Enseñat, A.: "Hockey sobre patines: el esfuerzo del entrenamiento", *RED* (XIII), 4 (1999), pp. 31-36.
- Blanco, A. y Enseñat, A.: "Valoración directa de la Potencia Aeróbica Máxima en hockey sobre patines", *RED* (XII), 4 (1998), pp. 29-33.
- Calderón, Fco. J.; González, C.; Mechota, V. y Brita-Paja, J. L.: "Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico", *Apunts. Educación Física y Deportes*, 55 (1999), pp. 14-19.
- Chazalón, J.: "Preparación física específica del jugador/a de baloncesto", *RED*, II, 3 (mayo-junio de 1998), pp. 17-29.
- Chicharro, J. L. y Fernández, A.: "Fisiología del ejercicio", Madrid: Médica Panamericana, 1995.
- Chirosa, L. J.; Chirosa, I. y Padial, P.: "Variables que determinan la preparación física en balonmano", *Revisión. RED*, (XIII), 1 (1999), pp. 16-19.
- Colli, R. y Faina, M.: "Investigación sobre el rendimiento en baloncesto", *RED* (I), 2 (1987), pp. 3-10.
- Dal Monte, A.; Gallozi, C.; Lupo, S.; Marco, E. y Menchinelli, D.: "Evaluación funcional del jugador de baloncesto y balonmano", *Apunts*, 24 (1987), pp. 243-251.
- Domínguez, E.: "La estructura energética y condicional del fútbol", *Training fútbol* (diciembre de 1987), pp. 38-54.
- Faina, M.; Gallozi, C.; Lupo, S.; Colli, R. y Martini, C.: "Definition of the physiological profile of the soccer player", *Science and football*, Londres-Nueva York, (1998), pp. 158-163.
- Franco, L.: "Fisiología del baloncesto", *Archivos de Medicina del deporte*, (XV), 68 (1998), pp. 471-477.
- Gutiérrez J. A.: "Perfil fisiológico del jugador de balonmano de alto rendimiento", *Apunts*, XMV, 163 (1987).
- Laukanen, R. y Virtanen, P.: "Heart rate monitors -state of the art", *J. Sports Sci., Suppl.* 16 (1998), S3-S7.
- Laukanen, R.: "Exercise and heart rate", *Polar Electro Oy*, 1999.
- Leger, L. y Thivierge, M.: "Heart rate monitors: validity, stability and functionality", *Physician and Sports Med.*, 16 (5) (1998), pp. 143-151.
- Massach, J.: "Valoración y control aeróbico-anaeróbico del jugador de fútbol", *Rev. EEE*, 53 (1992), pp. 38-51.
- Moreno, M.: "Conceptos generales sobre la evolución del juego y su entrenamiento", *Training fútbol*, 31 (septiembre de 1998), pp. 8-14.
- Rico, J.: "Evaluaciones fisiológicas en futbolistas", *Archivos de Medicina del Deporte* (XIV), 62 (1997), pp. 485-491.
- Rubio, F., Franco, L., Peral, R. y Boqué, M.: "Perfil antropométrico y funcional del jugador de hockey sobre patines", *Apunts. Medicina de l'esport*, XXX, 115 (1993), pp. 23-29.
- Treiber, F.; Musante, L.; Hartdagan, S.; Davis, H.; Levy, M. y Strong, W.: "Validation of a heart rate monitor with children in laboratory and field settings", *Med. Sci Sports Exerc.*, 21 (3) (1989), pp. 338-342.
- Vogelaere, P.; Balagué, N. y Martínez, N.: "Fútbol: aproximación fisiológica", *Apunts. medicina de l'esport*, XXVII (1985), pp. 103-106.
- Weineck, J.: "Fútbol total", Barcelona: Paidotribo, 1994.
- Zaragoza, J.: "Baloncesto: conclusiones para el entrenamiento a partir del análisis de la actividad competitiva", *RED*, (X), 2 (1996), pp. 21-27.

Paraules clau

futbol sala, necessitats cardiovasculars, necessitats metabòliques, consum màxim d'oxigen, freqüència cardíaca

Necessitats cardiovasculars i metabòliques del futbol sala: anàlisi de la competició

■ JAVIER ÁLVAREZ MEDINA

Doctor en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport. Professor Associat Universitat de Saragossa

■ LUIS GIMÉNEZ SALILLAS

Doctor en Medicina i Cirurgia. Professor titular Universitat de Saragossa

■ PEDRO CORONA VIRÓN

Doctor en Medicina i Cirurgia.
Adjunt del Servei de Cardiologia de l'Hospital Militar del Rei de Las Palmas de Gran Canària

■ PEDRO MANONELLES MARQUETA

Metge de la Federació Espanyola de Bàsquet

Abstract

Indoor football is a collective sport, of collaboration-opposition, with an energetic demand of a mixed intermittent type (aerobic-anaerobic), a general, high muscular, dynamic demand. It is identified by a type of split and intermittent exertion with incomplete pauses for recuperation both active and passive of various periods of time. The heart, owing to the characteristics of this sport, is probably the organ that is most required during its practice, as it has to perform a great cardio-vascular work. Indoor football is having a great social repercussion in our country (at the moment there are 1.500.000 players federated) but research on it is still non-existent or nearly so. We put forward a cardio-vascular study and analysis of the energetic needs produced in its regular practice.

In this study three teams took part a total of 33 players, 14 professionals and 19 non-professionals. We measured heart rate in approximately 150 matches. All participants performed a maximum exertion test (Course Navette) to determine the maximum real heart rate (FCMR), maximum consumption of oxygen and recovery capacity.

