

UNIVERSITAT DE BARCELONA
INSTITUT NACIONAL D'EDUCACIÓ FÍSICA DE CATALUNYA

**CAPACIDAD FÍSICA Y VALORACIÓN FUNCIONAL
DEL JUGADOR DE HOCKEY HIERBA**

DIEGO SILLA CASCALES

BARCELONA

1999



UNIVERSITAT DE BARCELONA
DIVISIÓ DE CIÈNCIES DE L'EDUCACIÓ
DEPARTAMENT DE TEORIA I HISTÒRIA DE L'EDUCACIÓ

INSTITUT NACIONAL D'EDUCACIÓ FÍSICA DE CATALUNYA
CENTRE DE BARCELONA

PROGRAMA DE DOCTORADO
"ACTIVIDAD FISICA: ANALISIS INTERDISCIPLINAR"
Bienio 1989/91

CAPACIDAD FÍSICA Y VALORACIÓN FUNCIONAL DEL JUGADOR DE HOCKEY HIERBA

Para optar al título de
Doctor en Filosofía y Ciencias de la Educación, Sección Ciencias de la Educación

Tesis doctoral presentada por
DIEGO SILLA CASCALES

Director
Dr. FERRAN A. RODRÍGUEZ GUIADO

Barcelona, Mayo 1999

El presente estudio ha sido subvencionado parcialmente mediante una beca de Ayuda a la Investigación otorgada por la Generalitat de Catalunya, Secretaria General de l'Esport, Departament de Docència e Investigació (Resolución de 16 de Noviembre de 1990, DOGC 1381), una beca de Ayuda a la Investigación para postgraduados otorgada por el Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya, Centro de Barcelona (Resolución de 25 de Noviembre de 1987, DOGC 789 de Enero de 1987) y una beca para la realización de tesis doctorales otorgada por el Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya, Centro de Barcelona (convocatoria del 10 de noviembre de 1992).

SILLA, D.: Capacidad física y valoración funcional del jugador de hockey hierba. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya. Barcelona 1998.

Dirección:

Pasaje Pedraforca, casa 10-B

08756 La Palma de Cervellò (Barcelona), España.

*Durante todos estos años
he recorrido un largo camino,
donde hacer las cosas bien
importa más que el hacerlas,
y la formación recibida ha sido
un motivo de ilusión.*

*Todos estos años trabajando por
un fin en una carrera en que
veía la salida, pero no la meta.*

*En ese camino he aprendido
aquello que dijo el poeta:
“que es el mejor de los buenos
quien sabe que en esta vida
todo es cuestión de medida:
un poco más, algo menos...”.*

Parfraseando a **A. Machado**

I. DEDICATORIAS

- A M^a José, en pobre compensación por su renuncia y apoyo constante en interminables horas que no he podido dedicarle, a ella y a mis dos hijos Miguel Angel y Alberto.
- A mi hermana M^a Angeles, por su ayuda y apoyo en todo momento.

II. AGRADECIMENTOS

- Al Dr. Ferran A. Rodríguez, director de esta tesis doctoral, por su dedicación a mi formación como investigador. Su entusiasmo por la investigación y su espíritu de mejora constante en el trabajo me han ayudado en mi formación y exigencia personal durante todos estos años.

- A mis compañeros de investigación Xavier Ilegias, Francesc Solanellas y Marta Tuda, por su constante ayuda y colaboración directa en la transmisión de conocimientos recíprocos durante los años de investigación.
- A Juan Antonio Prat por introducirme en el mundo del hockey en el equipo nacional.
- A los jugadores de hockey hierba del Club Egara de Terrassa por su inestimable colaboración y entrega desinteresada.
- A los jugadores del primer equipo del Club Egara (división de honor), por su paciencia y colaboración en todos los estudios de campo realizados y, personalmente a: Pere Jufresa, Carlos Ruiz, Xavier Molinè, Jan Dinarès, Víctor Pujol, Vicens Fitó, Toni Sala, Santi Amat, Arturo Gispert, Javier Ruiz, Ramon Sala, Josep Ejarque, Ramon Jufresa, Carlos Trullas y Miquel Codina.
- A todos los técnicos de hockey hierba que han contribuido en mi formación como preparador y entrenador de hockey hierba.
- A los profesores de INEFC de Barcelona y del programa de Doctorado por todo lo que me han enseñado.
- A Maribel Pérez y a todo el personal de INEFC de Barcelona por su ayuda a lo largo de estos últimos años.
- A mis compañeros del IES Joan Mirò de Cornellà de Llobregat de enseñanza secundaria por su ayuda en temas concretos del trabajo de investigación.

- Al Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya, centro de Barcelona, por la formación recibida y por todas las ayudas, económicas, personales y materiales, que han contribuido decisivamente en la realización de esta tesis.
- A la Secretaria General de l'Esport de la Generalitat de Catalunya por las ayudas concedidas en mi formación como investigador.
- Al Club Egara de Terrassa por las facilidades que me dieron en el estudio de sus jugadores de hockey hierba y la formación recibida durante todos estos años como técnico entrenador.
- A la Real Federación Española de Hockey Hierba por las facilidades dadas en la obtención de datos de equipos nacionales en diferentes categorías.
- A la Federación Catalana de Hockey Hierba por su apoyo y comprensión en la realización de estudios en competiciones oficiales.

III. GLOSARIO DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| ADP | difosfato de adenosina |
| Alt | altura |
| AMP | monofosfato de adenosina |
| ATP | trifosfato de adenosina |
| cm | centímetros |
| CO ₂ | dióxido de carbono |
| DH | división de honor (liga nacional) |
| E | gasto energético |
| E ^{partes} | gasto energético de las partes de la competición |
| E _{neto} ^{partes} | gasto energético neto de las partes de la competición |
| E ^{comp} | gasto energético de la competición |
| E _{neto} ^{comp} | gasto energético neto de la competición |
| \dot{E} | potencia energética |
| \dot{E} ^{partes} | potencia energética de las partes de la competición |
| \dot{E} _{neto} ^{partes} | potencia energética neta de las partes |
| \dot{E} ^{comp} | potencia energética de la competición |
| \dot{E} _{neto} ^{comp} | potencia energética neta de la competición |
| FC | frecuencia cardíaca |
| FC _{max} | frecuencia cardíaca máxima |
| F _E O ₂ | concentración de oxígeno en el aire espirado (fracción espiratoria de oxígeno) |
| F _i O ₂ | concentración de oxígeno en el aire inspirado (fracción inspiratoria de oxígeno) |
| FR | frecuencia respiratoria |
| h | horas |
| K | constante |
| kcal | kilocalorías |
| kg | kilogramos |
| kJ | kilojulios |
| km | kilómetros |
| L | litros |

| | |
|--------------------------------|---|
| LAC | concentración sanguínea de lactato (lactatemia) |
| $[\text{La}^-]_s^{\text{max}}$ | concentración sanguínea de lactato (lactatemia) máxima |
| $\Delta [\text{La}^-]_s$ | incremento de la lactatemia |
| m | metros |
| max | valor máximo de la variable en estudio |
| MET | unidades metabólicas (1MET = 3,5 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) |
| MJ | megajulios |
| min | minutos |
| mL | mililitros |
| mm | milímetros |
| mmol | milimoles |
| N | normal (molar) |
| n | tamaño de la muestra |
| O ₂ | oxígeno |
| Pmax | potencia ergométrica máxima |
| PC | ordenador personal |
| Pc | peso corporal |
| PD | primera división (liga nacional) |
| PO ₂ | pulso de oxígeno (VO ₂ /FC) |
| R | cociente respiratorio |
| S | senior |
| s | segundos |
| sub | submáximo/a |
| T | talla |
| t | tiempo |
| UAe | umbral aeróbico |
| UAn | umbral anaeróbico |
| v | velocidad |
| \dot{V}_E | ventilación pulmonar |
| \dot{V}_{O_2} | consumo de oxígeno por unidad de tiempo |

| | |
|-----------------------------|--|
| $\dot{V}O_2$ reposo | consumo de oxígeno en reposo |
| $\dot{V}O_2$ max | consumo de oxígeno máximo |
| $\dot{V}O_2$ parte | consumo de oxígeno de las partes de la competición |
| $\dot{V}O_2$ partes neto | consumo de oxígeno neto de las partes de la competición |
| $\dot{V}O_2$ comp | consumo de oxígeno de la competición |
| $\dot{V}O_2$ comp neto | consumo de oxígeno neto de la competición |
| $\dot{V}CO_2$ | producción de dióxido de carbono |
| $\dot{V}O_2$ max/kg | consumo máximo de oxígeno por kg de peso corporal |
| $\dot{V}O_2$ /FC | pulso de oxígeno |

