

dossier

VALORACIÓN FUNCIONAL DEL JUGADOR DE HOCKEY SOBRE PATINES

*Ferran A. Rodríguez,
Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Barcelona,
Departamento de Ciencias Médicas,
Instituto Dexeus, ICATME,
Servicio de Medicina del Deporte.*

Resumen

En el presente trabajo se discuten las bases fisiológicas y energéticas necesarias para una valoración funcional genérica y específica del jugador de hockey sobre patines. Asimismo, se presentan las bases metodológicas y protocolos de valoración fisiológica utilizados por el autor, tanto en el laboratorio como en la pista. En este apartado, se proponen algunas pruebas específicas desarrolladas recientemente para la valoración de la capacidad metabólica aeróbica y anaeróbica. También se aportan datos de referencia obtenidos en jugadores de alto nivel de rendimiento.

Introducción

El hockey sobre patines es un deporte de equipo con un alto nivel de exigencia física, técnica y táctica. El alto rendimiento depende, por una parte, de

las capacidades individuales de cada jugador y, por otra, de las capacidades conjuntas y capacidad de interacción de todos los componentes del equipo. Dichos factores o capacidades motrices, que suelen clasificarse en condicionales, coordinativas y cognitivas, son potenciadas al máximo a través de un fenómeno adaptativo complejo denominado entrenamiento. La aplicación sistemática de pruebas de valoración funcional específicas a deportistas de alto rendimiento puede permitir la obtención de una valiosa información sobre aspectos relevantes de su fisiología, condición física y adaptación al entrenamiento (Rodríguez, 1989), entre otros:

- La capacidad funcional y los mecanismos de adaptación fisiológica ante situaciones de solicitación máxima.
- El perfil o modelo de la respuesta funcional que caracteriza la prestación deportiva.
- La especificidad, validez y fiabilidad

de las propias pruebas de valoración funcional.

- La participación de las diferentes vías metabólicas de producción de la energía necesaria para el rendimiento.
 - Las diferencias en la respuesta fisiológica, condicionada por variables biológicas como la edad, el peso, el sexo, etc., que vienen determinadas por los reglamentos de la competición.
 - El establecimiento de elementos objetivos de selección de individuos con capacidades físicas o coordinativas especiales para el alto rendimiento deportivo.
 - La identificación y la medición de aspectos fisiológicos relevantes en el proceso de planificación, programación, realización y control del entrenamiento, la definición de su intensidad, la valoración de los mecanismos y dinámica de la respuesta adaptativa, etc.
- El presente artículo tiene por objetivos:
- 1) considerar las bases fisiológicas y



- condicionales para una valoración funcional genérica y específica del jugador de hockey sobre patines,
- 2) presentar y discutir las bases metodológicas y protocolos utilizados actualmente, tanto en el laboratorio como en la pista, y
 - 3) presentar datos de referencia en jugadores de alto nivel.

Algunos elementos para un modelo condicional y funcional del hockey sobre patines

El esfuerzo específico del hockey sobre patines, según Porta y Mori (1983), viene "caracterizado por la complejidad de los procedimientos técnico-tácticos y su desarrollo continuando a gran velocidad". En consecuencia, consideran que el jugador del hockey debe desarrollar su resistencia como cualidad física condicional básica e indispensable. La resistencia anaeróbica sería necesaria a un nivel máximo, según dichos autores, para: 1) mantener un nivel de juego sostenido durante todo el período competencial, 2) aumentar la cantidad e intensidad del trabajo en los encuentros. La resistencia aeróbica, en un segundo nivel, sería necesaria para: 1) mantener un nivel de juego sostenido durante todo el período competencial, 2) mantener un nivel -ritmo- de juego elevado y constante durante el partido, 3) mejorar su resistencia anaeróbica (sic) retardando la aparición de la fatiga y cortando el tiempo de recuperación necesario, y 4) desarrollar adecuadamente las demás cualidades motrices. Para éste y para Mori (1988), los niveles de demanda de ambas cualidades son claramente inferiores en los porteros.

También desde el punto de vista condicional, Martín (1989) considera la resistencia a la velocidad -capacidad aláctica y láctica (sic)- como de la máxima importancia, junto a la fuerza y la fuerza-resistencia. La resistencia general -capacidad y potencia aeróbica- ocuparía un segundo nivel de importancia, junto a la fuerza máxima. La movilidad articular y la flexibilidad muscular estarían en un tercer nivel. Todos los autores citados coinciden en considerar la resistencia anaeróbica como más necesaria que la resistencia aeróbica.

Cuando intentamos traducir el lenguaje derivado de la terminología propia del campo del entrenamiento -que podríamos llamar condicional- a la específica de la fisiología o la valoración funcional, basada en conceptos de bioenergética, surgen algunas dificultades. En realidad, sería precisa una discusión amplia y documentada para establecer las equivalencias o matizaciones de forma universal. Por otra parte, cuando consideramos dichos elementos de bioenergética, nos encontramos con un enorme vacío en la literatura. Esa carencia, entre otras razones, nos llevó a un grupo de investigadores a unir esfuerzos para recoger y analizar, de forma asociada, datos relativos a las características de las demandas condicionales, funcionales y cinemáticas propias del hockey rodado. Se remite al lector a los trabajos de Hernández, Aguado y Rodríguez et al. (1991) en este mismo número.

El hockey sobre patines es considerado, desde el punto de vista fisiológico-biomecánico, como un deporte aeróbico-anaeróbico alterno (Dal Monte, 1983), en el que se producen demandas alternantes de las tres vías de producción de energía. La intensidad de los esfuerzos característicos de las distin-