Among the conclusions that stand out are:

Indoor football has an anaerobic component that is very high, and requires a cardiovascular adaptation between 85/90% of the maximum individual heart rate.

The practice of indoor football requires an adequate VO₂ maximum and a great recuperation capacity.

The indoor football player needs great anaerobic and alactic power and capacity and a rapid regeneration of phosphagens. He must be capable of good toleration to stand medium/high levels of lactic acids.

Key words

indoor football, cardiovascular needs, metabolic necessities, maximum consumption of oxygen, heart rate

Resum

El futbol sala és un esport col·lectiu, de col·laboració-oposició, amb una sol·licitació energètica de tipus mixt intermitent (aeròbica-anaeròbica), una sol·licitació muscular general dinàmica alta i una sol·licitació èstàtica baixa-moderada. S'identifica amb un tipus d'esforç fraccionat i a intervals amb pautes de recuperació incomplades actives i passives de durada variable. El cor, a causa de les característiques d'aquest esport és probablement l'òrgan que més se sol·licita durant la seva pràctica, i ha de realitzar un gran treball cardiovascular.

El futbol sala té una gran repercussió social al nostre país (actualment existeixen 1.500.000 fitxes federatives) però les investigacions sobre aquest esport continuen sent nul·les o molt escasses. Ens plantegem la realització d'un estudi cardiovascular i una anàlisi de les necessitats energètiques que es produeixen quan es practica regularment.

En l'estudi han participat 3 equips, que han format una mostra total de 33 jugadors: 14 de professionals i 19 de no professionals. Es va registrar la freqüència cardíaca aproximadament en 150 partits. Tots els jugadors van realitzar una prova màxima d'esforç (Course-Navette) per determinar la seva freqüència cardíaca màxima real (FCMR), el consum màxim d'oxigen i la capacitat de recuperació.

Entre les conclusions cal destacar que:

El futbol sala té un component anaeròbic molt elevat i requereix una adaptació cardiovascular entre el 85-90% de la freqüència cardíaca màxima individual.

La pràctica del futbol sala requereix un adequat $\text{VO}_{2\text{max}}$ i una bona capacitat de recuperació.

El jugador de futbol sala necessita una gran potència i capacitat anaeròbica alàctica i una ràpida regeneració dels fosfàtges. Ha de ser capaç de tenir una bona tolerància per suportar nivells mitjans-alts d'àcid làctic.

Introducció

El futbol sala és un esport col·lectiu, de situació, on es dóna una col·laboració-oposició, amb una sol·licitació energètica de tipus mixt intermitent (aeròbica-anaeròbica), una sol·licitació muscular general dinàmica alta i una sol·licitació estàtica baixa-moderada. És una modalitat que s'identifica amb un tipus d'esforç fraccionat i a intervals, basat en un seguit d'esforços màxims i submàxims produïts de forma intermitent i amb pauses de recuperació incompletes, actives i passives, de durada variable. Aquests intervals, de manera general, no permeten una recuperació completa, i són una successió de processos aeròbics-anaeròbics (J. Álvarez, 2000). Els partits consten de dos temps de 20 minuts de joc efectiu, la durada real acostuma a oscil·lar entre els 75-85 i fins i tot més de 90 minuts. Aquesta variarà d'acord amb les possibilitats que dóna el reglament: temps morts, penals dobles, neteja de la pista, intervencions mèdiques, etcètera.

En els seus inicis els canvis eren limitats, però des de l'any 1983 el reglament permet de fer el nombre de canvis que es desitgi i, en conseqüència, la intensitat i el ritme de joc s'han vist elevats considerablement, sense que disminueixin a mesura que transcorre el partit.

El futbol sala es caracteritza per una successió de moviments a màxima velocitat, en espais molt reduïts (5-10 metres), amb canvis continus de direcció i de sentit, seguits per fases de tensió muscular més estàtiques, però de màxima tensió; s'encadenen curses de baixa, mitjana, màxima intensitat amb pauses de recupe-

ració actives i incompletes. Tot plegat fa que les accions esportives s'executin sense avís previ.

L'espai de joc és reduït (20x40 metres) tenint en compte el nombre de jugadors, i en conseqüència la tensió i concentració han de ser màximes tothora, ja que les opcións d'aconseguir gol es poden produir des de qualsevol punt del camp i en qualsevol moment.

Tot el que acabem de dir ocasiona que la càrrega psicològica del partit sigui molt elevada, i si a més a més hi afegim el nombre de jugadors per equip (4 més el porter) fa que la distracció o relaxació d'un dels jugadors de camp sigui en general suficient perquè es trenqui tot l'equilibri de l'equip i el partit es decanti a favor de l'adversari.

La velocitat i agilitat de moviments, el domini espaciotemporal, ha de ser molt alt per poder accelerar i canviar ràpidament i constantment de direcció, en espais reduïts i compartits amb adversaris i companys, per tal d'aconseguir que la precisió dels controls i tots els altres gests esportius es facin en el moment i en el lloc exacte. La proximitat dels adversaris fa que les accions s'hagin de produir de la forma més ràpida i inesperada possible, i en conseqüència els automatismes i estratègies pròpies esdevenen peces fonamentals del rendiment global de l'equip.

En aquesta línia, la coordinació i el control del propi esquema corporal ha de ser també molt alt per poder realitzar amb èxit els sincronismes i automatismes característics d'aquest esport en espais reduïts i a velocitats màximes, sense que això afecti el rendiment i l'eficàcia a mesura que transcorre el partit i la fatiga es va acumulant.

