

Valoració telemètrica d'un test progressiu i màxim en pista en jugadors d'hoquei sobre patins

Valoración telemétrica de un test progresivo y máximo en pista en jugadores de hockey sobre patines

A. Blanco*; A. Enseñat**; N. Balagué***.

* Departament de Rendiment Esportiu. INEFC Lleida.

** Departament de Ciències Aplicades. INEFC Lleida.

*** Departament de Ciències Biomèdiques. INRFC Barcelona.

RESUM

L'objectiu de l'estudi ha estat enregistrat directament les modificacions de la ventilació, consum d'oxigen (VO_2), eficiència energètica, lactat hemàtic i freqüència cardíaca durant una prova de patinatge. Quinze jugadors amateurs d'hoquei sobre patins han realitzat un test progressiu i màxim, en recorreguts d'anada i tornada sobre una distància de 20 m. La càrrega màxima aconseguida ha estat de $12,78 \pm 0,69$ paliers. Els valors de les variables analitzades mostren un increment progressiu amb l'augment de la velocitat, i assoleixen màxims de $124,92 \pm 22,79$ l/min, $50,46 \pm 4,36$ ml/kg min, $3,50 \pm 0,30$ ml/kg m, $9,23 \pm 1,04$ mmols/l i $197,73 \pm 6,98$ pul/min. Els valors mitjans de VO_2 de cada palier són inferiors (10 ml/kg min.) als obtinguts en la mateixa prova en cursa a peu. Els valors màxims aconseguits són una mica inferiors als mostrats per jugadors d'hoquei sobre patins en tests ergoespiromètrics màxims de laboratori. Es conclou que el test és útil per valorar la potència aeròbica màxima, que pot ser avaluada a partir d'una equació de regressió.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio ha sido registrar directamente las modificaciones de la ventilación, consumo de oxígeno (VO_2), eficiencia energética, lactato hemático y frecuencia cardíaca durante una prueba de patinaje. Quince jugadores amateurs de hockey sobre patines han realizado un test progresivo y máximo, en recorridos de ida y vuelta sobre una distancia de 20 m. La carga máxima alcanzada ha sido de $12,78 \pm 0,69$ paliers. Los valores de las variables analizadas muestran un incremento progresivo con el aumento de la velocidad, alcanzando máximos de $124,92 \pm 22,79$ l/min, $50,46 \pm 4,36$ ml/kg min, $3,50 \pm 0,30$ ml/kg m, $9,23 \pm 1,04$ mmols/l y $197,73 \pm 6,98$ pul/min. Los valores medios de VO_2 de cada palier son inferiores (10 ml/kg min.) a los obtenidos en la misma prueba en carrera a pie. Los valores máximos alcanzados son ligeramente inferiores a los mostrados por jugadores de hockey sobre patines en tests ergoespirométricos máximos de laboratorio. Se concluye que el test es útil para valorar la potencia aeróbica máxima, que puede ser estimada a partir de una ecuación de regresión.

Introducció

Els Tests Progressius en Course-Navette (TPCN) són proves de camp que evaluen indirectament el consum màxim d'oxigen (VO_2 màx.). Per fer-ho, utilitzen els mateixos principis que les proves progressives indirectes sobre tapis rodant. La seva administració col·lectiva, el progressiu desenvolupament i les nombroses dades que es tenen han

Introducción

Los Tests Progresivos en Course-Navette ("TPCN") son pruebas de campo que evalúan indirectamente el consumo máximo de oxígeno (VO_2 màx.). Para ello, utilizan los mismos principios que las pruebas progresivas indirectas sobre tapiz rodante. Su administración colectiva, su progresivo desarrollo y los numerosos datos que sobre ellas

contribuït a la seva estesa utilització actual, des del seu origen al Canadà, a nombrosos països (Léger, Cazorla i Marini, 1984).

Basades en un principi comú, el seu protocol consisteix a córrer, en sentit d'anada i tornada, el màxim temps possible respectant una velocitat progressiva, imposada a través de senyals sonors emesos per un casset. La intensitat i la durada de l'esforç estan limitats, principalment, pel metabolisme aeròbic. El VO_2 màx. es prediu, indirectament, atribuint a l'últim palier el cost energètic mitjà de la velocitat aconseguida.

Els resultats, però, es poden veure afectats lleugerament per la capacitat anaeròbica, la motivació i el rendiment mecànic. També el canvi de sentit i de ritme al final de cada recorregut influeixen en una subestimació del VO_2 màx. respecte al que es podria obtenir corrent en una pista atlètica.

Aquesta mena de proves es poden realitzar seguint diferents protocols: en paliers d'1 ó 2 min. (Léger, 1981; Léger i Lambert, 1982) o bé en forma de desplaçament continu sobre pistes de 200, 300 ó 400 m de llargada (Léger i Boucher, 1980).

Desplaçant-se sobre patins, Rodríguez, Martín i Hernández (1991) han proposat una prova progressiva, màxima, de tipus triangular, basada en la creada per Léger i Lambert (1982), que pot ser emprada per valorar la potència i resistència aeròbiques en el patinatge sobre rodes. El seu protocol ha estat modificat i adaptat a condicions més específiques, semblants a les que són habituals en la pràctica esportiva dels patinadors i els jugadors d'hoquei sobre patins.

L'avantatge més important d'aquesta prova és la possibilitat de realitzar-la al terreny esportiu mateix, sense que l'esportista hagi de desplaçar-se al laboratori per fer-la. Per tant, es pot considerar com una prova de camp de valoració de la condició física específica.

Fins ara, aquesta prova solament havia estat correlacionada amb tests ergoespiromètric de laboratori, corrent en tapís rodant o pedalant en cicloergòmetre, i no es coneixien valors directes de les variables ergoespiromètriques obtingudes durant la prova.

La utilització d'un analitzador de gasos portàtil ha permès, no fa gaire, enregistrar i estudiar les variables espiromètriques durant la pràctica esportiva en el terreny de joc, en diferents especialitats esportives (futbol: Faina, Colli, Marini i Evangelista, 1990; voleibol: Conclu, Marcello, Rocchitta, Ciuti i Exposito, 1992; vela: Gallozzi, de Angelis, Fanton i Dal Monte, 1992; tennis de taula: Faccini, Faina, Scarpelli i Dal Monte, 1989). Tanmateix, la metodologia citada no s'ha aplicat a l'estudi d'aquesta prova en jugadors d'hoquei sobre patins.