tas acciones de juego, incluyendo los desplazamientos -ataques, contraataques, defensa, etc.- suele ser elevada, y alterna con fases de intensidad baja o muy baja. Por otra parte, la duración real de los encuentros, entre 70-90 minutos, exige un nivel considerable de resistencia aeróbica. Esta observación vendría ratificada por el gran volumen de trabajo realizado por los jugadores durante el encuentro, alrededor de 16 km recorridos en un partido internacional de alto nivel, en desplazamientos cortos, de una distancia media de 10 m (Aguado, 1991). La mayor parte de dicha distancia es recorrida a velocidades bajas o medias ($2-6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), si bien las aceleraciones y desaceleraciones continuas hacen difícil la cuantificación, incluso estimativa, de la demanda energética total. Apenas se observan diferencias entre defensas y delanteros ni en volumen ni en intensidades relativas. Es muy probable que el tiempo empleado en las acciones ejecutadas a intensidades inferiores -acciones de apoyo, tiempos muertos, pases estáticos, etc.- permita, en función del nivel de resistencia aeróbica de cada sujeto, recuperar parcialmente la deuda de oxígeno instaurada en las acciones rápidas o intensas. Algunas conclusiones pueden obtenerse de las características fisiológicas de los jugadores de alto nivel -ver más adelante-, si se consideran como indicadores de las demandas adaptativas impuestas por la competición. Siendo un deporte de equipo de duración media (70-90 minutos), los niveles de potencia aeróbica máxima, $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ /peso entre 50 y $62 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, son medios en comparación con otros deportes en general, y elevados si se comparan con otros deportes de equipo (ver Tabla 1). Dichos datos sugie-

dossier

ren que la demanda aeróbica es, además de mantenida, intensa.

Por otra parte, los niveles de ácido láctico que son capaces de producir y acumular en sangre cuando realizan pruebas anaeróbicas lácticas -entre 14 y 19 mmol·l⁻¹ en una prueba de 2.5 minutos de duración media, descrita más adelante- son muy elevados y corresponden a una capacidad glicolítica importante.

A pesar de todo lo comentado, debemos afirmar que un estudio bioenergético adecuado constituye una asignatura pendiente para la investigación fisiológica aplicada al hockey rodado. Datos experimentales obtenidos en la competición, por otra parte difíciles de conseguir, podrían permitirnos conocer mejor las demandas energéticas y fisiológicas, y establecer mejor las características condicionales. Esta información sería de gran interés y aplicabilidad en el campo del control y optimización del entrenamiento, y de la valoración funcional.

A continuación, procederemos a presentar y discutir las bases metodológicas y protocolos utilizados actualmente en la valoración morfológica y funcional del jugador de hockey, tanto en el laboratorio como en la pista, así como resultados obtenidos por jugadores de alto nivel.

Valoración morfológica: cineantropometría

La cineantropometría, rama científica a caballo entre la anatomía funcional y la fisiología, gracias a los estudios con deportistas de alto rendimiento, especialmente olímpicos (Carter, 1984), ha permitido elaborar sistemas de valoración y modelos de referencia de la com-

Tabla 1. VALORES TÍPICOS DE VO₂MAX EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DE DIFERENTES ESPECIALIDADES (ADAPTADO DE NEUMANN, 1990). SE INCLUYEN LOS VALORES TÍPICOS DE JUGADORES DE HOCKEY SOBRE PATINES DE ALTO NIVEL (DATOS PROPIOS).

Deportes de resistencia		Deportes de potencia	
Atletismo (fondo)	75-80	Judo	55-60
Esquí nórdico	75-78	Escríma	45-50
Biatlón	75-78		
Ciclismo de carretera	70-75	Ciclismo de velocidad	
Atletismo (medio fondo)	70-75	(200 m en pista)	55-60
Patinaje sobre hielo	65-72	Atletismo de velocidad	
Carrera de orientación	60-72	(100-200 m)	48-52
Natación	65-70	Salto de longitud	50-55
Remo	65-69	Salto con pértiga	45-50
Ciclismo en pista	65-70	Pruebas combinadas (decatlón)	60-65
Piragüismo	60-68	Combinada nórdica	
Marcha atlética	60-65	(15 km, salto)	60-65
		Halterofilia	40-50
		Lanzamiento (disco, peso)	40-45
Deportes de equipo (juegos)		Lanzamiento de jabalina	45-50
<i>Hockey sobre patines*</i>	50-62*	Esquí de saltos	40-45
Balonmano	55-60		
Hockey sobre hielo	55-60		
Voleibol	55-60	Deportes técnico-acrobáticos	
Fútbol	50-57	Esquí alpino	60-65
Baloncesto	50-55	Patinaje artístico	50-55
Tenis	48-52	Gimnasia	45-50
Tenis de mesa	40-45	Vela	50-55
		Tiro	40-45
Deportes de combate			
Boxeo	60-65		
Lucha	60-65		

* Datos propios (n=55; $\bar{x}=56.2$; $Sx=5.71$; rango=43.1-69.1). Se indica la media ± 1 desviación estándar.

posición corporal, el somatotipo -morfología corporal- y la proporcionalidad. Algunas de estas características son muy específicas de ciertas especie-

lidades deportivas, y no pueden ser observadas en un contexto global de evaluación (Rodríguez, 1989).

Porta y Mori (1983) consideran el in-



terés que pueden tener las características biotipológicas en el estudio del jugador de hockey, e incluso aportan algunos modelos teóricos ideales de dimensiones corporales y somatotipo para las distintas demarcaciones, pero no los sustentan con datos estadísticos o experimentales. De hecho, no conocemos de datos biométricos completos en jugadores de alto nivel publicados en la literatura, excepto los de Martín (1989), referidos a valores medios de talla, peso y envergadura. Por su amplitud, no consideramos oportuno describir aquí el método cineantropométrico que utilizamos para el estudio morfológico del jugador, que comprende la antropometría sistemática, análisis de la composición corporal, cálculo del somatotipo y de la proporcionalidad. Pero ello remitimos al lector al artículo de Ross et al. (1990). En la Tabla 2 presentamos un resumen de las características antropométricas y biotipológicas de jugadores de alto nivel. Dichos datos estadísticos corresponden a jugadores del equipo A.A. Noia*, campeón de Europa (1989), selección preolímpica ADO'92 (1990), selección nacional de España absoluta, campeona del Mundo (1989), y un grupo conjunto de jugadores de élite.

No se trata de un deporte de rendimiento precoz. Observamos que la edad para la alta competición se distribuye en un rango entre 20 y 30 años, con medias de 22-25 años.

Las dimensiones corporales de los jugadores de élite son medias, en comparación con otros deportes (Tabla 2). La talla media de los grupos estudiados, representativos de la élite mundial, es de 174.7 cm. El peso medio

* A.A. Noia-Freixenet (hasta temporada 1989-1990 incluida) Actualmente, A.A. Noia-Ron Negrita.