Al futbol sala actual la tàctica col·lectiva és fonamental, i a mesura que pugem de categoria va adquirint més pes específic fins a fer-se imprescindible si es vol que el nivell de joc sigui competitiu. Tots els equips que s'ho valen tenen automatismes ofensius i defensius perfectament definits per a cada situació de joc, que els permeten de contrarestar la tàctica de l'ponent. Aquesta situació fa que en moltes ocasions el ritme de joc sigui

molt elevat, a causa de jugar, com es diu habitualment, "de memòria".

El cor, a causa de les característiques d'aquest esport és, probablement, l'òrgan que més se sol·licita durant la seva pràctica, i ha de realitzar un gran treball cardiovascular.

Justificació

A hores d'ara, al món del rendiment s'està produint una transformació i evolució constants, a causa en gran mesura dels treballs d'investigació de les diferents modalitats esportives, i als ajuts d'altres ciències per millorar el rendiment esportiu; això ens permet de conèixer millor el que succeeix en les situacions de joc des de diferents punts de vista: tècnic, tàctic, psicològic i físic. Cada dia s'intenta de saber amb més precisió el que passa en totes les situacions de joc, per realitzar-ne una anàlisi posterior i intentar de millorar qualitativament o quantitativament en aquesta acció.

El futbol sala té una gran repercussió social al nostre país (actualment existeixen 1.500.000 fitxes federatives) però les investigacions i estudis sobre aquest esport continuen sent nul·les o molt escasses. Som conscients que avui dia cap especialitat esportiva es pot acontentar amb unes referències inespecífiques d'una altra modalitat, per això ens plantegem la realització d'un estudi cardiovascular i una anàlisi de les necessitats energètiques que es produeixen amb la pràctica regular del futbol sala.

Material i mètodes

Per establir l'exigència metabòlica i cardiovascular que necessita la pràctica del futbol sala, vam realitzar un estudi prospectiu, longitudinal en la temporada 1999-2000, en el qual van participar tres equips pertanyents a:

- Divisió d'Honor Espanyola.
- Primera B Nacional.
- Primera Autònòmica.

Com a criteris d'inclusió es va establir:

- Practicar el futbol sala un mínim de tres vegades a la setmana.
- Ser jugador de camp.
- Tenir un mínim de tres registres de la freqüència cardíaca (FC) durant els partits.

Per a estudiar-los els vam dividir en dos grups: professionals i no professionals. Hi havia un total de 33 jugadors de camp, 14 de professionals i 19 de no professionals.

El mètode estadístic emprat per comparar els valors entre els professionals i els no professionals va ser el Test de la *t* de Student per a valors no aparellonats.

A tots ells se'ls va realitzar una prova màxima d'esforç de camp (Course-Navette) per determinar-ne la freqüència cardíaca màxima real (FCMR), el consum màxim d'oxigen i la capacitat de recuperació.

Per a l'estudi de la FC vam utilitzar pulsòmetres de la casa Polar, de reconegut prestigi i fiabilitat (J. Álvaro, 1989; R. Astrand, 1985 i A. Blanco i cols. 1993), tipus Accurex Plus; vam programar el monitor per realitzar un enregistrament cada 5 segons durant tota la prova i durant els primers cinc minuts de recuperació després de la prova d'esforç. Posteriorment, aquesta informació es descarrega en el suport informàtic adient per a fer-ne l'anàlisi. En resum, es van registrar, aproximadament, unes 150 preses en partits.

La fórmula emprada per al càlcul del $\text{VO}_{2\text{màxim}}$ va ser:

$$\text{VO}_{2\text{màxim}} (\text{ml/kg/min}) = 31.025 + (3.238V) - (3.248e) + (0.1536Ve)$$

on:

V = velocitat de cursa en km/h de l'últim període completat.

e = edat del subjecte.

Resultats i discussió

Resposta cardiovascular als partits

Hi ha estudis que ens aporten dades sobre la resposta del sistema cardiovascular en modalitats d'equip com el futbol (A. Blanco i A. Enseñat, 1998, 1999; F. J. Calde-

Taula 1.

Freqüències cardíacques mitjanes obtingudes als partits.

	1r PARTIT (p/m)	2n PARTIT (p/m)	3r PARTIT (p/m)
MITJANES TOTALS	164,83 9,29	163,79 12,33	166,86 10,90
PROFESSIONALS	161 9,61	158,80 12,20	165,30 12,71
NO PROFESSIONALS	166,84 8,69	166,42 11,88	167,68 10,09
PROBABILITAT	0,126	0,124	0,614

rón i cols., 1999 i J. Chalazón, 1998), bàsquet (J. L. Chicharro i A. Fernández, 1995; L. J. Chirosa i cols., 1999; R. Colli i M. Faina, 1987; A. Dal Monte i cols., 1987), handbol (E. Domínguez, 1987; M. Faina i cols., 1998; L. Franco, 1998; J. A. Gutiérrez, 1987), hoquei sobre patins (R. Laukanen i P. Virtanen, 1998; R. Laukanen, 1999; L. Leger i M. Thivierge, 1998), etc.; els realitzats sobre el futbol sala són inexistent, per la qual cosa les referències seran sempre a l'estudi realitzat pel nostre grup de treball. Les dades obtingudes ens donen unes freqüències cardíacques mitjanes (*taula 1*) que ens mostren l'esforç realitzat pels jugadors als partits. No han existit diferències estadístiques significatives entre els grups; presenten un valor mitjà de $165 \pm 10\text{p/m}$. La dispersió dels valors respecte de la mitjana és alta, cosa que es reflecteix en els rangs de p/m tan amplis donats pels valors mítics i màxims en tots dos grups 141-181.