Per això, aquest estudi presenta com a objectius:

1. Estudiar i comparar la modificació de variables ventilatòries (ventilació [VE]), metabòliques (con

se poseen han contribuido a su extendida utilización actual, desde su origen en Canadá, a numerosos países (Léger, Cazorla y Marini, 1984).

Basadas en un principio común, su protocolo consiste en correr, en sentido de ida y vuelta, el máximo tiempo posible respetando una velocidad progresiva, impuesta mediante señales sonoras emitidas por un cassette. La intensidad y duración del esfuerzo está limitada, principalmente, por el metabolismo aeróbico. El VO_2 máx. se predice, indirectamente, atribuyendo al último palier el coste energético medio de la velocidad alcanzada.

Los resultados, sin embargo, pueden verse afectados ligeramente por la capacidad anaeróbica, la motivación y el rendimiento mecánico. También el cambio de sentido y de ritmo al final de cada recorrido, influyen en una subestimación del VO_2 máx. con respecto al posible de obtener corriendo en una pista atlética.

Este tipo de pruebas pueden realizarse siguiendo distintos protocolos: en paliers de 1 ó 2 min. (Léger, 1981; Léger y Lambert, 1982). También es posible su utilización, en forma de desplazamiento continuo, sobre pistas de 200, 300 ó 400 m de longitud (Léger y Boucher, 1980).

Desplazándose sobre patines Rodríguez, Martín y Hernández (1991) han propuesto una prueba progresiva, máxima, de tipo triangular, basada en la ideada por Léger y Lambert (1982), que se puede emplear para la valoración de la potencia y resistencia aeróbicas en el patinaje sobre ruedas. Su protocolo ha sido modificado y adaptado al mismo para realizarlo en condiciones más específicas, semejante a las habituales en la práctica deportiva de los patinadores y los jugadores de hockey sobre patines.

La ventaja más importante de esta prueba es la posibilidad de realizarla en el propio terreno deportivo, sin que el deportista tenga que desplazarse para su realización al laboratorio. Por lo tanto, puede considerarse como una prueba de campo de valoración de la condición física específica.

Hasta ahora, esta prueba solamente había sido correlacionada con tests ergoespirométricos de laboratorio, corriendo en tapiz rodante o pedaleando en cicloergómetro, y no se conocían valores directos de las variables ergoespirométricas obtenidas durante la misma.

El empleo de un analizador de gases portátil ha permitido, recientemente, registrar y estudiar las variables espirométricas durante la práctica deportiva en el propio terreno de juego en diferentes especialidades deportivas (futbol: Faina, Colli, Marini, y Evangelista, 1990; voleibol: Conclu, Marcello, Rocchitta, Ciuti y Exposito, 1992; vela: Gallozzi, De Angelis, Fanton y Dal Monte, 1992; tenis de mesa: Faccini, Faina, Scarpelli y Dal Monte, 1989). Sin embargo, esta metodología no ha sido aplicada al estudio de esta prueba en jugadores de hockey sobre patines.

- sum d'oxigen relatiu al pes corporal [VO_2/kg], eficiència energètica [$VO_2/velocitat$], lactat hemàtic), cardiovasculars (freqüència cardíaca [FC] i de rendiment (temps o palier) durant un test progressiu i màxim en paliers d'un minut de durada, realitzat en patins per jugadors d'hoquei.
2. Porposar una equació per avaluar indirectament el VO_2 en realitzar aquesta prova.

Material i mètode

Subjectes

Van participar en la prova quinze jugadors amateurs d'hoquei sobre patins, tots ells jugadors de camps, llevat de dos porters. Aquests esportistes tenen un bon nivell d'entrenament, fa uns quants anys que practiquen l'esport i pertanyen a equips enquadrats en la primera divisió catalana.

Aquests esportistes presenten uns valors mitjans ($x \pm DS$ i rang) d'edat: $18,7 \pm 1,17$ anys (17-20 anys); alçada: $174,06 \pm 5,94$ cm (1,60 a 184 m); pes: $72,27 \pm 6,71$ kg (58-84 kg).

Procediment

La prova consisteix a patinar el màxim temps possible en recorreguts d'anada i tornada sobre una distància senyalitzada de 20 m. La velocitat del desplaçament és controlada pels senyals sonors emesos per un ordinador, augmentant progressivament 0,5 km/h a cada palier d'un minut (excepte el segon, que s'incrementa en 1 km/h) i partint d'una velocitat inicial i 8 km/h. En sonar els senyals, el patinador s'ha de trobar en una de les línies finals de l'espai de 20 m amb una desviació de ± 1 m.

L'interval que transcorre entre dos senyals sonors perquè el patinador recorri els 20 m a cada palier és controlat a través del programa informàtic. Navette (Cebolla i Blanco, 1993). Aquest ha estat dissenyat d'acord amb les velocitats i els temps indicats per Léger (1981) en la seva prova originària per a cadascun dels paliers d'un minut.

L'objectiu de la prova és completar, sense pauses, el major nombre possible de paliers sencers d'un minut coincidint amb els senyals sonors de l'ordinador. La prova acaba quan l'esportista és incapaç de seguir el ritme marcat i no arriba a un dels extrems quan sona el senyal. S'anota aleshores el nombre de paliers sencers d'un minut realitzats, i de mig palier si hagués realitzat més de trenta segons de l'últim.

A diferència de la prova proposada per Rodríguez, Martín i Hernández (1991), en aquest cas el test s'ha realitzat sense escalfament previ, a causa de la baixa intensitat que suposen els primers paliers, que serveixen perquè l'esportista s'adapti de manera fàcil i progressiva a l'esforç.

Por dicho motivo, este estudio presenta como objetivos:

1. Estudiar y comparar la modificación de variables ventilatorias [ventilación (VE)], metabólicas [consumo de oxígeno relativo al peso corporal (VO_2/kg), eficiencia energética ($VO_2/velocidad$), lactato hemático], cardiovasculares [frecuencia cardíaca (FC)] y de rendimiento [tiempo o palier] durante un test progresivo y máximo en paliers de un minuto de duración realizado con patines por jugadores de hockey.
2. Proponer una ecuación para estimar indirectamente el VO_2 al realizar dicha prueba.

Material y método

Sujetos

En el test participaron 15 jugadores amateurs de hockey sobre patines, todos jugadores de campo, excepto dos porteros. Estos deportistas poseen un buen nivel de entrenamiento, al llevar varios años practicando este deporte y pertenecen a equipos encuadrados en la 1ª división catalana.