Tabla 2. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y BIOTIPOLOGÍCAS DE JUGADORES DE hoquei SOBRE PATINES DE ALTO NIVEL (A.A. NOIA, CAMPEÓN DE EUROPA 1989, SELECCIÓN PRE-OLÍMPICA ADO'92 1990, SELECCIÓN NACIONAL DE ESPAÑA ABSOLUTA, CAMPEONA DEL MUNDO 1989, Y UN GRUPO CONJUNTO DE JUGADORES DE ÉLITE)¹.

	A.A. Noia n=8	A.D.O. '92 n=20	Selección España n=9	Grupo élite n=51
Edad, años	23.12 2.5 29-20	22.5 1.6 25-20	25.0 2.45 30-21	22.53 2.68 30-17
Talla, cm	176.4 3.6 180.5-170	174.3 4.7 181-165	176.2 3.9 181.5-170	174.73 4.82 188-164.7
Peso, kg	72.4 7.6 84.5-61.8	71.7 6.7 81-62.8	75.9 4.3 81.7-69	71.12 6.38 85.5-61.2
Grasa² corporal %	6.97 1.20 8.80-5.51	7.66 0.77 9.6-6.72	9.08 1.99 13.6-6.65	7.89 1.67 17.06-5.51
Somatotipo medio³,				
Endo	1.68 0.45 2.23-1.09	2.19 0.28 2.73-1.66	2.37 0.44 3.2-1.7	2.25 0.54 4.33-1.09
Meso	4.82 0.89 6.3-3.1	5.17 1.15 8.03-3.11	6.27 0.58 6.9-5.3	5.03 1.07 8.88-3.11
Ecto	2.48 1.02 4.74-1.14	2.26 0.92 3.83-0.80	1.93 0.54 2.7-1.0	2.49 1.17 7.5-0.24

¹ Se presentan, por orden vertical, la media (\bar{x}), desviación estándar (Sx) y el rango (máx-mín).

² Carter et al., 1982, basado en Yuhasz (algunos valores han sido estimados a partir de la ecuación de Faulkner).

³ Heath y Carter, 1967.

es de 71.12 kg. Las dimensiones de los porteros tienden a ser algo menores. La grasa corporal, estimada mediante la medición de seis pliegues cutáneos, es también media, alrededor de 7.89 % del peso total.

En cuanto al somatotipo, los valores medios reflejan un predominio de las mesomorfia -desarrollo músculo-esquelético relativo-, y un equilibrio entre endomorfia -adiposidad relativa- y ectomorfia -linearidad relativa- (Tabla 2). El somatotipo medio es un mesomórfico equilibrado. La mayor

parte de los somatotipos corresponden a mesomórficos equilibrados, ectomesomórficos y mesoectomórficos. En resumen, podemos afirmar que los mejores jugadores de hockey podrían describirse globalmente como sujetos de dimensiones medias, poco adiposos, y de buen desarrollo muscular. No observamos diferencias claras por demarcaciones, excepto en los porteros, que suelen ser de dimensiones algo menores, aunque la gran variabilidad hace que ésta no deba considerarse como una diferencia normativa.

Valoración funcional: pruebas de laboratorio

Las pruebas ergométricas de laboratorio, acompañadas de medición de parámetros espirométricos -ergoespirometría- constituyen el medio de exploración metabólica básico y más extendido en el campo de la valoración funcional. Se emplean fundamentalmente para medir: 1) el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{max}}$), índice de potencia aeróbica máxima; 2) los umbrales de resistencia aeróbica; 3) la potencia ergométrica máxima (Pmax); y 4) distintos parámetros de eficiencia cardiocirculatoria, respiratoria y metabólica durante el esfuerzo (MacDougall et al., 1982; Dal Monte, 1983; Rodríguez, 1989).

Los ergómetros utilizados para la valoración son el cicloergómetro y la cinta rodante. Aun siendo pruebas que no permiten la especificidad de desplazamiento -hasta el momento no conocemos de ningún ergómetro específico que permita evaluar a un sujeto desplazándose sobre patines-, existe un consenso sobre su adecuación para el estudio de la adaptación cardiorrespiratoria genérica al esfuerzo, siempre que se cumplan ciertas condiciones de estandarización, progresión de la carga, duración de la prueba, etc., que no es el momento de analizar en este artículo (Mellerowicz y Smodlaka, 1981; MacDougall et al., 1982; Dal Monte, 1983; Buchfuhrer et al., 1983; Rodríguez, 1989). Las pruebas más utilizadas son las de tipo continuo, progresivo triangular y máximo, que permiten medir parámetros máximos y a la vez estudiar la transición aeróbico-anaeróbica.

A continuación expondremos las pruebas que hemos utilizado en la va-

loración de jugadores de hockey de alto nivel y algunos de los resultados obtenidos.

Prueba ergoespirométrica máxima progresiva en cicloergómetro

Para la valoración en cicloergómetro hemos utilizado una prueba de valoración genérica, con un protocolo triangular, progresivo y máximo, con cargas de un minuto de duración (Rodríguez, 1985).

Objetivo: Valorar genéricamente la adaptación cardiorrespiratoria y metabólica al esfuerzo máximo progresivo, la potencia aeróbica máxima y la resistencia aeróbica del jugador de hockey sobre patines, a través de un esfuerzo máximo progresivo en cicloergómetro.

Material: Cicloergómetro electromagnético. Electrocardiógrafo y monitor ECG. Ergoespirómetro de circuito abierto con analizadores de O_2 y CO_2 . Instrumental e instalación propios de un laboratorio de ergometría (desfibrilador, material de urgencias, válvulas respiratorias, electrodos, etc.).

Descripción: Despues de la calibración del utilaje, se procede a la colocación de los electrodos CM5 para el control de ECG y de la frecuencia cardíaca y a la colocación de la válvula respiratoria. La prueba consiste en pedalear a una frecuencia de 60-70 rpm hasta el agotamiento. La carga inicial es de 25 w y se incrementa en 25 w cada minuto. Los parámetros espirométricos se registran cada 30 seg. o de forma continua (sistema breath by breath). Para la descripción pormenorizada de la prueba y de los parámetros registrados y analizados -cálculos de los umbrales, interpretación de los parámetros máximos, etc.-, ver Rodríguez (1985 y 1989).