Els valors obtinguts concorden amb la classificació del futbol sala com a esport mixt, ja que s'hi realitza una successió de processos aeròbics-anaeròbics on es treballa contínuament, per sota i per sobre, de l'anomenat límit anaeròbic.

En relacionar les FC mitjanes de cada jugador amb les seves FCMR, vam observar que el futbol sala exigeix una adaptació cardiovascular entre el 85-90% de la FCMR individual. També vam relacionar la FCM obtinguda en la prova d'esforç amb l'assolida en cada partit i el resultat ens mostra que sempre s'arriba a treballar per sobre del 90% de la FCM obtinguda en la prova d'esforç i que, en la majoria dels casos, en algun moment del par-

tit s'arriba a assolir i fins i tot a sobrepassar la FCM obtinguda en la prova d'esforç (*taula 2, gràfic 1*). Les mostres preses, tenint en compte les diferències significatives trobades, ens donen un tipus de distribució global de la freqüència cardíaca al llarg d'un partit tipus. Podem considerar aquesta distribució com el **PERFIL**

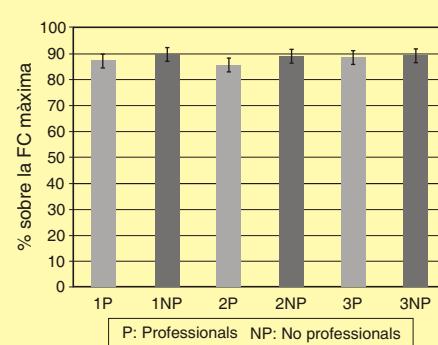
Taula 2.

Intensitat de treball, segons la FCM obtinguda a la Course-Navette i als partits.

% FCM OBTINGUDA A LA COURSE-NAVETTE	NOMBRE DE VEGADES QUE S'ACONSEGUEIX ALS PARTITS	%
<90	0	0
90-95	31	23,3
95-97	31	23,3
97-100	39	29,3
>100	32	24,06

Gràfic 1.

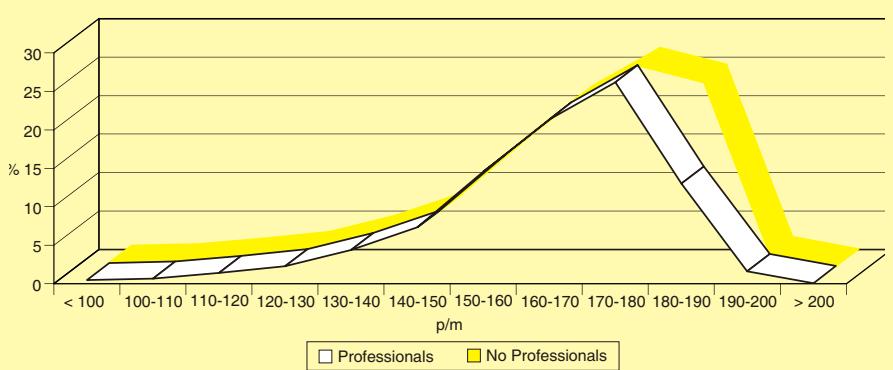
Variacions de l'Adaptació Cardiovascular segons la FC mitjana obtinguda als partits i el % obtingut sobre les FC màximes a la Course-Navette.



Rendiment i entrenament

Gràfic 2.

Distribució de la FC respecte del % del temps jugat al llarg del partit.



CARDIOVASCULAR GENERAL que es dóna en un partit de futbol sala (*gràfic 2*).

Si sumem el tant per cent del temps de joc en què els jugadors estan entre les 150-190 p/m obtenim una mitjana de 86,1% per als no professionals i de

75,1% per als professionals. Aquestes dades demostren que el futbol sala és un esport de modalitat mixta aeròbica-anaeròbica, basat en esforços de tipus interràlic-fraccionat, d'intensitat principalment submàxima i màxima, i intercalats

amb pauses de recuperació actives i incomplletes. El seu component anaeròbic és molt alt; en els no professionals en un 71,52%, i en els professionals en un 60,52%, del temps de joc, es troba entre les 160-190 p/m.

Per entendre millor aquest esport podem consultar els estudis realitzats sobre esforços intermitents que han posat les bases científiques sobre l'entrenament a intervals (Saltin, Essen i Pedersen, 1976; Fox i Mathews, 1974; Astrand, 1992; Gaitanos, Willians, Boobis i Brooks, 1993). Així, la FC durant la recuperació és un paràmetre fonamental per valorar les càrregues d'entrenament a intervals i la condició cardiovascular (J. Massach, 1992).

Com més desenvolupat està el sistema de mitocondris i els enzims responsables del metabolisme aeròbic, més gran serà la capacitat de recuperació del jugador i la seva resistència al cansament. En les pauses del partit, el jugador ben entrenat en resistència es recupera més ràpidament, i de forma més completa, i tindrà més capacitat per efectuar sortides i també podrà regatejar de forma més enèrgica (M. Moreno, 1998). Els jugadors que tinguin una bona capacitat oxidativa podran resintetitzar la fosfocreatina (PC) més ràpidament, cosa que els permetrà de realitzar un major nombre d'esprints, ja que la PC i la glucòlisi anaeròbica donen al múscul l'energia immediata per fer un esforç màxim. La resíntesi de PC per vies oxidatives té un temps mitjà de 20 segons (A. Blanco i A. Enseñat, 1998).

Els resultats del nostre estudi demostren la gran importància d'una bona recuperació del sistema cardiovascular després dels esforços, cosa que permetrà d'estar preparat més aviat per afrontar nous esforços amb garanties d'èxit.