Procedimiento

La prueba consiste en patinar el máximo tiempo posible en recorridos de ida y vuelta sobre una distancia señalizada de 20 m. La velocidad del desplazamiento es controlada por las señales sonoras emitidas por un ordenador, aumentando progresivamente 0.5 km/h a cada palier de un minuto (excepto el segundo que se incrementa en 1 km/h), siendo la velocidad inicial de 8 km/h. Al sonar estas señales el patinador debe encontrarse en una de las líneas finales del espacio de 20 m con una desviación de ± 1 m.

El intervalo de tiempo que transcurre entre dos señales sonoras para que el patinador recorra los 20 m en cada palier es controlado mediante el programa informático Navette (Cebolla y Blanco, 1993). Éste ha sido diseñado de acuerdo con las velocidades y tiempos indicados por Léger (1981) en su prueba original para cada uno de los paliers de un minuto.

El objetivo de la prueba es completar, sin pausas, el mayor número posible de paliers enteros de un minuto coincidiendo con las señales sonoras del ordenador. La prueba termina cuando el deportista es incapaz de seguir el ritmo marcado, no llegando a uno de los extremos al sonar la señal. Se anota entonces, el número de paliers enteros de un minuto realizados y de medio palier si hubiese realizado más de 30 s de aquél en el cual finaliza.

A diferencia de la prueba propuesta por Rodríguez, Martín y Hernández (1991), en este caso el test se ha realizado sin calentamiento previo, dada la baja intensidad que suponen los primeros pa-

Durant l'execució de la prova, el jugador, sense portar l'estic, es desplaça d'un extrem a l'altre dels 20 m patinant en línia recta, o bé amb desplaçaments laterals sobre cada cama. Les frenades i els viratges s'han de realitzar, obligatòriament, alternant la cama en cada extrem de l'espai, per equilibrar la sobrecàrrega muscular que suposen aquestes accions. Per això, no està permès girar en cercle lliscant sobre els patins per fer el canvi de sentit. No s'han imposat limitacions en el nombre d'impulsos sobre els tacs de frenada en la fase d'acceleració, després de cada canvi de sentit.

Els esportistes executen tota la prova amb l'analitzador portàtil telemètric Cosmed K2 (Cosmed, Roma), i amb el cinturó i el transmissor del cardiotaquímetre Sport Tester PE4000 (Polar Electro, Kempele, Finlàndia), els quals van registrar i memoritzar les variables VE (l/min.), VO₂ (ml/kg min.) i FC (puls./min.) a intervals de quinze segons.

Així, s'han pres mostres de sang capil·lar al lòbul de l'orella d'alguns esportistes (n = 6), al cap d'un, tres i cinc minuts d'acabat el test, per tal d'analitzar-la i determinar per micromètode els nivells de lactat hemàtic mitjançant un analitzador electroenzimàtic (Analox GM-7).

El test es va realitzar en una instal·lació específica d'hoquei sobre patins, amb el paviment de rajoles.

Anàlisi estadística de les dades

Les dades s'han tractat a través d'estadística descriptiva i anàlisi de regressió. Els resultats d'estadística descriptiva són expressats per la mitjana aritmètica (x) ± desviació estàndard (DS) i el rang (valors mínim i màxim).

Resultats

Els esportistes han aconseguit una càrrega màxima mitjana (en paliers) de 12,78 ± 0,69 paliers (de

liers, los cuales sirven para que el deportista se adapte de forma fácil y progresiva al esfuerzo.

Durante la ejecución del mismo el jugador, sin llevar el stick, se desplaza de un extremo al otro de los 20 m patinando en línea recta o bien mediante desplazamientos laterales sobre cada pierna. Las frenadas y virajes deben realizarse, obligatoriamente, alternando de pierna en cada extremo del espacio para equilibrar la sobrecarga muscular que suponen dichas acciones. Por ello, no está permitido girar en círculo deslizándose sobre los patines para efectuar el cambio de sentido. No se han impuesto limitaciones en el número de impulsiones sobre los tacos de frenada en la fase de aceleración tras cada cambio de sentido.

Los deportistas realizan toda la prueba con el analizador portátil telemétrico Cosmed K2 (Cosmed, Roma), así como con el cinturón y transmisor del cardiotaquímetro Sport Tester PE4000 (Polar Electro, Kempele, Finlandia) que registraron y memorizaron las variables VE (l/min.), VO₂ (ml/kg min.) y FC (pul/min.) a intervalos de 15 s.

Asimismo, se han tomado muestras de sangre capilar en el lóbulo de la oreja de varios deportistas (n = 6) uno, tres y cinco minutos después de finalizado el test, para su posterior análisis y determinación por micrométodo de los niveles de lactato hemático mediante un analizador electroenzimático (Analox GM-7).

El test se realizó en una instalación específica de hockey sobre patines con el pavimento de baldosas.

Análisis estadístico de los datos

Los datos han sido tratados mediante estadística descriptiva y análisis de regresión. Los resultados de estadística descriptiva son expresados mediante la media aritmética (x) ± desviación estándar (DS) y el rango (valores mínimo y máximo).

VARIABLE	x	DS	Rango
Lactato máximo (mmols/l)	9.23	1.04	7.8 - 10.6
FC máxima (pul/min)	197.73	6.98	186 - 212
VE máxima (l/min)	124.92	22.79	92.6 - 183
VO _{2max} (ml/kg.min)	50.46	4.36	40.9 - 58.6

Taula I. Mitjana aritmètica, desviació estàndard i rang dels valors màxims de lactacidèmia (mmols/l), FC (puls./min.), VE (l/min.) i VO₂ (ml/kg min.) obtinguts al test.

Tabla I. Media aritmética, desviación estándar y rango de los valores máximos de lactacidemia (mmols/l), FC (pul/min.), VE (l/min.) y VO₂ (ml/kg min.) obtenidos en el test.

12 a 14), cosa que equival a la durada temporal mitjana de la prova en minuts.

Els valors màxims de les variables lactacidèmia (mmol/l), freqüència cardíaca (puls./min.), ventilació (l/min.) i VO₂ relatiu al pes corporal (ml/kg min.) són mostrats a la Taula 1.

L'evolució dels valors mitjans \pm 1 DS de FC (puls./min.), VE (l/min.), VO₂ relatiu (ml/kg min.) i eficiència energètica (ml/kg m) aconseguits en cada palier es presenta a les Figures 1 a 4, respectivament.