Valoración: No es nuestra intención describir de forma completa en su complejidad la valoración de los datos (ver bibliografía citada), pero sí la resumiremos del siguiente modo:

1. Parámetros electrocardiográficos. El trazado electrocardiográfico (ECG) y la frecuencia cardíaca (FC) son los más relevantes. También el estudio de la tensión arterial (TA) resulta de gran interés durante el esfuerzo. Informan sobre las características clínicas y funcionales de la adaptación cardiovascular al esfuerzo. La curva de FC durante el esfuerzo y la recuperación facilitan información relevante sobre la condición cardiovascular y aeróbica.
2. Parámetros ergoespirométricos. Los más importantes son:
 - Ventilación pulmonar (V_e) y frecuencia respiratoria (Fr), indicadores de la magnitud y frecuencia de la función pulmonar.
 - Consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), que puede ser analizado en función de la carga de trabajo u otros parámetros funcionales -para estudios de eficiencia energética, respiratoria o metabólica-, o bien considerado en su valor máximo ($\dot{V}O_{2\text{max}}$), y en términos absolutos o en relación a la masa corporal como índice de potencia aeróbica.
 - Producción de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$), utilizado como parámetro indicador dinámico de la participación de la glicólisis anaeróbica, y por tanto estimativo del umbral anaeróbico ventilatorio y en cierto modo de la acidosis láctica.
 - Índices derivados de los parámetros anteriores, con el pulso



de oxígeno ($\dot{V}O_2/FC$), el coeficiente aeróbico ($\dot{V}O_2/kg$), el cociente respiratorio ($QR=\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$), el equivalente ventilatorio del oxígeno ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) y del dióxido de carbono ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$), y un amplio etcétera. Analizados de forma conjunta con algunos de los anteriores permiten el cálculo de los umbrales aeróbico (UAe) y anaeróbico (UAn), índices de resistencia aeróbica.

3. Parámetros ergométricos. El más importante es la potencia final (P_{max}), índice de la potencia ergométrica máxima del sujeto. Debe recordarse que dicho parámetro es inespecífico, pero hemos observado una buena relación con características de fuerza-resistencia de extremidades inferiores, fundamentales para el desplazamiento en pista a lo largo de la competición.

En la Tabla 3 presentamos resultados en las pruebas descritas, de un grupo de jugadores de hockey sobre patines de alto nivel. Dichos datos estadísticos corresponden a diez jugadores -ocho de campo y dos porteros- del equipo campeón de la Liga Española y de la Recopa de Europa 1988-89 (A.A. Noia).

Es importante resaltar que la mayor parte de los parámetros exploradores alcanzan los valores óptimos en las fases de la temporada, en la que se efectúan mayores volúmenes de preparación orgánica general y entrenamiento aeróbico -período preparatorio-, y no en el período competitivo. Hemos comprobado una estabilización, e incluso un decremento leve, en algunos de los parámetros más relevantes y en algunos sujetos.

El control evolutivo mediante estas

pruebas tiene los siguientes objetivos principales: 1) establecer el nivel de condición orgánica -según los parámetros y cualidades condicionales descritos- de los distintos jugadores, 2) determinar decrementos importantes en dicho nivel a lo largo de la temporada o eventualmente, u objetivar ciertas mejoras producidas por programas de preparación específicos, y 3) comparar la evolución a lo largo de diferentes temporadas.

Es una observación prácticamente constante que los jugadores que desarrollan un mejor nivel de prestación física durante la competición, se colocan en los niveles más altos de las escalas de referencia en los parámetros descritos y mantienen dicho nivel de forma más estable. Los porteros sue-

len, en cambio, exhibir niveles claramente inferiores de condición orgánica valorada mediante estas pruebas de laboratorio.

Prueba ergoespirométrica máxima progresiva en cinta rodante

Para la valoración en cinta rodante hemos utilizado una prueba de valoración genérica, con un protocolo triangular, progresivo y máximo, con cargas de un minuto de duración y pendiente ligera constante.

Objetivo: Valorar genéricamente la adaptación cardiorrespiratoria y metabólica al esfuerzo máximo progresivo, la potencia aeróbica del jugador de hockey sobre patines, a través de la carrera de intensidad progresiva y máxima en cinta rodante.

Tabla 3. RESULTADOS DE PRUEBAS ERGOESPIROMÉTRICAS EN CICLO-ERGÓMETRO EN JUGADORES DE HOCKEY SOBRE PATINES DE ALTO NIVEL (A. A. NOIA 1988-1989, CAMPEÓN DE LA LIGA ESPAÑOLA Y DE LA RECOPA DE EUROPA).

(n=10)	Media	Sx	Rango
Potencia máxima (P_{max}), w	297.5	24.9	325-250
Frec. cardíaca máxima (FC_{max}), lat·min ⁻¹	188.4	10.0	202-178
Índice ergométrico (P_{max}/pes), w·kg ⁻¹	4.12	0.53	5.11-3.19
Consumo máximo de O_2 ($\dot{V}O_{2max}$), l·min ⁻¹	3.59	0.58	4.39-2.46
$\dot{V}O_{2max}/pes$, ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	49.61	8.84	61.8-37.6
Umbral anaeróbico (UAn), % $\dot{V}O_{2max}$	84.04	4.69	92.5-76.4
Umbral anaeróbico (UAn), w	255.0	23.0	300-225
Eficiencia aeróbica ($\dot{V}O_{2max}/P_{max}$), u.	11.96	1.19	13.5-9.8

dossier

Material: Cinta rodante con motor eléctrico y velocidad regulable (0-25 km/h mínimo) y control de la pendiente (5%). Electrocardiógrafo y monitor ECG. Ergoespirómetro de circuito abierto con analizadores de O₂ y CO₂. Instrumental e instalación propios de un laboratorio de ergometría (desfibrilador, material de urgencias, válvulas respiratorias, electrodos, etc.).

Descripción: Después de la calibración del instrumental se procede a la colocación de los electrodos CM5 para el control ECG y de la frecuencia cardíaca y a la colocación de la válvula respiratoria. La prueba consiste en correr sobre la cinta rodante, con una pendiente constante ligera (5%), a velocidades progresivamente mayores hasta el agotamiento. Después de un breve periodo de adaptación al ergómetro y explicaciones sobre la prueba, ésta se inicia a la velocidad de 8 km/h durante 4 minutos. A continuación se incrementa la velocidad en 2 km/h cada minuto, hasta el agotamiento. Los parámetros espirométricos se registran cada 30 seg. o de forma continua (sistemas breath by breath).