Símbolos estadísticos

| | |
|-----------|--|
| % | porcentaje |
| $f(x)$ | función de la variable x |
| max | máximo |
| min | mínimo |
| n | número de observaciones |
| P | probabilidad |
| r | coeficiente de correlación (Pearson) |
| r^2 | coeficiente de determinación (Pearson) |
| r^2 adj | coeficiente de correlación ajustado |
| rango | ámbito entre valores máximo y mínimo |
| s | desviación estándar o típica |
| s^2 | varianza |
| Σ | sumatorio |
| \bar{x} | media aritmética |

IV. ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|--------------|
| I. DEDICATORIAS | I |
| II. AGRADECIMIENTOS | V |
| III. GLOSARIO DE ABREVIATURAS | XI |
| IV. ÍNDICE DE CONTENIDOS | XVII |
| V. ÍNDICE DE ANEXOS | XXV |
| VI. ÍNDICE DE FIGURAS | XXIX |
| VII. ÍNDICE DE TABLAS | XXXV |
| VIII. ÍNDICE DE FOTOS | XLIII |
| | |
| 1. SUMARIO | 1 |
| | |
| 2. INTRODUCCIÓN | 17 |
| | |
| 2.1 Introducción al deporte del hockey hierba | 23 |
| 2.1.1. Antecedentes históricos | 23 |
| 2.1.2. El hockey hierba y los Juegos Olímpicos..... | 26 |
| 2.2. El hockey hierba en España y Cataluña | 28 |
| 2.2.1. El hockey en España | 28 |
| 2.2.2. El hockey en Cataluña | 29 |
| 2.3. La competición actual del hockey hierba | 31 |
| 2.3.1. Evolución técnico-táctica y reglamentaria..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.2. Demandas fisiológicas | 35 |
| 2.3.3. Valoración funcional y cineantropométrica | 36 |
| 2.3.4. Valoración de la condición física..... | 37 |
| 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS | 43 |
| 3.1. Justificación | 43 |
| 3.2. Objetivos..... | 45 |
| 3.2.1. Objetivos generales | 45 |
| 3.2.2. Objetivos específicos | 46 |
| | |
| 4. VALORACIÓN FUNCIONAL Y CINEANTROPOMÉTRICA | 49 |
| 4.1. Revisión bibliográfica..... | 49 |
| 4.2. Objetivos..... | 61 |
| 4.3. Material y método | 63 |
| 4.3.1. Sujetos..... | 63 |
| 4.3.2. Material | 65 |
| 4.3.3. Métodos | 67 |
| 4.3.3.1. Valoración cineantropométrica..... | 67 |
| 4.3.3.2. Valoración ergoespirométrica | 71 |
| 4.3.4. Análisis estadístico | 72 |
| 4.3.4.1. Estadística descriptiva | 72 |
| 4.3.4.2. Estadística inferencial | 73 |
| 4.4. Resultados..... | 75 |
| 4.5. Discusión..... | 88 |
| 4.6. Conclusiones | 95 |

| | |
|--|------------|
| 5. DEMANDAS FISIOLÓGICAS Y ENERGÉTICAS EN COMPETICIÓN | 101 |
| 5.1. Introducción | 101 |
| 5.2. Objetivos | 110 |
| 5.3. Material y método..... | 111 |
| 5.3.1. Sujetos | 111 |
| 5.3.2. Material | 112 |
| 5.3.3. Método | 115 |
| 5.3.3.1. Valoración de laboratorio | 115 |
| 5.3.3.2. Frecuencia cardíaca en competición real | 117 |
| 5.3.3.3. Caracterización de la lactatemia en competición real..... | 119 |
| 5.3.3.4. Caracterización del consumo de oxígeno en competición simulada (medición indirecta)..... | 120 |
| 5.3.3.5. Estimación del consumo de oxígeno | 124 |
| 5.3.3.6. Estimación del gasto energético | 131 |
| 5.3.3.7. Validación del modelo de estimación..... | 139 |
| 5.4. Diseño y método estadístico..... | 142 |
| 5.4.1. Diseño..... | 142 |
| 5.4.2. Recogida de datos | 148 |
| 5.4.3. Análisis estadístico | 150 |
| 5.5. Resultados..... | 155 |
| 5.5.1. Valoración funcional en laboratorio..... | 155 |
| 5.5.2. Frecuencia cardíaca y lactatemia en competición | 159 |

| | |
|--|------------|
| 5.5.3. Valoración indirecta del consumo de oxígeno | 170 |
| 5.5.4. Gasto energético estimado en competición..... | 176 |
| 5.5.5. Consumo de oxígeno mediante telemetría | 180 |
| 5.5.6. Estudio de validación del método de estimación del consumo de oxígeno..... | 183 |
| 5.6. Discusión..... | 193 |
| 5.6.1. Valoración funcional en laboratorio | 195 |
| 5.6.2. Frecuencia cardíaca | 198 |
| 5.6.3. Lactatemia | 204 |
| 5.6.4. Consumo de oxígeno mediante telemetría | 206 |
| 5.6.5. Gasto energético..... | 220 |
| 5.7. Conclusiones | 225 |
| | |
| 6. VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA | 234 |
| | |
| 6.1. Introducción | 235 |
| 6.1.1. Concepto de condición física | 235 |
| 6.1.2. Las cualidades físicas en los jugadores de hockey | 239 |
| 6.1.3. Pruebas de valoración de la condición física | 249 |
| 6.1.4. Pruebas de valoración de la condición física en jugadores de hockey | 258 |
| 6.2. Objetivos..... | 263 |
| 6.3. Material y método | 264 |
| 6.3.1. Sujetos | 264 |
| 6.3.2. Material | 265 |
| 6.3.3. Método | 267 |
| 6.4. Resultados..... | 270 |

| | |
|--|-----|
| 6.5. Discusión | 276 |
| 6.6. Conclusiones..... | 278 |
| | |
| 7. CONCLUSIONES..... | 281 |
| | |
| 7.1. Conclusiones finales..... | 283 |
| 7.2. Perspectivas de investigación | 288 |
| | |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 291 |
| | |
| 9. ANEXOS | 321 |

V. ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1: Hojas de observación y control | 325 |
| Anexo 2: Valores de frecuencia cardíaca, lactatemia, tiempos y resultados de competiciones amistosas y torneos oficiales..... | 329 |
| Anexo 3: Gráficas de frecuencia cardíaca y valores medios del Torneo Línea-22 (Terrassa)..... | 333 |
| Anexo 4: Gráficas de frecuencia cardíaca por posición táctica Torneo Línea-22 (Terrassa)..... | 365 |
| Anexo 5: Tablas de resultados de lactatemia en competición oficial (Torneo Línea-22)..... | 379 |
| Anexo 6: Tablas de resultados de los dos equipos estudiados (Club Egara - Egara 1935)..... | 383 |
| Anexo 7: Tablas y graficación de la ecuación y recta de regresión lineal;relación frecuencia cardíaca-consumo de oxígeno en una prueba de esfuerzo sobre cinta rodante y analizador de gases “respiración a respiración” | 391 |
| Anexo 8: Tablas de resultados de la estimación del consumo de oxígeno en competición oficial (Torneo Línea-22) | 403 |
| Anexo 9: Tablas de resultados del gasto energético en competición oficial (Torneo Línea-22)..... | 409 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 10: Cálculo y graficación de la ecuación y recta de regresión de la relación frecuencia cardíaca-consumo de oxígeno en una prueba de esfuerzo en cinta rodante | 415 |
| Anexo 11: Cálculo de la ecuación y recta de regresión lineal de la relación entre el VO_2^{estimado} , con datos de la prueba de esfuerzo, y el VO_2^{real} en competición de hockey. Validación general | 425 |
| Anexo 12: Tablas de resultados del consumo de oxígeno en competición amistosa (K2-Cosmed)..... | 435 |
| Anexo 13: Cálculo y graficación de la ecuación y recta de regresión de la relación frecuencia cardíaca-consumo de oxígeno, en competición amistosa con analizador telemétrico (K2-Cosmed) | 441 |
| Anexo 14: Cálculos de la ecuación y recta de regresión lineal de la relación existente entre el VO_2^{estimado} , con datos de la competición, y el VO_2^{real} en competición de hockey. Validación específica..... | 451 |
| Anexo 15: Tablas y resultados de las pruebas de condición física | 461 |
| Anexo 16: Matriz de datos de los capítulo 4, 5 y 6..... | 467 |