En la recuperació de la FC en finalitzar la Course-Navette veiem que els professionals obtenen en tots els minuts FC més baixes que no pas els no professionals, i donen diferències estadísticament significatives en el minut 2n i 5è. Aquests valors evidencien una millor i més ràpida recuperació després de l'esforç a favor dels professionals (*taula 3, gràfic 3*).

Taula 3.

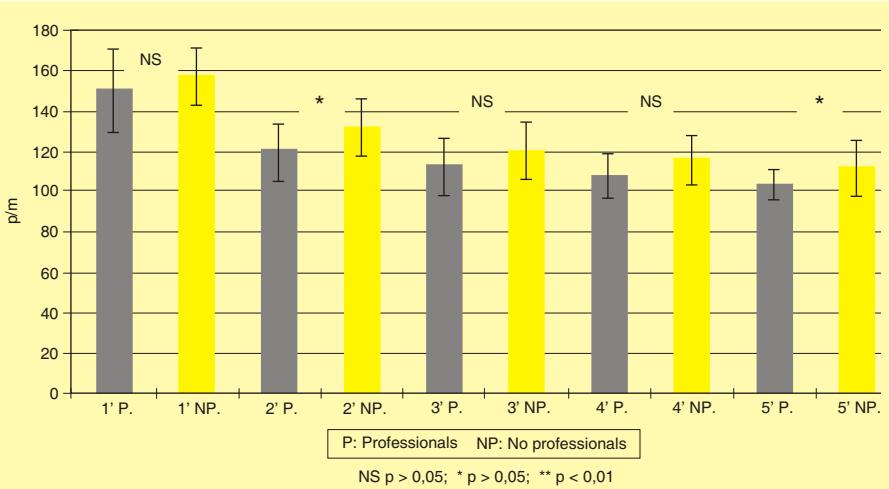
Freqüència cardíaca màxima i la recuperació en els primers 5 minuts després d'acabar la Course-Navette.

MINUT	PROFESSIONAL (p/m)	NO PROFESSIONAL (p/m)	PROBABILITAT
FCM-0	190 6	191 8	0,637
1	149,90 20,33	156,80 13,7	0,267
2	119,00 13,72	131,00 13,7	0,024*
3	112,10 13,63	119,37 14,9	0,182
4	106,90 10,81	115,06 12,6	0,074
5	102,50 07,50	110,8 13,73	0,049*

* p < 0,05 ** p < 0,01.

Gràfic 3.

Recuperació de la Freqüència Cardíaca en els primers 5 minuts després de la Course-Navette.



Lamiel-Luengo (J. Rico, 1997) estableix en 1988 l'IR2, com a l'índex de recuperació, descrit per la caiguda de la FC en el 2n minut postesforç respecte de la relació existent entre la FCM teòrica i la FCM assolida en la prova d'esforç triangular. Aquest paràmetre es considera molt útil per valorar el grau d'entrenament aeròbic dels esportistes.

Els valors obtinguts concorden amb altres estudis realitzats sobre esforços fraccionats, com els de Calderón i cols. (J. Massach, 1992) on conclouen que la FC durant la recuperació constitueix el paràmetre fonamental per valorar les càrregues a intervals i la condició cardiovascular. D'altres autors com Wilmore i Costill, 1994; Gilman, 1996 (F. Rubio i cols., 1993) afirmen que la recuperació de la FC és un bon indicador de la condició física, ja que com millor és la condició física més de pressa es recuperen els valors cardíacs de repòs.

Necessitats metabòliques

Metabolisme aeròbic

La major part de l'energia subministrada per al còmput global dels esforços que es fan en un partit, es produeix pels processos aeròbics, utilitzant el glicogen muscular i hepàtic. Aquesta font d'energia, dependent dels hidrats de carboni, té un paper molt important per garantir un ritme intens durant la competició, però pot exhaurir-se ràpidament:

- Les reserves que en té l'organisme són petites.
- L'exhauriment d'aquestes reserves va acompanyat d'una disminució del ritme de joc.
- Per fer-ne una recuperació completa poden caldre fins a 48 h.

Això pot ser necessari per comprendre:

- Que les reserves de glicogen muscular i hepàtic necessiten estar plenes abans dels partits.
- Retardar tant com sigui possible durant el partit la depleció de les reserves.
- Recuperar les reserves com més aviat millor.

A mesura que transcorre el partit la glicogenòlisi anaeròbica contribuirà en major mesura a la producció d'energia fins que el glicogen intramuscular s'esgoti en determinades parts de la cèl·lula muscular.

Un partit de futbol sala respon a un tipus d'exercici a intervals, basat en esforços fraccionats amb pauses incomplades de recuperació. La potència aeròbica màxima (PAM), a través del consum màxim d'oxigen ($\text{VO}_{2\text{màx}}$), és un dels aspectes més importants de la condició física d'aquests esportistes. Per determinar el perfil aeròbic dels jugadors de futbol sala vam utilitzar la Course-Navette, on vam obtenir els resultats següents (*taula 4*).

Les dades obtingudes a la taula 1 han donat diferències estadísticament significatives en el temps de durada de la prova màxima. Entre tots dos grups els valors mitjans de $\text{VO}_{2\text{màx}}$ han estat de $57,80 \pm 2,53$ ml/kg/min en els professionals i de $54,86 \pm 3,21$ ml/kg/min en els no professionals. Aquests valors presenten una $p = 0,013$, cosa que correspon a una diferència estadísticament significativa.