Valoración: La valoración es muy similar a la descrita en el apartado anterior para pruebas en cicloergómetro, excepto la potencia máxima (Pmax). Ésta resulta de cálculo muy complejo en la cinta rodante. En consecuencia, la velocidad final, expresada en km/h, es considerada como índice de potencia ergométrica máxima. En cualquier caso, el resto de parámetros -cardiocirculatorios y ergoespirométricos- son considerados como los de mayor relevancia. En la comparación absoluta de estos resultados debe tenerse en cuenta la pendiente utilizada.

Una observación importante es que los valores ergoespirométricos máxi-

mos son alrededor de un 12-15% superiores a los registrados en las pruebas en cicloergómetro (ver Tablas 3 y 4), coincidiendo con la mayor parte de datos de la literatura especializada para la mayoría de los deportes, excepto ciclismo (MacDougall et al., 1982; Dal Monte, 1983). Las causas probables son: 1) una mayor masa muscular activa en el esfuerzo durante la carrera, 2) una mayor similitud

biomecánica entre carrera y patinaje, y 3) una mayor fatiga local en el pedaleo por el uso de grupos musculares menores y poco específicos. Esta circunstancia nos llevó en su momento a preferir las pruebas en cinta rodante en la valoración de los jugadores de hockey sobre patines.

En la Tabla 4 presentamos resultados en las pruebas descritas de varios grupos de jugadores de hockey sobre pa-

Tabla 4. RESULTADOS DE PRUEBAS ERGOESPIROMÉTRICAS EN CINTA RODANTE EN JUGADORES DE HOCKEY SOBRE PATINES DE ALTO NIVEL (A.A. NOIA, CAMPEÓN DE LA SUPERCPA DE EUROPA 1989-1990; SELECCIÓN PREOLÍMPICA ADO'92, 1990; SELECCIÓN NACIONAL DE ESPAÑA ABSOLUTA, CAMPEONA DEL MUNDO 1989).*

	A.A.Noia n=8	A.D.O.'92 n=20	Selección España n=8
Carga máxima (5% inc.) (V _{max}), km·h ⁻¹	16.2 1.5 18-14	17.5 1.2 20-16	17.75 1.2 20-16
Frec. cardíaca máxima (FC _{max}), lat·min ⁻¹	183.2 4.7 189-175	191.2 6.7 202-180	187.3 5.5 198-180
Consumo máximo de O₂ (VO _{2max}), l·min ⁻¹	4.20 0.33 4.66-3.79	3.96 0.42 4.62-3.22	4.13 0.27 4.55-3.78
VO_{2max/pes,} ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	58.43 6.13 69.1-45.9	55.47 4.83 62.5-43.1	54.93 3.52 59.5-50.5
Umbral aeróbico (UAe), % VO _{2max}	66.24 3.50 75.0-58.2	63.45 5.83 74.6-52.1	64.32 5.70 74.6-53.9
FC umbral aeróbico (FCU Ae), lat·min ⁻¹	152.2 4.58 160-145	153.4 8.0 163-135	151.2 7.85 163-135
Umbral anaeróbico (UAn), % VO _{2max}	90.13 3.23 94.8-83.6	86.08 5.97 98.4-74.2	86.54 5.28 95.7-77.9
FC umbral anaeróbico (FCU Ae), lat·min ⁻¹	176.0 4.66 182-167	177.8 9.1 191-156	174.5 9.67 191-156

* Se presentan, por orden vertical, la media (\bar{x}), desviación estándar (Sx) y el rango (máx-mín).



tines de alto nivel. Dichos datos estadísticos corresponden a jugadores del equipo campeón de la Supercopa de Europa 1989-1990 (A.A. Noia), selección preolímpica 1990 (ADO'92) y selección nacional de España absoluta, campeona del Mundo 1989.

La potencia aeróbica máxima de los jugadores de élite es considerable. Los valores medios de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ relativo al peso, entre 43.1 y 69.1 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($n=55$; $\bar{x}=56.2$; $Sx=5.71$) son comparables, con ventaja, con la mayoría de los deportes de equipo -ba-loncesto, fútbol, hockey sobre hielo, etc.-, e incluso a los de algunos deportes individuales (ver Tabla 1). Los valores más bajos observados corresponden a los porteros, y suelen ser un 15-20% inferiores a los de los jugadores de campo.

Valoración funcional: pruebas de campo

El esfuerzo tecnológico que ha caracterizado la valoración funcional clásica de laboratorio, basada en la ergometría, no es el único puesto en juego para alcanzar el objetivo deseable de la especificidad en la valoración del gesto deportivo, e incluso quizás no haya sido el más efectivo en el caso concreto del hockey rodado. Otro gran campo de investigación y aplicación son las llamadas pruebas de campo. Consisten en utilizar el registro de parámetros fisiológicos y funcionales durante el esfuerzo en el propio terreno deportivo con el fin de obtener información sobre la capacidad funcional de los deportistas o sobre la participación de las diferentes vías metabólicas. Tal como veremos, la utilización de sistemas basados en la determinación de la lactacidemia -concentración sanguínea de

lactato-, o en el registro de la frecuencia cardíaca en función de la velocidad de desplazamiento o la ejecución de acciones motrices específicas, han dado algunos resultados prometedores en la valoración funcional del jugador de hockey sobre ruedas.

Prueba de valoración de la resistencia anaeróbica láctica específica (Rodríguez y Martín, 1988)

Se trata de una prueba basada en un test deportivo-motor desarrollado por Martín en 1986, publicada algo más tarde (Martín, 1989) y adaptada mediante el registro y análisis de datos fisiológicos. Consiste en la ejecución de una serie de acciones motrices analíticas que solicitan grupos musculares específicos del hockey, encadenadas mediante desplazamientos sobre patines en ambos sentidos y realizados en el menor tiempo posible sobre un circuito (Figura 1).