VI. ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 2-1: Terreno de juego..... | 33 |
| Figura 4-1: Comparación del $\dot{V}O_2$ max de los jugadores de hockey hierba de la India con otros de clase mundial (Ghosh y col. 1988) | 52 |
| Figura 4-2: Comparación de los valores medios del $\dot{V}O_{2max}$ ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) de jugadores de hockey hierba y fútbol según su posición en el terreno de juego (Kansal y col 1980)..... | 54 |
| Figura 4-3: Comparación del porcentaje medio de masa magra corporal de jugadores de hockey hierba y fútbol australianos en diferentes demarcaciones (Kansal y col 1980)..... | 54 |
| Figura 5-1: Validación de la estimación indirecta en uno de los jugadores de la muestra mediante el estudio de correlación entre los valores reales y estimados de consumo de oxígeno | 141 |
| Figura 5-2: Regresión de los parámetros de FC y $\dot{V}O_2$ obtenidos en una prueba de esfuerzo sobre cinta ergométrica en uno de los sujetos de la muestra | 157 |
| Figura 5-3: Rectas de regresión de los 9 jugadores de la muestra según posiciones (delanteros, medios, defensas)..... | 158 |
| Figura 5-4: Evolución de la frecuencia cardíaca media según la posición táctica durante las partes de la competición | 165 |
| Figura 5-5: Gráfica del registro continuo de la FC de un delantero centro, durante un partido de competición..... | 166 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5-6: Gráfica del registro continuo de la FC de un medio centro, durante un partido de competición | 167 |
| Figura 5-7: Gráfica del registro continuo de la FC de un defensa central, durante un partido de competición..... | 168 |
| Figura 5-8: Distribución del porcentaje medio de la frecuencia cardíaca respecto del tiempo de juego (t), a intensidad relativa a los umbrales anaeróbicos y aeróbicos durante toda la competición (tabla 5-7)..... | 169 |
| Figura 5-9: Evolución de la frecuencia cardíaca (FC) y el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), medidos teleméricamente, durante la competición amistosa (Club Egara - E.H.C) | 180 |
| Figura 5-10: Evolución de la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) durante una prueba de esfuerzo sobre cinta rodante | 184 |
| Figura 5-11: Comparación de las medias del consumo de oxígeno real y estimado en competición amistosa | 186 |
| Figura 5-12: Regresión entre el $\dot{V}O_2^{\text{real}}$ y $\dot{V}O_2^{\text{estimado}}$ en uno de los sujetos de la muestra..... | 187 |
| Figura 5-13: Rectas de regresión lineal obtenidas en la comparación de los valores de consumo de oxígeno real y estimado en competición amistosa..... | 188 |
| Figura 5-14: Correlación de los valores de consumo de oxígeno real y estimado en la globalidad de los | |

| | |
|--|-----|
| siete sujetos. | 189 |
| Figura 5-15: Correlación de los valores de consumo de oxígeno real de la estimación específica en la globalidad de los siete sujetos. | 191 |
| Figura 5-16: Esquematización de los diferentes estudios de estimación del consumo de oxígeno y validación del método relacionados en el presente estudio | 214 |
| Figura 6-1: Esquema de los factores de rendimiento deportivo según la capacidad de un individuo (Weineck 1988) | 236 |
| Figura 6-2: Esquema de una serie de factores determinantes para conseguir un estado de forma física óptimo | 247 |
| Figura 6-3: Pirámide del rendimiento motor (Broenkoff 1976, modificado por Prat 1985) | 255 |

VII. ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 4-1: Características antropométricas de jugadores de hockey hierba según sus demarcaciones (Mathur 1984) | 56 |
| Tabla 4-2: Consumo máximo de oxígeno relativo al peso ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de jugadores de hockey hierba de alto nivel según diferentes autores..... | 58 |
| Tabla 4-3: Características antropométricas y funcionales de jugadores de élite (n= 162) sudamericanos (Scott y col 1988) | 59 |
| Tabla 4-4: Potencia anaeróbica aláctica y capacidad anaeróbica (láctica) en diferentes grupos de sujetos (Scott y col. 1988) | 60 |
| Tabla 4-5: Estadística descriptiva de la edad, talla, peso, porcentaje graso y muscular estimado de los jugadores, por equipos (DH, PD) | 76 |

| | |
|---|----|
| Tabla 4-6: Composición corporal en jugadores de hockey hierba, peso graso, magro, óseo, residual, muscular y porcentaje graso estimado | 77 |
| Tabla 4-7: Somatotipo de los jugadores de División de Honor y Primera división (PD Y DH) | 78 |
| Tabla 4-8: Pliegues cutáneos, diámetros óseos y perímetros musculares en jugadores de hockey hierba de División de Honor y Primera División..... | 79 |
| Tabla 4-9: Parámetros ergoespirométricos de jugadores de hockey hierba de División de Honor y Primera División..... | 81 |
| Tabla 4-10: Valores de la frecuencia cardiaca de reposo, máxima (FCmax) en los umbrales ventilatorios (FC aeróbico y anaeróbico) en la prueba máxima en jugadores de División de Honor y Primera División..... | 82 |
| Tabla 4-11: Resultados comparativos de edad, peso, talla, porcentaje graso y peso muscular estimado, de jugadores en función de su demarcación táctica..... | 83 |
| Tabla 4-12: Somatotipo medio de los jugadores en función de su demarcación táctica | 84 |
| Tabla 4-13: Resultados comparativos de frecuencia cardíaca de reposo, máxima, y en los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico según su demarcación táctica | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 4-14: Resultados comparativos del consumo de oxígeno máximo relativo, y en los umbrales aeróbico y anaeróbico según su demarcación táctica | 86 |
| Tabla 4-15: Edad, talla y peso de jugadores de hockey hierba de alto nivel estudiados por otros autores y del presente estudio..... | 89 |
| Tabla 4-16: Dimensiones corporales y somatotipo en jugadores de hockey hierba según diferentes autores y presente estudio..... | 90 |
| Tabla 4-17: Consumo máximo relativo ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de jugadores de hockey hierba de alto nivel estudiado por otros autores y en el presente estudio | 93 |
| Tabla 4-18: Resultados comparativos entre las diferentes posiciones que ocupan los jugadores en el campo, con respecto al consumo máximo de oxígeno ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) según diferentes autores y el presente estudio..... | 94 |
| Tabla 5-1: Respuesta fisiológica individual en un partido de competición (Boyle y col. 1994)..... | 107 |
| Tabla 5-2: Gasto energético medio durante el desplazamiento en carrera con ejecución del dribling en hockey hierba a $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en laboratorio (Reilly y Seaton 1990).... | 109 |
| Tabla 5-3: Parámetros antropométricos y ergométricos y de los jugadores de hockey hierba de alto nivel en una prueba ergométrica máxima y progresiva | 156 |
| Tabla 5-4: Valores de frecuencia cardíaca, lactatemia, duración y | |