1. FC

La Figura 1 mostra com la FC augmenta lentament a l'inici, l'increment és més pronunciat a la part central de la prova i es redueix als nivells més elevats, de manera que en nivells màxims s'observa un aplanament de la corba palier/FC. Aquest augment progressiu de la FC es correspon amb una dispersió elevada de les dades d'un palier a un altre, dispersions que són menors en elevar-se la intensitat, tenim en compte el comportament individualitzat de la FC.

2. VE

En l'evolució de la VE (Fig. 2) també s'observa un augment progressiu de l'aire ventilat en incrementar-se la velocitat de desplaçament. Les desvia-

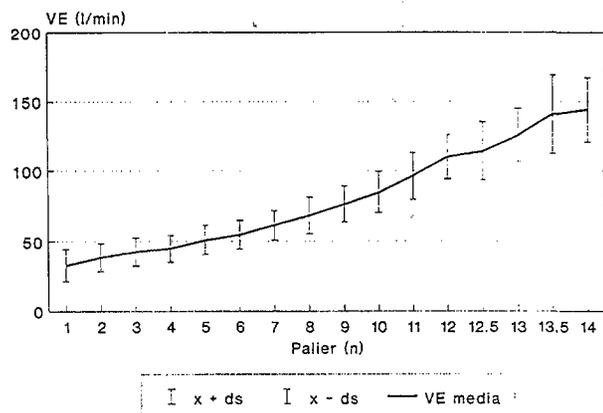


Figura 2. Evolució dels valors mitjans de VE (l/min.) durant la rova.

Figura 2. Evolución de los valores medios de VE (l/min.) en el transcurso de la prueba.

cions estàndards són elevades, i augmenten amb la intensitat, la qual cosa indica una variabilitat individual que s'accentua als paliers més intensos. Els valors màxims de ventilació aconseguits no són gaire elevats, i solament en un cas s'arriba a 183 l/min.

Resultados

Los deportistas han alcanzado una carga máxima media (en paliers) de 12.78 ± 0.69 paliers (12-14 paliers), lo que equivale a la duración temporal media de la prueba en minutos.

Los valores máximos de las variables: lactacidemia (mmol/l), frecuencia cardíaca (pul/min.), ventilación (l/min.) y VO₂ relativo al peso corporal (ml/kg min.) son los que muestra la Tabla I.

La evolución de los valores medios \pm 1 DS de FC (pul/min.), VE (l/min.), VO₂ relativo (ml/kg min.) y eficiencia energética (ml/kg m) logrados en cada palier son presentadas en las Fig. 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

1. FC

La Figura 1 muestra como la FC aumenta lentamente al inicio, siendo dicho incremento más pronunciado en la parte central de la prueba y reduciéndose en los niveles más elevados, de modo que a niveles máximos se observa un aplanamiento

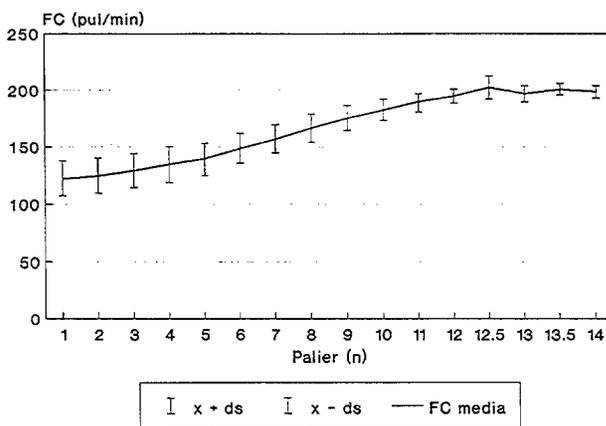


Figura 1. Evolució dels valors mitjans de FC (puls./min.) durant la prova.

Figura 1. Evolución de los valores medios de FC (puls./min.) en el transcurso de la prueba.

de la curva palier/FC. Este aumento progresivo de la FC se corresponde con una elevada dispersión de los datos de un palier a otro. Dichas dispersiones son menores al elevarse la intensidad, dado el comportamiento individualizado de la FC.

2. VE

En la evolución de la VE (Figura 2) también se aprecia un aumento progresivo del aire ventilado con el incremento de la velocidad de desplazamiento. Las desviaciones estándar son elevadas,

3. VO₂ relatiu

De forma similar a la VE, en l'evolució del VO₂ relatiu al pes corporal (Fig. 3) s'observen petits increments als primers paliers (primer a quart), que s'accentuen a continuació als paliers centrals (del quart al dotzè i mig), i disminueixen els valors mitjans amb les intensitats molt altes. Les desviacions estàndards són similars i poc importants, i indiquen l'agrupament de les dades obtingudes.

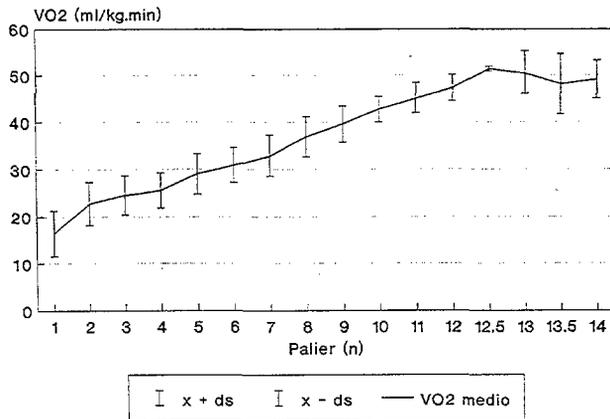


Figura 3. Evolució dels valors mitjans de VO₂ (ml/kg min.) durant la prova.

Figura 3. Evolución de los valores medios de VO₂ (ml/kg min.) en el transcurso de la prueba.

4. Eficiència energètica

L'eficiència energètica (VO₂/velocitat) (Fig. 4) mostra una evolució molt semblant a la de les variables anteriors durant la prova. Després d'una petita estabilització i descens als paliers inicials, presenta un increment progressiu, i després torna a descendir al palier final. Els valors més elevats s'obtenen al palier tretzè.

5. Equació de regressió

En aplicar l'anàlisi de regressió múltiple es posa de manifest que les variables nombre de palier i FC poden explicar un percentatge elevat (91,8%) de la variació del VO₂. Utilitzant totes dues variables com a paràmetres predictors, es pot valorar indirectament el VO₂ de cada palier d'aquesta prova, mitjançant l'equació de regressió següent: VO₂ (ml/kg min.) = [1,326 * nombre de palier] + [0,167 * FC màxima del palier] + 0,767.