Objetivo: Valorar la potencia anaeróbica láctica del jugador de hockey

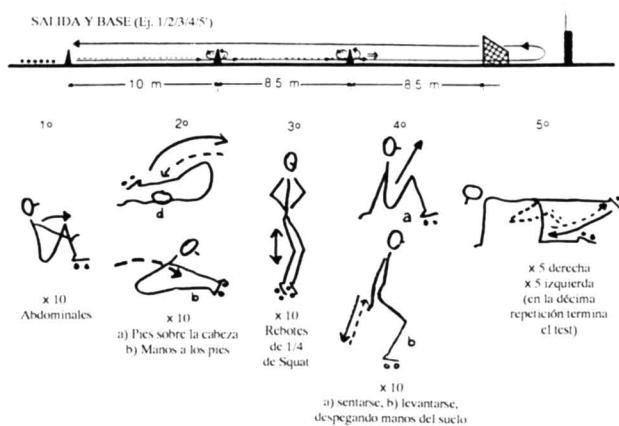
sobre patines, estimada a través de la realización de acciones y ejercicios analíticos específicos en el terreno de juego.

Dada la duración de la prueba, no debe desdeñarse la participación de las otras dos vías - la aláctica y la aeróbica-, además de la intervención de otros factores tales como la velocidad, coordinación, etc., por lo que la valoración de la prueba debe efectuarse conjuntamente y en el contexto de las demás pruebas funcionales y deportivo-motrices.

Terreno: Pista de hockey sobre patines o polideportiva. Debe tenerse en cuenta la variedad de superficies en la comparación de resultados.

Material: Elementos de un terreno de juego (porterías, marcaje del área, etc.). Cinta métrica. Cinta adhesiva ancha. Tres conos. Cinco bolas, sticks y equipo de juego completo. Cronómetro. Cardiotacómetro (Sport-Tester o similar). Material de toma de muestra y análisis de lactato sanguíneo.

Figura 1. ESQUEMA DE LA PRUEBA (TOMADO DE MARTÍN, 1989).



Descripción: Para la prueba se disponen tres conos en línea recta, desde el centro de la portería pasando por el centro del campo (ver Figura 1). Los jugadores efectúan, antes de comenzar la prueba, un calentamiento convencional completo de 30 minutos como mínimo. A continuación, y después de un descanso suficiente -hasta que la frecuencia cardíaca sea inferior a 70 lat/min-, se procede a la colocación de un cardiotacómetro (Sport-Tester o similar) sobre el tórax del jugador y a la obtención de una muestra de sangre capilar del lóbulo de su oreja.

El jugador parte desde el cono más alejado de la portería patinando a la máxima velocidad y conduciendo la bola. Al llegar al segundo y primer cono efectúa una vuelta completa sobre el mismo sin perder el control de la bola. A la salida de este último cono, y sin pisar el área, dispara a puerta y continúa el desplazamiento por el lado derecho de la portería. Una vez superada ésta, el jugador regresa al punto de partida -primer cono- patinando de espaldas a la máxima velocidad. Al llegar a este cono realiza el primero de los ejercicios analíticos señalados en la Figura 1. Finalizadas las 10 repeticiones del ejercicio, vuelve a iniciar el ciclo hasta llegar a la base, donde realiza el segundo de los ejercicios, y así sucesivamente hasta completar los cinco ejercicios.

Parámetros registrados: Durante toda la prueba se registra la frecuencia cardíaca (FC), cada 5 segundos. Dicho registro se mantiene durante 3 minutos al final de la prueba. Se toman muestras para análisis de lactato en los minutos 1,3,5,7,10 y 12 durante la recuperación.

Valoración: Los parámetros que se valoran son los siguientes:

- El tiempo (t) empleado en completar la prueba. Es un indicador de la potencia máxima específica desarrollada en las condiciones de la prueba.
- La curva de frecuencia cardíaca (FC) durante el esfuerzo. Indica la maximalidad de la prueba y la adaptación cardíaca al esfuerzo.
- La curva de frecuencia cardíaca (FC) durante los primeros minutos de la recuperación. Indica las características de la recuperación cardíaca.
- La concentración máxima de lactato en la sangre (Lac_{max}) después de la prueba. Indica la activación de la vía metabólica láctica durante la prueba.
- El denominado "índice de resistencia láctica" (IRL), que se calcula según el producto:

$$IRL \text{ (mmol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} = Lac_{max} \cdot t^{-1}$$

El IRL es valorado como indicador de la resistencia anaeróbica láctica específica, ya que revela la intensidad de la participación de la vía anaeróbica láctica en función del trabajo desarrollado -se asume como constante- y del tiempo empleado (>2 min.).

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la prueba en un equipo de hockey de alto nivel (A.A. Noia). En dicha tabla se observa la evolución de tres de los parámetros más importantes a lo largo de dos temporadas (1988-89 y 1989-90), constatándose: 1) una clara reducción del tiempo empleado en el test, 2) un aumento de la concentración máxima de lactato (Lac_{max}), y 3) un aumento del índice de resistencia láctica (IRL). Dicha evolución nos sugiere globalmente una mejora de la condición física específica, a expensas, fundamentalmente, de un incremento de la resistencia

anaeróbica láctica media del grupo.

Prueba máxima progresiva de valoración de la potencia y la resistencia aeróbica

(Rodríguez, Martín y Hernández, 1991).

Se trata de una prueba máxima progresiva basada en la carrera de ida y vuelta o course-navette (Léger y Lambert, 1982), adoptada por el Consejo de Europa como prueba de resistencia aeróbica dentro de la batería Eurofit (Consejo de Europa, 1987). Dicha prueba ha sido modificada y adaptada al patinaje, así como correlacionada con parámetros ergoespirométricos y metabólicos de laboratorio.

Objetivo: Valorar la condición aeróbica global -potencia y resistencia aeróbica- del jugador de hockey sobre patines, estimada a través de un esfuerzo progresivo, máximo y específico sobre patines.

Terreno: Pista de hockey sobre patines o polideportiva. Debe tenerse en cuenta la variedad de superficies en la comparación de resultados. Para la prueba se marcan con cinta adhesiva calles de 20 m. de largo y 3 de ancho, con un cono en cada extremo como marcaje adicional (ver Figura 2).