| | |
|--|-----|
| partidos realizados según la demarcación táctica en cada una de las partes del juego | 160 |
| Tabla 5-5: Distribución de la frecuencia cardíaca ($\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$) durante la competición en cada parte del juego según demarcación táctica | 161 |
| Tabla 5-6: Lactatemia durante la competición en cada parte del juego según demarcación táctica..... | 162 |
| Tabla 5-7: Distribución de la intensidad de trabajo relativa, respecto del tiempo de juego en los diferentes intervalos, el partido, según posición táctica..... | 163 |
| Tabla 5-8: Distribución del porcentaje medio de la frecuencia cardíaca, respecto del tiempo en cada una de las partes del partido, a intensidad relativa a los umbrales aeróbico y anaeróbico | 164 |
| Tabla 5-9: Valores medios de consumo de oxígeno estimados y concentración de lactato en sangre durante el juego en el partido de competición..... | 171 |
| Tabla 5-10: Valores estimados del consumo de oxígeno durante el partido de competición, incluido el descanso de media parte..... | 172 |
| Tabla 5-11: Distribución por intervalos ($\dot{V}\text{O}_2$) del tiempo total de juego en partidos de competición oficial, por demarcaciones tácticas | 173 |
| Tabla 5-12: Valores medios y máximos (pico) del consumo de | |

| | |
|--|-----|
| oxígeno estimado (absoluto y relativo) durante la competición, individualmente y según sus posiciones tácticas | 175 |
| Tabla 5-13: Gasto energético (E_{total} , y E_{neta}) estimado durante las dos partes de la competición | 177 |
| Tabla 5-14: Gasto energético (E_{total} , E_{neta}) estimado durante la competición, incluido el descanso de medio tiempo | 178 |
| Tabla 5-15: Tiempo de juego y valores medios de potencia energética total estimada (\dot{E} ; kcal·min ⁻¹) y tiempo real durante las partes de la competición oficial..... | 179 |
| Tabla 5-16: Medición telemétrica del consumo de oxígeno en jugadores de hockey hierba durante dos competiciones amistosas. Se indican la frecuencia cardíaca (FC) y el $\dot{V}O_2$ absoluto y relativo así como los valores relativos respecto de las pruebas de laboratorio (% FCmax y % $\dot{V}O_{2max}$)..... | 181 |
| Tabla 5-17: Frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno en la prueba de esfuerzo, durante dos partidos amistosos de hockey hierba | 185 |
| Tabla 5-18: Consumo máximo de oxígeno (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) de jugadores de hockey hierba de alto nivel según diferentes autores y del presente estudio..... | 196 |
| Tabla 6-1: Esquema de las cualidades físicas valoradas por la Batería Eurofit (Consejo de Europa 1993) | 257 |
| Tabla 6-2: Parámetros de condición física de la selección holandesa | |

| | |
|---|-----|
| en la preparación de la Copa del Mundo de Pakistán 1990 (Geijesel y col. 1991) | 262 |
| Tabla 6-3: Pruebas de la Batería Eurofit | 268 |
| Tabla 6-4: Tabla resumen de las pruebas Eurofit utilizadas en diferentes estudios..... | 269 |
| Tabla 6-5: Resultados de las pruebas de condición física en jugadores de división de honor y primera división | 271 |
| Tabla 6-6: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de velocidad 30 y 50 m, salto horizontal a pies juntos y agilidad 10x5 m, según demarcación táctica | 272 |
| Tabla 6-7: Resultados comparativos obtenidos en la prueba de carrera ida y vuelta (1 min), abdominales en 30 s y 1 min y flexibilidad..... | 273 |
| Tabla 6-8: Resultados comparativos en las pruebas de velocidad segmentaria de ambas manos | 274 |

VIII. ÍNDICE DE FOTOS

| | |
|--|-----|
| Foto 5-1: Acción de juego ofensivo del extremo derecha del Club Egara en partido de Liga Nacional | 109 |
| Foto 5-2: Adaptaciones del cardiotacómetro para la valoración específica de los jugadores de hockey hierba en competición real, simulada y entrenamientos..... | 117 |
| Foto 5-3: Colocación de la turbina del analizador telemétrico (K2-Cosmed) en uno de los jugadores | 123 |
| Foto 5-4: Jugador preparado para entrar en el terreno de juego con el equipo telemétrico K2-Cosmed..... | 182 |
| Foto 5-5: Jugador en competición amistosa con el equipo telemétrico K2-Cosmed | 192 |

1. SUMARIO

SUMARIO (Español)

El objetivo de la siguiente investigación fue analizar las demandas fisiológicas del hockey hierba de competición y del perfil funcional y condicional de jugadores de diferentes categorías. Un primer estudio se centró en la valoración cineantropométrica y funcional de jugadores de alto nivel nacional e internacional. En un segundo estudio se analizaron las demandas fisiológicas y energéticas del hockey, mediante la caracterización de la frecuencia cardíaca (FC), la lactatemia, el consumo de oxígeno ($\dot{V}\text{O}_2$) estimado y medido por telemetría y el gasto energético en partidos de competición oficial y amistosa. Finalmente, se llevó a cabo una valoración de la condición física de dos equipos de primera división y división de honor mediante pruebas genéricas (batería Eurofit).

Los jugadores de nivel nacional e internacional estudiados (n= 31) pueden describirse como sujetos jóvenes (\bar{x} = 22,7 años), de altura y peso medios (\bar{x} = 175,5 cm; 72,3 kg), poco adiposos (\bar{x} = 8,7 % de grasa corporal estimada) y musculados (\bar{x} = 50,5 % de masa muscular estimada), con un somatotipo medio mesomófico equilibrado (\bar{s} = 2,3 - 4,8 - 2,3). Su nivel de potencia aeróbica máxima fue elevado (\bar{x} = 65,7 mL·kg⁻¹·min⁻¹), así como su nivel de resistencia aeróbica. No se observaron diferencias significativas en función de la demarcación táctica, ni, en términos generales, entre jugadores de distinta categoría. La frecuencia cardíaca media en partidos oficiales fue muy variable (99-199 lat·min⁻¹; \bar{x} = 165 lat·min⁻¹; s= 5,6), permaneciendo una media del 50 % del tiempo de juego por debajo del umbral aeróbico, un 43 %

del tiempo en la zona de transición aeróbico-anaeróbica y sólo un 7,3 % por encima del umbral anaeróbico. Los valores de lactatemia en competición oficial se situaron entre 1,2 y 10,8 mmol·L⁻¹ (\bar{x} = 5,1 mmol·L⁻¹; s= 1,5) confirmando la variabilidad de la intensidad del esfuerzo durante el juego y la discreta activación global del metabolismo anaeróbico láctico. El consumo de oxígeno medio estimado durante las partes de un partido de competición oficial de hockey hierba fue de 3,591 L·min⁻¹, correspondiente a un consumo de oxígeno relativo de 48,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (70,7 % del $\dot{V}O_2$ max individual). Dichos resultados nos llevan a considerar como muy relevante la contribución del metabolismo aeróbico en las competiciones de hockey hierba. El consumo de oxígeno medio –medido por telemetría– en partidos amistosos de entrenamiento resultó netamente inferior al estimado en competición oficial. La estimación del consumo de oxígeno en base a la relación entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno (FC- $\dot{V}O_2$) en la prueba de laboratorio, significó una sobreestimación mucho mayor (34 % sobre los valores reales) que la derivada de la estimación en base a los registros durante la propia actividad competitiva. El gasto energético medio global estimado durante los partidos de competición oficial fue de 1.345 kcal (5.628 kJ), y la potencia energética media estimada fue de 18,1 kcal·min⁻¹ (75,7 kJ·min⁻¹). Los valores medios de potencia energética en partidos amistosos de entrenamiento en base al consumo de oxígeno directo fueron inferiores a los estimados en competición oficial. Concluimos que la potencia energética requerida es similar o algo superior a la de otros deportes intermitentes.