Discussió

Les variables fisiològiques analitzades mostren que la prova presenta les característiques típiques

agrandándose con dicha intensidad, lo que indica una variabilidad individual acentuada en los paliers más intensos. Los valores máximos de ventilación alcanzados no son muy elevados, y solamente en un caso se logran 183 l/min.

3. VO₂ relativo

De modo similar a la VE, en la evolución del VO₂ relativo al peso corporal (ver Figura 3), se aprecian incrementos ligeros en los primeros paliers (1° a 4°). Dichos aumentos se acentúan a continuación, durante los paliers centrales (4° al 12.5°), disminuyendo los valores medios con las intensidades más altas. Las desviaciones estándar son similares y no muy importantes, indicando la agrupación de los datos obtenidos.

4. Eficiència energètica

La eficiencia energética (VO₂/velocidad) (Fig. 4) muestra una evolución muy similar a la de las variables anteriores durante el transcurso del test. Tras una ligera estabilización y descenso en los paliers iniciales, presenta un incremento progresivo, a continuación, para volver a descender en el palier final. Los valores más elevados se alcanzan en el palier 13°.

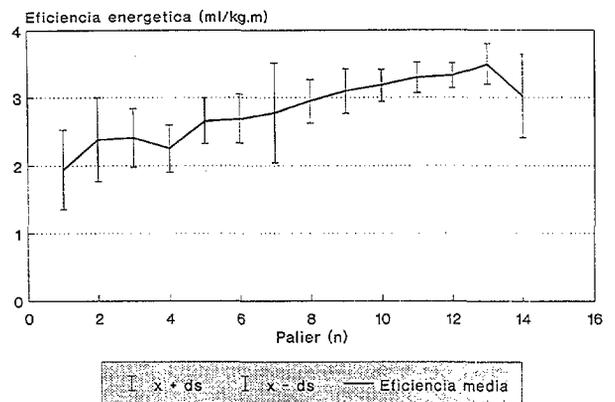


Figura 4. Evolució dels valors mitjans d'eficiència energètica (ml/kg m) durant la prova.

Figura 4. Evolución de los valores medios de eficiencia energética (ml/kg m) en el transcurso de la prueba.

5. Ecuación de regresión

Al aplicar el análisis de regresión múltiple se pone de manifiesto que las variables número del palier y FC pueden explicar un elevado porcentaje (91.8%) de la variación del VO₂.

Utilizando ambas variables como parámetros predictores se puede estimar indirectamente el VO₂.

d'un test progressiu, triangular i màxim. Els canvis d'intensitat als primers paliers resulten poc estresants, considerant que la modificació de les variables és petita d'un palier a un altre. Aquestes, especialment en el cas de la FC, poden estar influïdes per altres factors (per exemple, l'estat emocional), els quals poden determinar valors inicials elevats ($122,33 \pm 14,99$ puls./min.). La influència emocional es podria reduir si es fa un escalfament previ a la prova, tot i que, en realitat, les intensitats inicials són prou baixes perquè no hi hagi d'haver escalfament previ.

La prova produeix un estrès màxim sobre el sistema cardiocirculatori, com ho prova el fet que als paliers finals s'aconsegueixen valors de FC que poden considerar-se màxims ($197,73 \pm 6,98$ puls./min.). Aquests s'assemblen molt als obtinguts amb les equacions de FC màxima teòrica ($220 - \text{edat}$ [en anys] o $210 - 0,65 \times \text{edat}$ [en anys], amb ± 10 puls./min. en tots dos casos) (Wasserman, Hansen, Sue i Whipp, 1987).

Tanmateix, en relació al VO_2 màx. i a la ventilació no s'obtenen valors gaire elevats. Les xifres més altes aconseguïdes en VO_2 màx. ($50,46 \pm 4,36$ ml/kg min.) són una mica inferiors a les mostrades per jugadors d'hoquei en tests ergoespiromètrics fets sobre tapis rodant o cicloergòmetre: $56,2 \pm 5,71$ ml/kg min. ($43,1 - 69,1$ ml/kg min.) (Rodríguez, 1991); $57,67 - 1,40$ ml/kg min. (Rubio, Franco, Peral i Boqué, 1993); $55,73 \pm 2,7$ ml/kg min. i $61,45 \pm 5,1$ ml/kg min. (Peral, Franco, Rubio i Boqué, 1993).

Amb tot, els valors de lactat hemàtic són prou elevats per poder considerar que els esportistes que han fet la prova han obtingut nivells de potència aeròbica màxima.

D'altra banda, la ventilació aconseguïx nivells màxims ($124,92 \pm 22,79$ l/min.), que són clarament inferiors als obtinguts per esportistes espanyols d'elit en esports individuals de resistència (rem, 189 l/min.; piragüisme, 188 l/min.; ciclisme, 187,5 l/min.; atletisme de mig fons, 164 l/min.; natació, 160 l/min.) i també en esports d'equip (voleibol, 159 l/min.; basquetbol, 158 l/min.) (González i Rubio, 1990).

El fet esmentat podria atribuir-se a les diferències de condició física dels diferents grups d'esportistes, i també als diferents mètodes emprats en el mesurament de la ventilació i el VO_2 . De fet, estudis recents (Dal Monte, Faina, Leonardi, Todaro, Guidi i Petrelli, 1989; Crandall, Taylor i Raven, 1994) que comparen el VO_2 obtingut mitjançant l'analitzador telemètric K2 i un analitzador convencional (dels tipus Jaeger i breath by breath, respectivament), no observen diferències significatives estadísticament enfront de diferents càrregues de treball en cicloergòmetre o tapis rodant, encara que el K2 tendeix a sobrevalorar els seus valors amb intensitats altes. Aquest fenomen ja era previst, en tractar-se d'un sistema d'anàlisi de gasos que no té en compte la

de cada palier de esta prueba mediante la siguiente ecuación de regresión: VO_2 (ml/kg min.) = $[1.326 \times \text{Número palier}] + [0.167 \times \text{FC máxima del palier}] + 0.767$.