Els valors de $\text{VO}_{2\text{màx}}$ obtinguts coinciden amb els donats per altres estudis sobre el $\text{VO}_{2\text{màx}}$ en esportistes d'equip com ara futbol (A. Blanco i A. Enseñat, 1998; F. J. Calderón i cols., 1999; F. Treiber i cols., 1989), bàsquet (J. L. Chicharro i A. Fernández, 1995; L. J. Chirosa i cols., 1999), handbol (E. Domínguez, 1987; L. Franco, 1998), hoquei sobre patins (R. Laukanen, 1999; P. Vogelaere i cols., 1985), on el consens estableix que uns valors inferiors als 50 ml/kg/min són deficientes, entre els 50-55 ml/kg/min són normals, 55-60 ml/kg/min, bons i els

superiors als 60 ml/kg/min són excel·lents. Pel que fa als valors precipitats, els $\text{VO}_{2\text{màx}}$ obtinguts pels professionals en el futbol sala es poden considerar com a BONS i com a NORMALS els obtinguts en els no professionals.

L'explicació d'aquests valors ens la dóna Astrand (J. Weineck, 1994) el qual ja va dir que és possible realitzar una important quantitat de treball amb una càrrega de treball summament intensa, amb un impacte relativament baix sobre la circulació i la respiració, tot plegat gràcies a la introducció de breus períodes de treball i repòs adequadament espaiats (micropauses). Aquest concepte fisiològic permet que individus en baixa forma i amb una PAM reduïda puguin realitzar treballs i exercicis pesats, sempre i quan puguin regular els temps de treball i de recuperació, de manera que les càrregues sobre la respiració i la circulació no superin els límits de la seva reduïda capacitat.

Un jugador de futbol sala necessita un $\text{VO}_{2\text{màx}}$ al voltant de 60 ml/kg/min. Pensem que una bona potència aeròbica serà el requisit bàsic per obtenir una alta capacitat de rendiment en el joc. Com millor desenvolupada estigui, de forma més econòmica s'efectuarà la síntesi dels fosfats (ATP, PC), que representen les fonts d'energia més decisives en els exercicis de joc de tipus a intervals. Una alta capacitat aeròbica assegura d'aquesta forma un nivell d'esforç òptim, amb una regeneració, recuperació i no menys important, resistència a l'esforç.

L'alt ritme de joc que es requereix en l'actual futbol sala de competició és impensable sense la corresponent potència aeròbica adequada. Igualment, és determinant en la minimització de les errades tècniques.

Taula 4.

Valors assolits en la Course-Navette.

	TEMPS (min)	RECORREGUTS (20 m)	PERÍODES COMPLETATS	$\text{VO}_{2\text{màx}}$ (ml/kg/min)
PROFESSIONALS	11,62 0,73	114,80 9,15	11,50 0,71	57,80 2,53
NO PROFESSIONALS	10,67 1,10	103,05 13,20	10,42 1,07	54,86 3,21
PROBABILITAT	0,010*	0,010*	0,003**	0,013*

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$.

cotàctiques, ja que amb ella es poden mantenir la concentració i l'atenció durant tot el temps de joc a un nivell constantment alt. En referència al jugador de bàsquet (J. L. Chicharro i A. Fernández, 1995): "per a un jugador de bàsquet, de la mateixa manera que per a altres esports de situació, el seu rendiment no està condicionat per assolir nivells excessivament elevats de VO₂, però sí que és cert, que si un jugador vol mantenir un ritme, una aportació contínua al joc i una cadència regular, cal mantenir durant la temporada valors que no estiguin per sota dels 50 ml/kg/min".

El jugador entrenat en resistència, gràcies a una sortida psicofísica millor, d'una banda està protegit més efectivament davant les lesions i d'una altra efectua menys faltes, ja que a causa del seu constant nivell de força de desplegament i la seva ininterrompuda capacitat coordinativa no té tanta necessitat de recórrer a solucions d'emergència o a efectuar passades arriscades.

Com més ben entrenat estigui un jugador més trigarà a sobrepassar el llindar anaeròbic en una activitat llarga i intensa, amb la consegüent pèrdua de força a causa de l'acidosi. La bibliografia estableix per regla general que el llindar anaeròbic dels esportistes es troba en un 80% de la capacitat de rendiment màxim. Com més alt sigui el llindar anaeròbic, i per tant la resistència aeròbica, més alt serà el ritme mitjà de joc que es podrà mantenir al llarg del partit.

Weinek (J. Zaragoza, 1996), amb referència al jugador de futbol diu que aquest necessita una resistència bàsica adequada, però aquesta no ha de ser comparativament igual que la d'un atleta. Si s'efectua un entrenament massa orientat a la resistència, els músculs adaptaran les seves característiques a aquesta mena d'esforç. Això convertiria el futbolista en un bon corredor però no necessàriament en un bon futbolista.

De la mateixa manera, fins i tot amb més raó, el desenvolupament excessiu de la capacitat de resistència afectarà de forma negativa el jugador de futbol sala en coses tan importants com la velocitat i la força-potència, a causa d'una influència ne-

gativa sobre les fibres de contracció ràpida (blanques), sobretot les FTII, tipus A, essencials en aquest esport.

Una adequada PAM disminuirà el temps de recuperació necessari entre esforços que serà en molts casos el determinant per al resultat.

L'augment de la condició física dels jugadors i la intensitat actual de joc en els partits fa que cada vegada s'allarguin més les seqüències d'esforços encadenats amb intensitats submàximes i màximes, i en conseqüència la tolerància a l'estrés, a la fatiga, i en termes fisiològics, a l'àcid làctic, és cada vegada més determinant.