Las pruebas de condición física (batería Eurofit) no discriminaron entre jugadores de distinta demarcación táctica, pero si pusieron de manifiesto mejores resultados en los jugadores del equipo de superior categoría en las pruebas de potencia aeróbica, velocidad (30 y 50 m), resistencia y potencia muscular abdominal y potencia de piernas. Consideramos de gran interés el uso de los diferentes protocolos estudiados como instrumentos de control sistemático y longitudinal del entrenamiento en jugadores de hockey hierba. La homogeneidad en los resultados funcionales y condicionales obtenidos en las diferentes posiciones tácticas en jugadores de alto nivel nos induce a plantear la aplicación de sistemas homogéneos de entrenamiento físico.

SUMARI (Català)

L'objectiu d'aquesta investigació va ser analitzar les demandes fisiològiques de l'hoquei herba en competició i el perfil funcional i condicional dels jugadors de les diferents categories. Un primer estudi es va centrar en la valoració cineantropomètrica i funcional de jugadors d'alt nivell nacional i internacional. En un segon estudi es van analitzar les demandes fisiològiques i energètiques de l'hoquei, mitjançant la caracterització de la freqüència cardíaca (FC), la lactatèmia, el consum d'oxigen ($\dot{V}O_2$) estimat i mesurat per telemetria, i la despesa energètica en partits de competició oficial i amistosa. Finalment, es va fer una valoració de la condició física de dos equips de primera divisió i divisió d'honor mitjançant proves genèriques (bateria Eurofit).

Els jugadors de nivell nacional e internacional estudiats (n= 31) es poden descriure com individus joves (\bar{x} = 22,7 anys), d'alçada i pes mitjà (\bar{x} = 175,5 cm; 72,3 kg), poc adiposos (\bar{x} = 8,7 % de greix corporal estimat) i musculats (\bar{x} = 50,5 % de massa muscular estimada), amb un somatotip mitjà mesomòrfic equilibrat (\bar{s} = 2,3 - 4,8 - 2,3). El seu nivell de potència aeròbica màxima va ser elevat (\bar{x} = 65,7 mL·kg⁻¹·min⁻¹), així com el seu nivell de resistència aeròbica. No s'observaren diferències significatives en funció de la demarcació tàctica, ni, en termes generals, entre jugadors de diferent categoria. La freqüència cardíaca mitjana en partits oficials va ser molt variable (99-199 bat·min⁻¹; \bar{x} = 165 bat·min⁻¹; s= 5,6), situant-se una mitjana

del 50 % del temps de joc per sota del llindar aeròbic, un 43 % del temps en la zona de transició aeròbico-anaeròbic i només un 7,3 % per sobre del llindar anaeròbic. Els valors de lactatèmia en competició oficial es van situar entre 1,2 i 10,8 mmol·L⁻¹ (\bar{x} =5,1 mmol·L⁻¹; s=1,5) confirmant la variabilitat de la intensitat de l'esforç durant el joc i de la discreta activació global del metabolisme anaeròbic làctic. El consum d'oxigen mitjà estimat durant les parts d'un encontre de competició oficial d'hoquei herba va ser de 3,591 L·min⁻¹, corresponent a un consum d'oxigen relatiu de 48,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (70,7 % del $\dot{V}O_2$ max individual) . Aquests resultats ens porten a considerar com molt rellevant la contribució del metabolisme aeròbic en les competicions d'hoquei herba. El consum d'oxigen mitjà –mesurat per telemetria– en partits amistosos d'entrenament va ser netament inferior a l'estimat en competició oficial. L'estimació del consum d'oxigen en base a la relació entre freqüència cardíaca i consum d'oxigen (FC- $\dot{V}O_2$) en la prova de laboratori, va significar una sobreestimació més gran (34 % sobre els valors reals) que la derivada de l'estimació en base als registres durant la pròpia activitat competitiva. La despesa energètica mitjana global estimada durant els partits de competició oficial va ser de 1.345 kcal (5.628 kJ), i la potència mitjana estimada va ser de 18,1 kcal·min⁻¹ (75,7 kJ·min⁻¹). Els valors mitjans de potència energètica en partits amistosos d'entrenament en base al consum d'oxigen directe van ser inferiors als estimats en competició oficial. Vam deduir que la potència energètica necessitada és similar o una mica superior a la d'altres esports intermitents.

Les proves de condició física (bateria Eurofit) no van discriminar entre jugadors de diferent demarcació tàctica, però sí que es van manifestar millors resultats en els jugadors de l'equip de categoria superior en les proves de potència aeròbica, velocitat (30 i 50 m), resistència i potència muscular abdominal i potència de cames. Vam considerar de gran interès l'ús dels diferents protocols estudiats com a eines de control sistemàtic i longitudinal de l'entrenament en els jugadors d'hoquei herba. L'homogeneïtat en els resultats funcionals i condicionals obtinguts en diferents posicions tàctiques en jugadors d'alt nivell ens indueix a plantejar l'aplicació de sistemes homogenis d'entrenament físic.

SUMMARY (English)

The objective of this investigation was to analyse the physiological demands of competitive field hockey, and the physiological and physical profile of competitors of different levels. A first study was focused on the kinanthropometrical and physiological evaluation of players of high national and international level. In a second study the physiological demands and energy requirements of field hockey were analysed, characterising the heart rate (HR) and blood lactate response, the oxygen uptake ($\dot{V}O_2$) –both estimated and measured by telemetry–, and the energy expenditure during official competitions and friendly match playing. Finally, we carried out an evaluation of the physical fitness level of players belonging to two high level teams –Spanish first division and "honour" division– by means of fitness tests (Eurofit test battery).

The national and international players studied (n=31) can be described as young subjects (\bar{x} = 22.7 years), of average height and weight (\bar{x} = 175.5 cm; 72.3 kg), lean (\bar{x} = 8.7 % estimated body fat), muscular (\bar{x} = 50.5 % of estimated muscle mass), with a balanced mesomorphic mean somatotype

($\bar{s}=2.3 - 4.8 - 2.3$). Their maximal aerobic power was found to be high ($\bar{x}=65.7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), as was their aerobic endurance level. No significant differences were observed in relation of their tactical positioning in the field, nor, in general terms, between players of different categories. During official matches, the average heart rate varied within a wide range (99-199 $\text{beats}\cdot\text{min}^{-1}$; $\bar{x}=165 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$; $s=5.6$), remaining on average 50 % of the time played below the aerobic threshold, 43 % of the time between the aerobic and the anaerobic thresholds, and only 7.3 % above the anaerobic threshold. Blood lactate concentration levels during official competition varied between 1.2 and 10.8 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($\bar{x}=5.1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; $\text{sd}=1.5$) confirming the varying intensity of the effort during the play and the low overall activation of the anaerobic lactic metabolism. The estimated mean oxygen uptake during an official competitive match was $3.591 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, corresponding to a relative oxygen uptake of $48.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (70.7 % of the individual $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$). These results lead us to consider the contribution of the aerobic metabolism in field hockey competitions as being very relevant. The mean oxygen uptake measured by telemetry during friendly matches was clearly lower compared to that during an official competition. The estimated oxygen uptake, based on the relationship between heart rate and oxygen uptake (FC- $\dot{V}\text{O}_2$) in a laboratory test, meant a much greater overestimation (34 % above real values) than that derived from measurements during the actual competitive activity. The estimated overall energy expenditure during an official competition was 1,345 kcal (5,628 kJ), and the estimated energy power was $18.1 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ($75.7 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$). The average energy power rates in friendly training competition based on direct oxygen measurements were lower than during an official

competition. We conclude that the energy power requirement is similar or somewhat higher than that elicited by other intermittent sports.

The physical fitness tests (Eurofit fitness battery) did not discriminate among players of different tactical positioning in the field, but the players of the higher category level performed better in the tests of aerobic power, speed (30 and 50 m), strength and endurance of the abdominal muscles, and lower limb power. We consider of great interest to use the different protocols studied as tools for the systematic and longitudinal control of training in field hockey players. The homogeneity of the physiological and physical fitness results obtained in high-level players in different tactical positions lead us to propose the use of homogeneous physical training methods.