Discusión

Las variables fisiológicas analizadas muestran que la prueba presenta las características típicas de un test progresivo, triangular y máximo. Los cambios de intensidad en los primeros paliers resultan ser poco estresantes, dado que la modificación de las variables es pequeña de un palier a otro. Estas, especialmente en el caso de la FC, pueden estar influenciadas por otros factores (por ejemplo, el estado emocional), los cuales pueden ser responsables de valores iniciales elevados ($122,33 \pm 14,99$ pul/min.). La influencia emocional podría minimizarse si se realiza un calentamiento previo a la prueba, aunque, en realidad, las intensidades iniciales son suficientemente bajas como para no tener que calentar previamente.

La prueba produce un estrés máximo sobre el sistema cardiocirculatorio, como lo demuestran el hecho de que en los paliers finales se alcanzan valores de FC que pueden considerarse como máximos ($197,73 \pm 6,98$ pul/min.). Estos son muy similares a los obtenidos con las ecuaciones de FC máxima teórica [$220 - \text{edad}$ (en años) ó $210 - .65 \times \text{edad}$ (en años); con ± 10 pul/min. en ambos casos] (Wasserman, Hansen, Sue y Whipp, 1987).

Sin embargo, en relación al VO_2 máx. y a la ventilación no se obtienen valores muy elevados. Las cifras más altas conseguidas a nivel de VO_2 máx. ($50,46 \pm 4,36$ ml/kg min.) son ligeramente inferiores a las mostradas por jugadores de hockey en tests ergoespirométricos realizados sobre tapis rodante o cicloergómetro: $56,2 \pm 5,71$ ml/kg min. ($43,1 - 69,1$ ml/kg min.) (Rodríguez, 1991); $57,67 \pm 1,40$ ml/kg min. (Rubio, Franco, Peral y Boqué, 1993); $55,73 \pm 2,7$ ml/kg min. y $61,45 \pm 5,1$ ml/kg min. (Peral, Franco, Rubio y Boqué, 1993).

Sin embargo, los valores de lactato hemático son suficientemente elevados como para considerar que se han alcanzado niveles de potencia aeróbica máxima en los deportistas que realizaron la prueba.

Por su parte, la ventilación alcanza niveles máximos ($124,92 \pm 22,79$ l/min.), que son claramente inferiores a los logrados por deportistas españoles de élite en deportes individuales de resistencia (remo, 189 l/min.; piragüismo, 188 l/min.; ciclismo, 187,5 l/min.; atletismo mediofondo, 164 l/min.; natación, 160 l/min.) y también de equipo (voleibol, 159 l/min.; baloncesto, 158, l/min.; (González y Rubio, 1990).

Esto podría atribuirse a las diferencias de condición física de los distintos grupos de deportistas, así como a las distintas metodologías empleadas en la medición de la ventilación y el VO_2 . De hecho,

variació de CO₂. Respecte a la ventilació, també Dal Monte et al. (1989) no observen diferències significatives estadísticament, però enfront de càrregues màximes s'ha observat que el K2 dona valors inferiors (13%) als indicats pels espiròmetres convencionals Quinton (Lothian, Farrally i Mahoney, 1993) i Alpha Technologies (Crandall et al., 1994).

Els valors mitjans de VO₂ de cada palier són inferiors (uns 10 ml/kg min.) als obtinguts en la mateixa prova en una cursa a peu feta per Léger (1981) amb subjectes adults de més de 18 anys. Per això, el patinatge sobre rodes es manifesta com una activitat esportiva menys costosa energèticament que no la cursa a peu, encara que el seu cost energètic (ml/kg min.) augmenta com més s'eleva la velocitat. Així, per a una mateixa velocitat, el grau d'eficiència energètica és sempre superior al que observen en cursa Léger i Mercier (1984) en un grup heterogeni de 130 subjectes.

Contràriament, si comparem aquests patinadors amb esportistes d'elit especialitzats en proves d'atletisme de fons i de mig fons, s'observa que a velocitats baixes (entre 9 i 10,5 km/h) els fondistes gasten menys O₂ per metre recorregut que no pas els patinadors. També a altes velocitats (13,5 km/h o superiors), els migfondistes són notablement més eficients que els patinadors (Kearny i Van Handel, 1989) atès que les frenades i acceleracions del patinatge suposen més intensitat de l'esforç. Sembla, doncs, que l'especialització produïda per l'entrenament permet que el gest tècnic de la cursa sigui menys costós que no l'acció de patinar a determinades velocitats. Aquestes diferències poden ser atribuïdes al nivell de condició física del subjecte i, especialment, a les característiques intrínseques de cada prova. De fet, a la cursa en tapís rodant no es fan canvis de direcció, fet que sí que ocorre als tests d'anada i tornada.

Justament, un dels problemes del test sobre patins és la fatiga local de la musculatura extensora i adductora de la cuixa, com a conseqüència de les frenades i les acceleracions que cal fer. No obstant, això simula fins a cert punt dels condicions dels partits de competició d'aquest esport, en què aquests gestos es realitzen constantment.

També el tipus de terra on es fa la prova influeix de manera notable en el seu resultat. Les instal·lacions a l'aire lliure, amb terres coberts de pols, permeten un grau superior de lliscament i demanen un esforç muscular suplementari del patinador en el moment de frenar.

Per valorar indirectament el VO₂ a través de proves de camp, s'han proposat diverses equacions de regressió. Per a l'hoquei sobre patins, Rodríguez (1991) proposa una equació basada en la relació existent entre el palier màxim del text d'anada i tornada patinant i el VO₂ màx. obtingut en una prova de laboratori (VO₂ (ml/kg min.) = 2,08984 * palier + 25,86225). Aquesta ecuació sobreestima la mitjana dels valors màxims reals que s'han aconse-

recientes estudios (Dal Monte, Faina, Leonardi, Todaro, Guidi y Petrello, 1989; Crandall, Taylor y Raven, 1994) que comparan el VO₂ obtenido mediante el analizador telemétrico K2 y un analizador convencional (tipo Jaeger y breath by breath, respectivamente), no observan diferencias estadísticamente significativas ante distintas cargas de trabajo en cicloergómetro o tapiz rodante, aunque el K2 tiende a sobreestimar sus valores con intensidades altas. Este fenómeno era esperado por tratarse de un sistema de análisis de gases que no tienen en consideración la variación del CO₂. Respecto a la ventilación, también Dal Monte et al. (1989) no observan diferencias estadísticamente significativas, pero ante cargas máximas se ha observado que el K2 da valores inferiores (13%) a los indicados por los espirómetros convencionales Quinton (Lothian, Farrally y Mahoney, 1993) y Alpha Technologies (Crandall et al., 1994).