Metabolisme anaeròbic

La competició es caracteritza per successives accions explosives (acceleracions, desacceleracions, canvis de sentit, copejaments, driblatges, fintes, bloquejos, salts, etc.) on s'utilitza el metabolisme anaeròbic alàctic (potència) "capacitat de produir energia tan de pressa com es pugui", mitjançant la via dels fosfàgens (ATP-PC), cosa que ens aporta energia sense necessitat d'O₂. Probablement, aquest metabolisme és el més important en un partit de futbol sala. La majoria de les accions determinants, que decanten els partits cap a un equip o cap a l'altre, es donen en esforços d'una durada no superior a cinc segons, són realitzats a la major velocitat i intensitat possibles i es realitzen gràcies a la via anaeròbica alàctica (concretament a la potència anaeròbica alàctica). Aquesta via d'obtenció d'energia s'exhaureix ràpidament i triga algun temps a recuperar-se (20 segons com a mitjana a través dels processos oxidatius); per això, els jugadors que si guin capaços de realitzar un major nombre d'esforços sense disminuir considerablement el seu rendiment tindran més possibilitats de resultar determinants per al seu equip a mesura que transcorri el partit.

Per tot el que acabem de dir, el jugador de futbol sala ha de tenir una gran resistència a l'esprint. Això li permetrà de realitzar curses curtes a intensitats màximes amb recuperacions incomplletes, utilitzant la via anaeròbica alàctica i degradant el fosfagen. Això també li permetrà una alta habilitat en la coordinació del gest tècnic

sense disminuir-ne l'eficàcia a mesura que passa el partit. Si no es dóna el temps necessari per a la resíntesi el múscul posarà en funcionament la glucòlisi anaeròbica amb producció d'àcid làctic.

Els canvis d'intensitat repetits, a intervals, requereixen que els jugadors siguin capaços de poder tolerar i eliminar l'acidosi metabòlica produïda durant l'esforç per poder continuar sense disminuir el rendiment. Una bona potència aeròbica els ajudarà resintetitzar més aviat el lactat que s'origina. Aquesta tolerància a la fatiga, al cansament, és un factor molt important en tots els esports on es juga a nivells molt alts d'intensitat.

Avui dia, el jugador de futbol sala ha de desenvolupar el metabolisme anaeròbic làctic, sobretot la potència, i tenir una bona tolerància a nivells mitjans-alts d'àcid làctic.

Cal destacar el gran treball muscular, sobretot excèntric, que es produeix a causa de les màximes desacceleracions que es donen contínuament en un partit i que són les responsables de molts microtraumatismes produïts en la fibra muscular. Per això, s'ha de tenir una gran resistència a la Força Ràpida. Disposar d'un alt percentatge de fibres ràpides i tenir resistència a la fatiga, per poder realitzar accions explosives durant tot el partit.

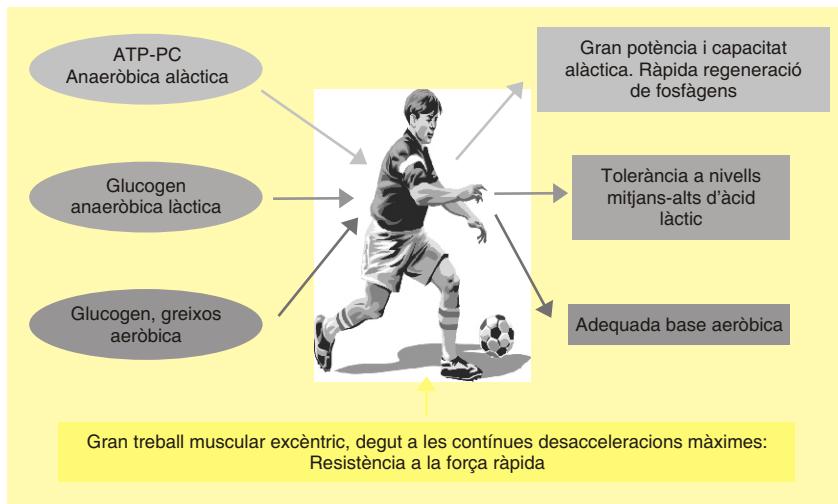
Un millor coneixement tant quantitatius com qualitatius de les demandes fisiològiques que es donen en el futbol sala ens permetrà entre d'altres coses:

- Establir un perfil òptim per a aquest esport.
- Detecció de possibles talents.
- Establir pautes d'entrenament als seus diferents nivells.
- Planificar millor les càrregues d'entrenament tenint en compte les característiques pròpies de cada jugador i les d'aquest esport i no les d'altres modalitats esportives.
- Millorar el rendiment esportiu.

Ara com ara, qualsevol investigació que ens ajudi a conèixer millor la lògica interna o externa pròpia del futbol sala serà de gran ajuda per millorar aquest esport i ajudar-lo a evolucionar.

Gràfic 4.

Prestació intermitent, mixta, que sol·licita les diferents vies energètiques. A causa de la seva elevada intensitat i llarga durada provoca els més als nivells en l'alternaça de les vies anaeròbica alàctica i làctica sobre un fons de la via aeròbica.



Conclusions

- El futbol sala té un component anaeròbic molt elevat i requereix una adaptació cardiovascular entre el 85-90% de la freqüència cardíaca màxima individual atès que en la majoria dels partits s'arriba a assolir la freqüència cardíaca màxima.
- La pràctica del futbol sala requereix un adequat $\text{VO}_{2\text{màx}}$ i una bona capacitat de recuperació.
- El futbol sala utilitza alternativament les diferents vies d'obtenció d'energia (gràfic 4).