SOMMAIRE (Français)

L'objectif de cette recherche a été de réaliser une analyse des demandes physiologiques du hockey sur gazon de compétition, et du profil fonctionnel des joueurs dans de différentes catégories de compétition. Une première étude est centrée sur la réponse cinéanthropométrique et fonctionnelle de joueurs de haut niveau national et international. Une deuxième étude a analysé la dépense physiologique et énergétique du hockey, en déterminant la fréquence cardiaque (FC), la lactatémie, la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) estimée et mesurée grâce à la télémétrie, ainsi que la dépense énergétique en compétition officielle et non officielle. On réalise finalement l'évaluation de la condition physique de deux équipes de première division et division d'honneur (PD et DH) moyennant des épreuves génériques (batterie Eurofit).

Les joueurs de niveau national et international étudiés on peut les décrire comme des sujets jeunes (\bar{x} = 22,7 ans), de taille et poids moyens (\bar{x} = 175,5 cm; 72,3 kg), peu adipeux (\bar{x} = 8,7 % de graisse corporelle estimée) et musclés (\bar{x} = 50,5 % de masse musculaire estimée), avec un somatotype moyen méso-morphyque équilibré (\bar{s} = 2, 3 - 4,8 - 2,3). Leur niveau de puissance aérobie maximale était élevée (\bar{x} = 65 mL·kg⁻¹·min⁻¹), ainsi que leur niveau de résistance aérobie. On n'a pas constaté de différences significatives par rapport aux positions tactiques, ni, dans

l'ensemble, entre joueurs de différentes catégories. La fréquence cardiaque moyenne en compétition officielle était très variable (99-199 $\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$; \bar{x} = 165 $\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$; s = 5,6). Elle resta, en moyenne, 50 % du temps de jeu au dessous du seuil aérobie, 40 % du temps en zone de transition aérobie-anaérobie et seulement 7,3 % au-dessus du seuil anaérobie. Les valeurs de lactatémie en compétition officielle se sont situées entre 1,2 et 10,8 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (\bar{x} = 5,1 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; s = 1,5), ce qui confirme la variabilité de l'intensité de l'effort pendant la période de jeu et la légère activation globale du métabolisme anaérobie lactique. La consommation moyenne estimée d'oxygène pendant les périodes d'un match officiel de hockey sur gazon a été de 3,591 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, ce qui correspond à une consommation d'oxygène relative de 48,5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (70,7 % de $\dot{V}\text{O}_2$ max individuel). Ces résultats nous mènent à considérer très remarquable la contribution du métabolisme aérobie dans les compétitions de hockey sur gazon. La consommation moyenne d'oxygène –mesuré grâce à la télémétrie– en compétition amicale d'entraînement a été nettement inférieure à celui estimé pour la compétition officielle. L'estimation de la consommation d'oxygène établie entre fréquence cardiaque et consommation d'oxygène ($\text{FC}\cdot\dot{V}\text{O}_2$) pendant l'épreuve de laboratoire, a signifié une surestimation beaucoup plus grande (34 % des valeurs réelles) que celle dérivée de l'estimation basée dans des registres pendant l'activité de compétition. La dépense énergétique moyenne globale estimée pendant les match de compétition officielle a été de 1,345 kcal (5,628 kJ), et la puissance énergétique moyenne estimée de 18,1 $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ (75,7 $\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$). Les valeurs moyennes de la puissance énergétique dans des matchs amicales, d'entraînement par rapport à la consommation d'oxygène direct, ont été

inférieures à celles estimées pour ce qui est de la compétition officielle. Notre conclusion en est que la puissance énergétique requise est similaire ou quelque peu supérieure à celle d'autres sports intermittents.

Les épreuves de condition physique (batterie Eurofit) n'ont pas discriminé entre joueurs de différente position tactique, par contre elles ont mis en évidence de meilleurs résultats parmi les joueurs de l'équipe de catégorie supérieure pour ce qui est des épreuves de puissance aérobie, vitesse (30 et 50 m), résistance et puissance musculaire abdominale et puissance des jambes. Nous considérons d'un grand intérêt l'emploi des différents protocoles étudiés comme des instruments de contrôle systématique et longitudinal de l'entraînement des joueurs de hockey sur gazon. L'homogénéité des résultats fonctionnels et conditionnels obtenus pour les différentes positions tactiques des joueurs de haut niveau nous amène à proposer l'application de systèmes homogènes d'entraînement physique.

2. INTRODUCCIÓN

| | |
|--|-----------|
| 2. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 2.1 Introducción al deporte del hockey hierba | 23 |
| 2.1.1. Antecedentes históricos | 23 |
| 2.1.2. El hockey hierba y los Juegos Olímpicos | 26 |
| 2.2. El hockey hierba en España y Cataluña | 28 |
| 2.2.1. El hockey en España..... | 28 |
| 2.2.2. El hockey en Cataluña | 29 |
| 2.3. La competición actual de hockey hierba | 31 |
| 2.3.1. Evolución técnico-táctica y reglamentaria | 31 |
| 2.3.2. Demandas fisiológicas | 35 |
| 2.3.3. Valoración funcional y cineantropométrica..... | 36 |
| 2.3.4. Valoración de la condición física | 37 |

2. INTRODUCCIÓN

La actividad deportiva es un fenómeno biológico y social extremadamente complejo. Fenómeno social por su naturaleza misma, con un contenido pedagógico concreto y una orientación educativa. La práctica deportiva se ha introducido en nuestra sociedad con diferentes objetivos: el deporte escolar, el deporte recreativo, el deporte de competición, el deporte para todos, etc. Pero el más conocido y con mayor repercusión social es el deporte de competición. En su existencia y desarrollo existe una base biológica y, precisamente por esa razón, el aspecto biológico debe asumir un papel importante en la investigación científica, dirigida a solucionar los problemas de la construcción de un entrenamiento racional.

El problema de la racionalización de los modos de preparación que constituyen el entrenamiento ha sido siempre el centro del interés de los técnicos y se ha resuelto empíricamente con resultados más o menos acertados. Actualmente, la gran cantidad de datos empíricos y experimentales adquiridos ha permitido obtener reglas generales muy detalladas y se ha abierto la posibilidad de una sucesiva reformulación de este problema.

Programar significa sistematizar los contenidos del proceso de entrenamiento según los objetivos, bien definidos, de la preparación de un deportista y los principios específicos que determinan la forma correcta de la organización de las cargas de entrenamiento en un período de tiempo también definido. La programación es la mejor forma de planificar el entrenamiento de un nivel metodológico y científico más elevado, que permita mejorar las posibilidades de conseguir el objetivo fijado.

En el estado actual de desarrollo del deporte existe una serie de situaciones particulares que influyen notablemente en la preparación de los deportistas:

1. El aumento de las exigencias en los resultados de los deportistas de alto nivel, que requiere una especial preparación en todas las áreas del entrenamiento.

2. La presión, cada vez más mayor, de las actuales competiciones deportivas, ligadas siempre a la mayor cualificación de los equipos técnicos, y en las que el grado de preparación física, psicológica de los deportistas es cada vez más exigente.

3. El volumen de la carga de entrenamiento se incrementa substancialmente. Dicha circunstancia plantea de forma particular el problema de su distribución en el ciclo de competición (semanal, mensual, anual, etc.).

La investigación científica puede coadyuvar a controlar y mejorar la capacidad competitiva de los deportistas con una aproximación metodológica a gran escala, intentando reproducir la competición en el entrenamiento y el laboratorio.

La producción de energía humana es uno de los elementos más valiosos que vinculan la ciencia con la actividad deportiva y la competición, ya sea colectiva o individual. Cada vez es mayor la incidencia de que la aplicación de la ciencia, en especial de la fisiología y la biomecánica, resultan imprescindibles para mejorar el rendimiento deportivo y complementar de modo sustantivo la intuición del entrenador o preparador en la utilización y aplicación de las cargas en el entrenamiento.