Los valores medios de VO₂ de cada palier son inferiores, unos 10 ml/kg min., a los obtenidos en la misma prueba en carrera a pie realizada por Léger (1981), con sujetos adultos de más de 18 años. Por ello, el patinaje sobre ruedas aparece como una actividad deportiva menos costosa energéticamente que la carrera a pie, aunque su coste energético (ml/kg m) aumenta a medida que se eleva la velocidad. Así, para una misma velocidad, el grado de eficiencia energética es siempre superior al observado en carrera por Léger y Mercier (1984), en un grupo heterogeneo de 130 sujetos.

Por el contrario, si comparamos estos patinadores con deportistas de élite especialistas en pruebas de atletismo de fondo y medio fondo, se aprecia que a velocidades bajas (entre 9 y 10.5 km/h) los fondistas gastan menos O₂ por metro recorrido que los patinadores. También a altas velocidades (13.5 km/h o superiores) los mediofondistas son notablemente más eficientes que dichos patinadores (Kearny y Van Handel, 1989), dado que las frenadas y aceleraciones al patinar suponen una mayor intensidad de esfuerzo. Parece, pues, que la especialización producida por el entrenamiento permite que el gesto técnico de la carrera sea menos costoso que la acción de patinar a determinadas velocidades. Estas diferencias pueden ser atribuidas al nivel de condición física de los sujetos y, especialmente, las características intrínsecas de cada prueba. De hecho, en la carrera en tapiz rodante no se realizan cambios de dirección, lo cual sí sucede en los tests de ida y vuelta.

Precisamente, uno de los problemas aparecidos en el test sobre patines es la fatiga local de la musculatura extensora y adductora del muslo, a consecuencia de las frenadas y aceleraciones que es preciso realizar. Sin embargo, esto estimula hasta cierto punto las condiciones de los partidos de competición de este deporte, donde se realizan estos gestos constantemente.

También el tipo de suelo donde se realiza la

guit en tots els paliers (Taula II). Això pot ser degut a la baixa correlació ($r = 0,58$) mostrada entre el palier màxim i el VO_2 màx., ja que aquest va ser registrat en una prova de laboratori corrent sobre tapís rodant, prova que presenta unes característiques molt diferents a les del test d'anada i tornada sobre patins. En el nostre cas, hem trobat que s'obté una major correlació si en l'equació de predicció del VO_2 s'introdueix la variable FC, a més del nombre de palier, com a paràmetres predictos. Així, la velocitat explica el 88,8% de la variància del VO_2 , i afegint-hi la FC el valor de r^2 s'eleva fins a 0,918.

PALIER	VO_2 real (ml/kg.min)	VO_2 teòric (ml/kg.min)
2	22.72	30.04
3	24.55	32.13
4	25.58	34.22
5	29.12	36.31
6	30.92	38.40
7	32.92	40.49
8	36.98	42.58
9	39.64	44.67
10	42.82	46.76
11	45.20	48.85
12	47.38	50.94
13	50.74	53.03
14	49.20	55.12

Taula II. Comparació entre la mitjana de VO_2 obtinguda en cada palier del test i el valor teòric proposat per l'equació de regressió de Rodríguez (1991).

Tabla II. Comparación entre la media de VO_2 obtenida en cada palier del test y el valor teórico propuesto por la ecuación de regresión de Rodríguez (1991).

Els valors de lactacidèmia màxima aconseguits en acabar el test són inferiors als obtinguts per jugadors d'hoquei sobre patins d'elit (selecció nacional absoluta 1990, selecció preolímpica ADO'92) en acabar una prova similar, amb les modificacions esmentades anteriorment (veg. procediment) $12,13 \pm 1,99$ mmols/l (8,76 - 15,23 mmols/l) Rodríguez et al., 1991). Aquests valors inferiors es poden atribuir a la durada menor de la prova i nombre de paliers realitzats, tots dos inferiors als esmentats per Rodríguez et al. (1991) $14,24 \pm 1,36$ min. (11,5 - 16 min.), i també al diferent nivells esportiu dels jugadors que van realitzar les dues proves (primera divisió catalana enfront a seleccions nacional i absoluta).

Com a recomanació per aplicar aquest test hem d'indicar que cal realitzar-lo en condicions estandaritzades (distància, velocitats) i, sempre que sigui possible, fer-ho en paviments nets de pols., per tal d'evitar un lliscament excessiu. També és recomanable que es permeti patinar i no obligar a frenar sobre una cama als primers paliers, a causa

prueba influye de forma notable en la realización de la misma. Las instalaciones al aire libre, con suelos recubiertos de polvo, permiten un mayor grado de deslizamiento y requieren de un esfuerzo muscular suplementario por parte del patinador en el momento de la frenada.

Para estimar indirectamente el VO_2 mediante pruebas de campo se han propuesto distintas ecuaciones de regresión. En el caso del hockey sobre patines Rodríguez (1991) propone una ecuación basada en la relación existente entre el palier máximo del test de ida y vuelta patinando y el VO_2 máx. obtenido en una prueba de laboratorio (VO_2 (ml/kg min.) = $2.08984 * \text{Palier} + 25.86225$). Dicha ecuación sobrestima la media de los valores máximos reales que se han alcanzado en todos los paliers (ver Tabla II). Esto puede ser debido a la baja correlación ($r = .58$) mostrada entre el palier máximo y el VO_2 máx., puesto que éste fue registrado en una prueba de laboratorio corriendo sobre tapiz rodante, la cual presenta unas características muy diferentes al test de ida y vuelta sobre patines. En nuestro caso, hemos encontrado que se obtiene una mayor correlación si en la ecuación de predicción del VO_2 se introduce la variable FC, además del número del palier, como parámetros predictores. Así, la velocidad explica el 88.8% de la varianza del VO_2 y, añadiendo la FC el valor de r^2 se eleva hasta 0.918.

Los valores de lactacidemia máxima logrados al finalizar el test son inferiores a los alcanzados por jugadores de hockey sobre patines de élite (selección nacional absoluta 1990, selección preolímpica ADO'92) al término de una prueba similar, con las modificaciones anteriormente comentadas (ver procedimiento) 12.13 ± 1.99 mmols/l (8.76 - 15.23 mmols/l) [Rodríguez et al., 1991]. Dichos valores menos elevados pueden atribuirse a la menor duración de la prueba y número de paliers realizados, ambos inferiores a los citados por Rodríguez et al. (1991) 14.24 ± 1.36 min. (11.5 - 16 min.); así como al distinto nivel deportivo de los jugadores que realizaron ambas pruebas (primera división catalana frente a selecciones nacional y absoluta).