Material: Cinta métrica. Cinta adhesiva ancha. Cuatro conos. Cronómetro. Cardiotacómetro (Sport-Tester o similar). Material de toma de muestra y análisis de lactato sanguíneo. Magnetófono y cinta grabada. Las velocidades de desplazamiento se establecen con la ayuda de señales sonoras emitidas por un aparato magnetofónico a cassette convencional de potencia suficiente. La cinta utilizada, además de instrucciones generales sobre la prueba, emite sonidos a intervalos regula-



Tabla 5. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE VALORACIÓN DE LA POTENCIA ANAERÓBICA LÁCTICA EN JUGADORES DE HOCKEY DE ALTO NIVEL A LO LARGO DE DOS TEMPORADAS (A.A. NOIA, CAMPEÓN DE EUROPA 1988-1989, CAMPEÓN DE LA SUPERCOPA DE EUROPA 1989-90).

Fecha	n	Tiempo	Lac _{max}	Indice láctico (IRL)*
		s	mmol·l ⁻¹	mmol·l ⁻¹ ·min ⁻¹
estad.				
1/89	7			
x		153.79	13.21	5.16
ds		7.84	1.87	0.70
max		166.67	16.26	6.08
min		139.92	10.85	4.39
4/89	7			
x		147.74	13.60	5.52
ds		2.64	2.71	1.07
max		151.50	17.45	7.07
min		143.20	10.24	4.07
10/89	7			
x		145.11	15.00	6.20
ds		4.64	1.54	0.59
max		152.00	16.27	6.76
min		138.40	11.95	5.00
3/90	6			
x		139.42	16.10	6.93
ds		3.12	1.61	0.69
max		144.61	19.31	8.19
min		134.67	14.06	6.13

* IRL (mmol·l⁻¹·min⁻¹)=Lac_{max}·t⁻¹

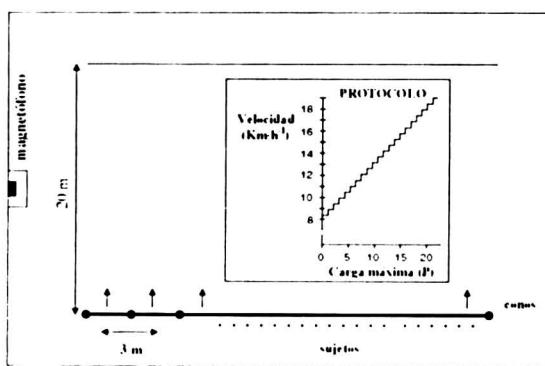
res, que coinciden con los tiempos necesarios para recorrer la distancia de 20 m. a una velocidad inicial de 8.5 km·h⁻¹, y que se incrementan en 0.5 km·h⁻¹ en cada carga o palier de un minuto de duración.

Descripción: Los jugadores efectúan, antes de comenzar la prueba, un calentamiento convencional completo de 30 minutos como mínimo. A continuación, y después de un descanso suficiente -hasta que la frecuencia cardíaca es inferior a 70 lat/min-, se procede a la colocación de un cardiotacómetro sobre el tórax del jugador y a la obtención de una muestra de sangre capilar del lóbulo de su oreja.

El jugador parte de un extremo de la calle marcada y debe patinar durante el máximo tiempo posible, en doble sentido de ida y vuelta, sobre un trazado de 20 metros. La velocidad viene marcada por las señales sonoras y aumenta progresivamente en cada carga o palier de un minuto de duración. El jugador debe alcanzar cada uno de los extremos del trazado coincidiendo con cada una de dichas señales. La velocidad se incrementa progresivamente a intervalos de un minuto.

El objetivo del jugador es completar el mayor número posible de períodos de un minuto coincidiendo con la señal sonora. El jugador debe, en consecuencia, acelerar y frenar alternativamente hasta alcanzar la línea que marca cada extremo del trazado, virando en dicho punto para repetir el ciclo. La prueba finaliza en el momento en que el jugador no puede seguir el ritmo impuesto, es decir, cuando llega a un extremo del trazado después de la señal sonora correspondiente a una carga o palier determina-

Figura 2. ESQUEMA DE LA PRUEBA (MODIFICADO DE LÉGER Y LAMBERT, 1981).



do. En ese momento se anota el número de períodos completos cubiertos y su fracción por mitad, siendo éste el resultado de la prueba (P). La duración de la prueba es distinta según la capacidad de los jugadores.

En la ejecución de la prueba se exigen los siguientes requisitos: 1) el desplazamiento debe ser mediante impulsos alternativos -desplazamiento lateral-, evitando al máximo el deslizamiento no propulsivo, y con apoyos de tacos de frenado restringido a la aceleración inicial -máximo de tres por carga-; 2) los virajes se realizan mediante frenando sobre la línea o sobrepasándola y en ningún caso con giro o vuelta; 3) la prueba se realiza sin stick.

Parámetros registrados: Durante toda la prueba se registra la frecuencia cardíaca (FC), cada 5 segundos. Dicho registro se mantiene durante 3 minutos al final de la prueba. Se toman muestras para análisis de lactato en los minutos 1,3,5,7,10 y 12 durante la recuperación.

Valoración: Los parámetros que se valoran son los siguientes:

- El último período o palier (P) en que es capaz de seguir el ritmo impuesto. Es un parámetro indicador de la condición aeróbica específica -resistencia aeróbica y potencia aeróbica máxima-, que permite la predicción del $\dot{V}O_{2\text{max}}$ y del umbral anaeróbico (Rodríguez et al., 1991).
- La curva de frecuencia cardíaca (FC) durante el esfuerzo. Indica la maximalidad de la prueba y la adaptación cardíaca al esfuerzo.
- La curva de frecuencia cardíaca (FC) durante los primeros minutos de la recuperación. Indica las características de la recuperación cardíaca.
- La concentración máxima de lactato

en sangre (Lac_{max}) después de la prueba. Estima la activación de la vía metabólica láctica durante la prueba.

- El denominado "índice láctico en prueba progresiva" (ILP), que se calcula según el producto:

$$\text{ILP}(\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = Lac_{\text{max}} \cdot P^{-1}$$

El ILP permite ponderar la participación de la vía anaeróbica láctica, y se valora como un índice secundario de resistencia anaeróbica láctica.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la prueba en un equipo de hockey de alto nivel (selección nacional de España absoluta, subcampeona de Europa 1990).

La prueba descrita puede considerarse específica desde un doble punto de vista. Por una parte, el desplazamiento se realiza sobre patines y sobre la superficie habitual de juego. Por otra, los desplazamientos exigen la ejecución cíclica de las siguientes fases: aceleración sobre tacos, aceleración por deslizamiento propulsivo, desaceleración, frenado y cambio de sentido. Dicho patrón puede considerarse característico de las acciones de juego en hockey sobre patines. La progresión en cargas de un minuto de duración permite la gradación de la carga de trabajo hasta niveles de intensidad máxima. Para una discusión más amplia, ver Rodríguez et al., 1991.