Por todo ello, la elaboración de programas de entrenamiento deportivo debe considerarse en función del desarrollo de las aptitudes fisiológicas específicas para llevar a cabo una actividad deportiva determinada. Una de dichas aptitudes implica la mejora de la provisión de energía a los músculos que trabajan y el control del gasto energético en competición.

Además, se impone el estricto seguimiento de los deportistas que se entrenan a muy alto nivel, puesto que son los que están particularmente expuestos a la sobrecarga y al sobreentrenamiento. Su prevención se basa en la detección y tratamiento precoces pero, sobre todo, en la correcta programación del entrenamiento (Rodríguez 1987). Por ello, es necesaria una colaboración permanente entre el entrenador, el preparador físico, el médico,

el fisioterapeuta, y cualquier otro técnico involucrado en el proceso de preparación.

El desarrollo del deporte en los últimos años ha creado un gigante difícil de controlar y de prever en su evolución futura, si no se realizan estudios científicos que aporten la información necesaria para efectuar previsiones, organizar el entrenamiento y competir en mejores condiciones.

Alcoba (1987) señala que debemos tener en cuenta la importancia de la comunicación por medio del desarrollo somatopsíquico del hombre, donde el juego –o el deporte– ha sido uno de los factores más importantes para determinar el avance de la humanidad, precisamente, por la cantidad de información y comunicación promovida. Desde el comienzo de esta actividad, se ha hecho patente la necesidad de comunicación. Primero, en la labor de conocimiento del juego; después, en el contacto con otros competidores y, posteriormente, en la difusión de los hechos protagonizados por los deportistas.

Cagigal (1981) nos anunciaba que la instauración de la educación por el movimiento como sistema fundamental de educación está justificada en si misma si se llega a probar con rigor su beneficio individual. Pero si, además, desde otros campos de estudio e investigación se está demostrando, no sólo lo útil, sino lo necesario que al hombre de nuestro tiempo le es el hábito corporalmente activo y, consecuentemente, la importancia de la

deportivización de la sociedad, la instauración de un sistema básico de educación por el movimiento se hace doblemente obvia.

El hockey hierba es un deporte que reúne todos esos requisitos, desde sus inicios, como una de las actividades deportivas colectivas más antiguas conocidas y primera a nivel olímpico, encontrando en él la comunicación entre pueblos, la evolución educativa y formativa a nivel competitivo y, por último, el ánimo de renovación e investigación en todos los ámbitos. Todo ello sin perder su estructura amateur hasta el momento, ya que el futuro del deporte de élite parece ser el semiprofesionalismo o profesionalismo.

El enorme progreso del hockey en los primeros quince años de uso de la hierba artificial se refleja también en la importancia de la preparación física. Los cambios de reglamentación, los cambios de superficies, con influencias tanto en técnica como en la táctica, han forjado un deporte clásico pero con continuas variaciones que permiten mantener el interés en todos los ámbitos.

Wein (1992) afirma que desde 1975, con la adopción de la hierba artificial como superficie de juego, el hockey progresa a gran velocidad. Las superficies homogéneas permiten y animan tanto al principiante como al jugador de alto rendimiento a perfeccionar su técnica y usar con más frecuencia sus conocimientos tácticos. Al mismo tiempo exigen una mayor preparación física y la aplicación de un gran número de técnicas y movimientos tácticos jamás vistos hasta ahora.

Teniendo en cuenta todas las aportaciones, sobre el pasado, presente y futuro del hockey hierba como disciplina deportiva colectiva, el trabajo de investigación que se presenta a continuación pretende plantearse como objetivo principal el estudio de las demandas fisiológicas, de la capacidad física y de la valoración funcional del jugador de hockey hierba.

2.1.Introducción al deporte de hockey hierba.

2.1.1. Antecedentes históricos

El hockey hierba es un deporte inventado por los ingleses y amado con pasión por los asiáticos, quienes han ostentado durante muchos años la supremacía en la competición. En los últimos años esta especialidad deportiva ha evolucionado tanto en medios materiales como en los aspectos táctico, técnico y físico. Dicha evolución se aprecia en los campos de hierba artificial y en los sticks (palo usado como elemento principal del juego). Dichos cambios ayudan en gran medida a una práctica mucho más precisa, dando como resultado un juego más vistoso y físicamente más exigente.

Las raíces del hockey están enterradas profundamente en la antigüedad. Dibujos encontrados en las paredes de cuevas prehistóricas, indican que el hombre de las cavernas ya golpeaba una piedra con un palo primitivo por distracción, cuando no estaba dedicado a la caza o a la lucha contra sus enemigos. Los datos históricos demuestran que una forma rudimentaria de este juego se practicaba en Egipto hace unos 4.000 años y en Etiopía hace unos 3.000 años.

En un bajo relieve del frontis de un templo construido durante el reinado de Temístocles (514-449 a. de C.) figuran seis personas con sus palos en la mano, de forma similar a las actuales y dos de los hombres en una posición muy parecida a la del "bully"*, cruzando sus palos sobre la bola, imagen que seguramente inspiró a los que en 1875 confeccionaron las primeras reglas del juego, y establecieron como saque inicial el "bully", hoy casi desaparecido como tal.

Los antiguos aztecas americanos y algunas tribus de indios de Norteamérica, practicaban un juego en el que había un palo y una pelota, varios siglos antes de que Colón arribase al nuevo continente.

El juego primitivo surgió en Persia, donde se inventó el "polo", palabra que significa "caballo-hockey", y parece razonable asumir que los persas fueron los primeros en jugar con los pies, antes de introducir el poney y crear el "polo" (Hendricks 1988).

Un juego similar, originario de Grecia, fue adoptado por sus conquistadores romanos. Ellos lo transformaron en el "paganica"; se jugaba con un palo curvado y una bola llena de plumas, y fue introducido gradualmente en los territorios europeos conquistados por las legiones romanas.

(*) "bully", acción de tres golpes de stick en el aire y en el campo antes de disputar la bola al inicio de un partido.

Los soldados británicos introdujeron el juego en sus dominios y colonias. Los hindúes mostraron un instinto natural por el juego y dominaron durante muchos años este deporte, hasta sufrir sus primeros contratiempos en 1960.

También en nuestro país tenemos pruebas artísticas del hockey antiguo, concretamente en Cataluña, en una bella muestra de relieve de talla en una sillería del coro de la catedral de Barcelona, probablemente del siglo XVI.

El hockey moderno es una invención inglesa. Era muy popular en los “colleges”, particularmente en Eton. El primer partido internacional de hockey se jugó entre Inglaterra e Irlanda en 1895. Inglaterra ganó por cinco goles a cero en Richmond Surrey. El hockey se incluyó en los Juegos Olímpicos en 1908. Así, aunque lo que podríamos denominar hockey moderno nace en Inglaterra alrededor de 1840, no fue hasta fin del pasado siglo, en 1886, cuando se fundó la Hockey Association y en 1890 cuando las asociaciones de hockey de Inglaterra, Gales y Escocia fundaron la International Board, que sigue rigiendo la normativa de las reglas de juego.

2.1.2. El hockey hierba y los Juegos Olímpicos

El hockey se incluyó en el programa de los Juegos Olímpicos en 1908. Actualmente, el hockey es un pilar importante de los Juegos Olímpicos, así como de los Juegos Asiáticos y los Juegos Panamericanos. El primer torneo olímpico de hockey se disputó en Londres en 1908, con triunfo de Inglaterra, que repitió título en Amberes en 1920. Pero el hockey pasó a tener un papel de mayor relevancia en los Juegos Olímpicos en 1928, en Amsterdam, ya bajo el control de la FIH (Federación Internacional de Hockey Hierba). Participaron nueve países, entre ellos, ocho europeos. En esta primera competición no participó Inglaterra por no pertenecer a la FIH. Nadie conocía el nivel de juego de los demás participantes, como India, todavía colonia británica. Pero tras contemplar sus cinco partidos, resueltos con cinco cómodas victorias y sin recibir ni un solo gol en contra, en el mundo del hockey ya se empezó a hablar con entusiasmo y admiración de "los magos del stick".