Como recomendaciones para la aplicación de este test debemos indicar la necesidad de realizarlo en condiciones estandarizadas (distancia, velocidades) y, siempre que sea posible, efectuarlo en pavimentos limpios de polvo, con el fin de evitar un deslizamiento excesivo. También es recomendable permitir patinar y no obligar a frenar sobre una pierna en los primeros paliers, por la alta sobrecarga muscular que dicha acción supone. Esto permite que el deportista se exprese al máximo de sus posibilidades funcionales y no finalice la prueba antes de lo que éstas permitirían.

En resumen, la prueba de patinaje progresiva y máxima de ida y vuelta en paliers de un minuto es un test de fácil aplicación y muy específico para jugadores de hockey sobre patines. Su realización

de l'alta sobrecàrrega muscular que això suposa. Això fa possible que l'esportista expressi al màxim les seves possibilitats funcionals i no acabi la prova abans del que aquestes permetrien.

En resum, la prova de patinatge progressiva i màxima d'anada i tornada en paliers d'un minut és un fet de fàcil aplicació i molt específic per a jugadors d'hoquei sobre patins. Aquest test permet valorar el VO_2 i la potència aeròbica màxima dels esportistes. Quan no es disposa d'un analitzador de gasos portàtil, l'estimació del VO_2 pot fer-se indirectament mitjançant una equació de regressió que considere el nombre de palier desitjat i el valor màxim de FC (puls./min.) d'aquest palier. El nivell de les possibilitats aeròbiques màximes del jugador s'obté sobre la base dels valors obtinguts per totes dues variables a l'últim palier del test.

permite valorar o estimar el VO_2 y la potencia aeróbica máxima de los deportistas. Cuando no se dispone de un analizador de gases portátil, la estimación del VO_2 puede realizarse indirectamente mediante una ecuación de regresión que considere el número del palier deseado y el valor máximo de FC (puls./min.) de dicho palier. El nivel de las posibilidades aeróbicas máximas del jugador se obtiene en base a los valores alcanzados por ambas variables en el último palier del test.

Bibliografia

- CEBOLLA, J.; BLANCO, A. (1993): *Navette* (Programa de ordenador) Lleida: INEF. Manuscrito no publicado.
- CONCU, A.; MARCELLO, C.; ROCCHITTA, A.; CIUTI, C.; EXPOSITO, A. (1992): Telemetric measurement of heart-rate-matched oxygen consumption during volleyball games. *Medicine Science Research*, 20, 243-245.
- CRANDALL, C.G.; TAYLOR, S.L.; RAVEN, P.B. (1994): Evaluation of the Cosmed K2 portable telemetric oxygen uptake analyzer. *Medicine and Science in Sport and exercise*, 26 (1), 108-111.
- DAL MONTE, A.; FAINA, M.; LEONARDI, L.; TODARO, A.; GUIDI, G.; PETRELLI, G. (1989): Il consumo massimo di ossigeno in telemetria. *Rivista di Cultura Sportiva*, 15, 35-44.
- FACCINI, P.; FAINA, M.; SCARPELLI, E.; DAL MONTE, A. (1989): Il costo energetico nel tennistavolo. *Rivista di Cultura Sportiva*, 17, 38-42.
- FAINA, M.; COLLI, R.; MARIN, C.; EVANGELISTA, M. (1990): Functional model of training methods. En: *International Conference Sports Medicine Applied to Football* (pp. 93-99). Roma: FIFA-FIGC-FMSI.
- GALLOZZI, C.; DE ANGELIS, M.; FINTIN, F.; DAL MONTE, A. (1992): Il costo energetico nella vela. *Rivista di Cultura Sportiva*, 27, 19-21.
- GONZÁLEZ, M.; RUBIO, S. (1990): Valores ergoespiométricos en deportistas españoles de élite. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y el Deporte*, 14, 9-54.
- KEARNY, J.T.; VAN HANDEL, P.J. (1989): Economy: A physiologic perspective. En: Grana, W.A.; Sharkey, B.J. (eds.), *Advances in sports medicine and fitness*. Vol. 2 (pp. 57-90). Chicago: Year Book Medical Publishers.
- LÉGER, L. (1981): *Test progressif de course navette de 20 m pour évaluer la capacité aérobie*. Rapport présenté au Service de la recherche du Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, janvier, 1981.
- LÉGER, L.; BOUCHER, P. (1980): An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal Track Test. *Canadian Journal Applied Sports Sciences*, 5, 77-84.
- LÉGER, L.; CAZORLA, G.; MARINI, J.F. (1984): Les épreuves d'effort en physiologie. Evaluation du potentiel aérobie. En: *Evaluation de la valeur physique. Travaux et recherches en E.P.S.* (pp. 95-118). Paris: I.N.S.E.P. Publications.
- LÉGER, L.; LAMBERT, J. (1982): A maximal 20 m shuttle run test to predict VO_2 max. *European Journal of Applied Physiology*, 42, -12.
- LÉGER, L.; MERCIER, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports Medicine*, 1, 270-277.
- LOTHIAN, F.; FARRALLY, M.R.; MAHONEY, C. (1993): Validity and reability of the Cosmed K2 to measure axygen uptake. *Canadian Journal Applied Physiology*, 18 (2), 197-206.
- PERAL, R.; FRANCO, L.; RUBIO, F.; BOQUÉ, M. (1993): Hockey sobre patines: cambios morfológicos y fisiológicos a lo largo de una temporada. *Apunts Medicina de l'esport*, XXX (116), 111-116.
- RODRÍGUEZ, F.A. (1991): Valoració funcional del jugador d'hoquei sobre patins. *Apunts educació física i esports*, 23, 51-62.
- RODRÍGUEZ, F.A.; MARTÍN, R.; HERNÁNDEZ, J. (1991): Prova màxima progressiva en pista per a la valoració de la condició aeròbica en hoquei sobre patins. *Apunts educació física i esports*, 23, 63-70.
- RUBIO, F.; FRANCO, L.; PERAL, R.; BOQUÉ, M. (1993): Perfil antropométrico y funcional del jugador de hockey sobre patines. *Apunts Medicina de l'esport*, XXX (115), 23-29.
- WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; WHIPP, B.J. (1987): *Principles of exercise testing and interpretation*. Philadelphia: Lea & Febiger.