Durant els esforços de màxima intensitat i breu durada (tirs, 1x1, sortides de presió, etc.) utilitzarem l'ATP-PC mitjançant la via anaeròbica alàctica o dels FOSFÀGENS.

En els encadenaments d'accions, com ara transicions atac-defensa, contraatacs successius, etc., utilitzarem el GLUCOGEN mitjançant la via anaeròbica làctica GLUCOLISI ANAERÒBICA.

Al llarg del transcurs del partit utilitzarem el GLUCOGEN i els LÍPIDS, mitjançant la via aeròbica o OXIDATIVA.

- El jugador de futbol sala necessita una gran potència i capacitat anaeròbica alàctica i una ràpida regeneració dels

fosfàgens. Ha de ser capaç de tenir una bona tolerància per suportar nivells mitjans-alts d'àcid làctic. Ha de tenir una adequada base aeròbica.

Bibliografia

- Álvarez, J.: *Estudio del perfil cardiovascular y metabólico en jugadores profesionales y amateurs de fútbol sala*, Tesi Doctoral, Universidad de Zaragoza, juliol 2000.
- Álvaro, J.: "La condició biològica del jugador de handbol", *Apunts*, XXVI (1989).
- Astrand, R.: "Fisiología del ejercicio físico", Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1985.
- Blanco, A.; Enseñat, A. i Balagué, N.: "Hockey sobre patines: análisis de la actividad competitiva", *RED* (VII), 3 (1993), pàg. 9-17.
- Blanco, A. i Enseñat, A.: "Hockey sobre patines: el esfuerzo del entrenamiento", *RED* (XIII), 4 (1999), pàg. 31-36.
- Blanco, A. i Enseñat, A.: "Valoración directa de la Potencia Aeróbica Máxima en hockey sobre patines", *RED* (XII), 4 (1998), pàg. 29-33.
- Calderón, Fco. J.; González, C.; Mechota, V. i Brita-Paja, J. L.: "Estudi de la recuperació en tres formes d'esforç intermitent: aeròbic, llindar i anaeròbic", *Apunts*, 55 (1999), pàg. 14-19.
- Chazalón, J.: "Preparación física específica del jugador/a de baloncesto", *RED*, II, 3 (1998), maig-juny, pàg. 17-29.
- Chicharro, J. L. i Fernández, A.: "Fisiología del ejercicio", Madrid: Ed. Médica Panamericana, 1995.
- Chirosa, L. J.; Chirosa, I. i Padial, P.: "Variables que determinan la preparación física en balonmano", *Revisión. RED*, (XIII), 1 (1999), pàg. 16-19.
- Colli, R. i Faina, M.: "Investigación sobre el rendimiento en baloncesto", *RED* (I), 2 (1987), pàg. 3-10.
- Dal Monte, A.; Gallozi, C.; Lupo, S.; Marco, E. i Menchinelli, D.: "Avaluació funcional del jugador de basquet i handbol", *Apunts*, 24 (1987), pàg. 243-251.
- Domínguez, E.: "La estructura energética y condicional del fútbol", *Training fútbol*, decembre, 1987, pàg. 38-54.
- Faina, M.; Gallozi, C.; Lupo, S.; Colli, R. i Martini, C.: "Definition of the physiological profile of the soccer player", *Science and football*, Londres-Nova York, (1998), pàg. 158-163.
- Franco, L.: "Fisiología del baloncesto", *Archivos de Medicina del deporte*, (XV), 68 (1998), pàg. 471-477.
- Gutiérrez J. A.: "Perfil fisiológico del jugador de balonmano de alto rendimiento", *Apunts*, XMV, 163 (1987).
- Laukanen, R. i Virtanen, P.: "Heart rate monitors -state of the art", *J. Sports Sci., Suppl.* 16 (1998), S3-S7.
- Laukanen, R.: "Exercise and heart rate", *Polar Electro Oy*, 1999.
- Leger, L. i Thivierge, M.: "Heart rate monitors: validity, stability and functionality", *Physician and Sports Med.*, 16(5)(1998), pàg. 143-151.
- Massach, J.: "Valoración y control aeróbico-anaeróbico del jugador de fútbol", *Rev. EEE*, 53 (1992), pàg. 38-51.
- Moreno, M.: "Conceptos generales sobre la evolución del juego y su entrenamiento", *Training fútbol*, setembre, 31 (1998), pàg. 8-14.
- Rico, J.: "Evaluaciones fisiológicas en futbolistas", *Archivos de Medicina del Deporte*, (XIV), 62 (1997), pàg. 485-491.
- Rubio, F., Franco, L., Peral, R. i Boqué, M.: "Perfil antropomètric i funcional del jugador d'hoquei sobre patins", *Apunts, Medicina de l'esport*, XXX, 115 (1993), pàg. 23-29.
- Treiber, F.; Musante, L.; Hartdagan, S.; Davis, H.; Levy, M. i Strong, W.: "Validation of a heart rate monitor with children in laboratory and field settings", *Med. Sci Sports Exerc.*, 21 (3) (1989), pàg. 338-342.
- Vogelaere, P.; Balagué, N. i Martínez, N.: "Fútbol: aproximació fisiològica", *Apunts, medicina de l'esport*, XXVII (1985), pàg. 103-106.
- Weineck, J.: "Fútbol total", Barcelona: Ed. Paidotribo, 1994.
- Zaragoza, J.: "Baloncesto: conclusiones para el entrenamiento a partir del análisis de la actividad competitiva", *RED* (X), 2 (1996), pàg. 21-27.