Conclusiones

La valoración funcional debe, en nuestra opinión, formar parte del proceso de la preparación física del jugador de hockey sobre patines. La realización de una batería de pruebas

escogidas y planificadas teniendo en cuenta la propia planificación de la temporada y las necesidades del preparador físico y del entrenador, puede aportar información relevante para determinar la dirección del entrenamiento, la intensidad de las cargas, la selección de jugadores en función de su nivel y condición orgánica y la eficacia de programas de preparación específicos.

Las pruebas pueden ser genéricas o específicas, de laboratorio o de campo, pero todas aportan información relevante para la consecución de algunos o todos los objetivos descritos. Las pruebas de campo, al recoger datos fisiológicos combinados con los de rendimiento motor, resultan muy prometedoras por su mayor especificidad.

Es preciso desarrollar más estudios de investigación sobre la demanda energética del hockey rodado y sobre los métodos de valoración funcional específica.

Agradecimientos

A Rafael Martín Acero, preparador físico del A.A. Noia y ex-preparador físico de la Selección Nacional, colaborador en la mayor parte de mi trabajo en el hockey.

Al Dr. Jordi Tapiolas y la enfermera Roser Alberas, mi esposa, compañeros en el A.A. Noia y en el Instituto Dexeus.

Al profesor Javier Hernández Vázquez, compañero del INEFC y actual preparador físico de la Selección Nacional.

A los compañeros del C.A.R., Dres. Victòria Pons, Piero Galilea, Franck Drobnić, Joan Riera, Marta



Tuda y la enfermera Montse Banquells.

Al entrenador Ciscu Prats y al Seleccionador Nacional Carles Trullols.

A todos los jugadores del A.A. Noia, de la Selección Nacional y del ADO'92, protagonistas y destinatarios de este trabajo.

Tabla 6. RESULTADOS EN LA PRUEBA MÁXIMA PROGRESIVA EN PISTA SOBRE PATINES (SELECCIÓN PREOLÍMPICA ADO'92, 1989 ; SELECCIÓN NACIONAL DE ESPAÑA ABSOLUTA, SUBCAMPEONA DE EUROPA 1990).

	ADO'92 **	Selección España n=9
Carga máxima (P), min	14.24 1.36 16-11.5	14.61 0.61 15.5-13.5
Lactatemia máxima (Lac_{max}), mmol·l⁻¹	12.13 1.99 15.23-8.76	12.72 2.11 14.66-8.54
Frec. cardíaca máxima, lat·min⁻¹	194.77 4.26 202-187	195.20 5.11 206-187
Índice láctico* (ILP) mmol·l⁻¹·min⁻¹	0.86 0.14 1.07-0.62	0.87 0.15 1.02-0.61

* ILP (mmol·l⁻¹·min⁻¹) = Lac_{max} · P⁻¹

** Se presentan, por orden vertical, la media (\bar{x}), desviación estándar (S_x) y el rango (máx-mín).

BIBLIOGRAFÍA

- BUCHFUHRER, J., HANSEN, J.E., ROBINSON, T.E., SUE, D.Y., WASSERMAN, K., WHIPP, B.J., "Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment", *J. Appl. Physiol.*, 55, 1983, pp.1555-1564.
- CARTER, J.E.L. (Ed.), "Physical structure of Olympic athletes. Part II: Kinanthropometry of Olympic athlete", *Medicine & Sport*, vol. 18. Karger, Bases, 1984.
- COUNCIL OF EUROPE, *EUROFIT. European test of physical education*. Council Of Europe, Committee for the Development of Sport, 1987.
- DAL MONTE, A., *La valutazione funzionale dell'atleta*. Sansoni Editori Nuova, Florencia, 1983.
- LÉGER, L., LAMBERT, J., "A maximal 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ", *Eur. j. Appl. Physiol.*, 49 1982, pp.1-12.
- MacDOUGALL, J.D., WENGER, H.A., GREEN, H.J. (eds.) *Physiological Testing of the Elite Athlete*. The Canadian Association of Sports Sciences, Sport Medicine Council of Canada, 1982.
- MARTÍN, R., "Batería de tests para la evaluación y control de la condición física de jugadores de élite de hockey sobre patines", *RED, Revista de Entrenamiento Deportivo*, 3 (2), 1989, pp. 24-34.
- MELLEROWICZ, H., SMODLAKA, V.N., *Ergometry. Basics of medical exercise testing*. Urban & Schwarzbeg, Munich, 1981.
- MORI, I., *El portero de hockey. Técnica, táctica y preparación física específica*. Federación Española de Patinaje, Federación de Patinaje del Principado de Asturias, Caja de Ahorros de Asturias, Oviedo, 1988.
- PORTA, J., MORI, I., *Hockey total*. Ayuntamiento de Oviedo, Oviedo, 1987.
- RODRÍGUEZ, F.A., *Umbral anaeróbico y entrenamiento*. Actas del I Congreso Internacional de Ciencias Aplicadas al Deporte, I Congreso FEMEDE, Palma de Mallorca, 1985. Archivos de Medicina del Deporte, Pamplona, 1987, pp. 9-38.
- RODRÍGUEZ, F.A., MARTÍN, R., *Desarrollo de una prueba de valoración de la potencia anaeróbica láctica específica en jugadores de hockey sobre patines*. Informe de investigación no publicado, 1988.
- RODRÍGUEZ, F.A. "Fisiología, valoración funcional y deporte de alto rendimiento", *Apunts. Educació Física i Esports*, 15, pp. 48-56, 1989.
- RODRÍGUEZ, F.A., MARTÍN, R., HERNÁNDEZ, J., "Prueba máxima progresiva en pista para valoración de la condición aeróbica en hockey sobre patines", *Apunts. Educació Física i Esports*, 23, 1991.
- ROSS, W.D., DE ROSE, E.H., WARD, R., "Antropometría aplicada a la medicina del deporte". En DIRIX, A., KNUTTGEN, H.G., TITTEL, K., *Libro Olímpico de la Medicina Deportiva*. C.I.O., F.I.M.S. Doyma, Barcelona, 1990.