Cinco títulos olímpicos consecutivos en los torneos siguientes se sumaron al éxito hindú de Amsterdam. Pero en Roma 1960, por primera vez, India perdió una final olímpica frente a sus vecinos de Pakistán, que se confirmaron ya como una potencia mundial gracias a su disciplina colectiva y a su excelente técnica, combinada con una gran velocidad.

En estos Juegos, España logró su primera medalla olímpica ocupando la tercera plaza, gracias a la victoria sobre Inglaterra. Fue la primera medalla española en un deporte colectivo. India, Pakistán y Nueva Zelanda consiguieron los títulos siguientes, produciéndose en Montreal 1976, en el nuevo terreno de material artificial, la novedad de que el equipo hindú quedará fuera del podio por primera vez en casi 50 años.

Cuatro años más tarde, en Moscú 1980, la India consiguió su último título olímpico frente a España, en un partido muy igualado donde España brilló a gran altura consiguiendo la medalla de plata y el mejor resultado olímpico hasta el momento. En estos juegos debutaron las mujeres. Zimbabwe, un país que acababa de proclamarse independiente, obtuvo la medalla de oro.

Pakistán en hombres y Holanda en mujeres, ganaron en Los Angeles 1984. Y en Seúl 1988, Gran Bretaña volvió a subir a lo más alto del podio, después de 68 años, en la categoría masculina, mientras que Australia venció en el torneo femenino.

A pesar del bajo número de participantes, el hockey español ha tenido desde su primera aparición en los Juegos Olímpicos en 1928 un nivel excelente, clasificándose hasta 1992 Barcelona entre los nueve primeros. En Barcelona consiguió la quinta plaza en hombres y obtuvo el mayor éxito del hockey español en féminas al obtener el título olímpico. Y por último el

hockey masculino vuelve a conseguir una nueva medalla de plata olímpica en Atlanta 1996.

2.2. El hockey hierba en España y Cataluña

2.2.1. El hockey en España

En España, el hockey se inicia en los primeros años del presente siglo. Existen algunas controversias al respecto, ya que, algunas fuentes registran que en San Sebastián existieron antecedentes de práctica del hockey en 1904 y 1906, años en que los socios del San Sebastián Recreación Club celebraron algún encuentro, aunque su desarrollo no cuajó hasta 1917. En Madrid los primeros pasos se dieron en 1909; en 1911, el British Sports Club, en su mayoría formado por ingleses, y el Madrid Hockey Club, jugaron algún encuentro hasta que éste se fusionó con el Atlético de Madrid.

En Cataluña se intentó su implantación en Barcelona entre 1908 y 1909. Pese a haber llegado a constituir un club con el nombre de Hockey Club Barcelona, no fue hasta el 22 de mayo de 1910 que tuvo lugar en los terrenos del velódromo un partido de ensayo.

En Terrassa la práctica del hockey se inició en fechas similares en el Ateneo Calasancio; fue el Viernes Santo de 1911 cuando recibieron de la firma Williams de París, palos y bolas. Pero no fue hasta la Fiesta Mayor de Terrassa –primer domingo después de San Pedro– cuando se disputó el primer partido entre dos equipos completos de clubs, el Lawn Hockey Club Calasancio y el Club Deportivo Español de Barcelona, venciendo éste por 7 a 2.

2.2.2. El hockey en Cataluña

La competición de hockey en Cataluña empezó la temporada 1914-15. Los clubes Español, Terrassa, Pompeya y Polo juegan varios partidos, siendo este último el vencedor. Tuvo lugar también el primer partido interregional con la visita a Barcelona del Atlético de Madrid, ganando un partido los catalanes y dos los madrileños. Se considera este enfrentamiento como el primer Campeonato de España oficioso. El 8 de marzo de 1916, en Barcelona, se celebró ya con carácter oficial el Campeonato de España, que acabó con empate a cero con prórroga, jugándose la final de nuevo dos días después, con victoria del R.C. de Polo.

La Copa del Mundo se celebró por primera vez en Barcelona en 1971. Diez países participaron en esta competición. Aquella edición representó para España su primera y hasta ahora única medalla en un campeonato mundial, ocupando el segundo lugar tras Pakistán y delante de India. Inicialmente, el Mundial se instauró como una competición bianual, pero desde 1978 se

disputa cada cuatro años. Tras el campeonato inicial de Barcelona, España volvió a repetir el mismo lugar frente a Holanda en Amsterdam 1998, logrando así su segunda medalla de plata en un campeonato del Mundo.

En la actualidad, el hockey catalán es el que más valores aporta a la selección nacional, y el que domina en las competiciones nacionales masculinas. Sus máximos exponentes son el Club Egara, el Atlètic de Terrassa, el Real Club de Polo y el Club Deportivo Terrassa.

Los jugadores participantes en esta investigación pertenecen en su totalidad al Club Egara de Terrassa. El Club Egara tiene más de medio siglo de actividad deportiva (1935-1999), contándose en su palmarés dos Copas de Europa (1969-1970), once Ligas Nacionales y quince Campeonatos de Cataluña, siendo en la actualidad uno de los máximos exponentes del hockey nacional.

2.3. La competición actual de hockey hierba

2.3.1. Evolución técnico-táctica y reglamentaria

La evolución técnico táctica del hockey sobre hierba siempre ha estado condicionada por los cambios del reglamento y del material deportivo, por las innovaciones introducidas por los jugadores, y por los cambios en los métodos de entrenamiento. El cambio de superficie ha condicionado, a su vez, la forma de jugar, el material de protección de los porteros, la velocidad del juego, la forma de los sticks, etc.

El hockey había sido siempre un juego con muchas faltas y, en algunas fases, quizás monótono. Los cambios tácticos, al mejorar la rapidez y vistosidad de las acciones, le convierten en la actualidad en un deporte entretenido y espectacular.

Según Wein (1992), el enorme progreso del hockey en los primeros quince años de uso de la hierba artificial se refleja también en la importancia que hoy en día tienen las jugadas estudiadas, pieza clave para conseguir éxitos en el hockey. De los cien golpes francos que se realizan de media durante un partido, veinte corresponden a saques de portería. Este dato

refleja la gran importancia que ha recibido como jugada en los entrenamientos para mejorar su efectividad en la competición.

La dureza en el momento del impacto es mayor cuanto más sólida y compacta es la bola. La superficie dura cede poco y, puesto que las bolas de plástico de hoy en día son más duras que las de cuero de hace 20 años, tienen la característica de rebotar con mayor velocidad en el stick, lo que hace posible imprimir más potencia en el golpeo y mayor velocidad a la bola.

Según Wein (1992), "si deseamos triunfar en el hockey, debemos abrirnos nuevos caminos en vez de recorrer las viejas rutas de los éxitos de los ajenos". Para ello el hockey del futuro, debe ser fruto de la investigación y de la información recogida en las competiciones que son las que marcan las pautas en la evolución del hockey moderno.

A continuación resumiremos algunos aspectos reglamentarios para el conocimiento del hockey.

- **Equipo**

Un equipo se compone de 11 jugadores (10 jugadores de campo y un portero) y 5 jugadores de reserva, que pueden ser cambiados por jugadores que abandonen el campo. No existe tácticamente una disposición sobre la posición de los jugadores en el campo. A la formación tradicional se le llama pirámide: 1 portero, 2 defensas, 3 centrocampistas y 5 delanteros o atacantes. Desde 1967 muchos equipos aplican otras formaciones y desde 1973 la mayoría de ellos juegan con 1 portero, 1 libero, 3 defensas, 3 centrocampistas y 3 delanteros.

- **Campo de juego**

El campo de juego de hockey mide 92 x 50-55 m y es sólo un poco más pequeño que un campo de fútbol (Fig.2-1). Cada mitad del campo está dividida por una línea de 22,9 m. Ante las dos porterías (3,66 m de ancho y 2,14 m de altura) se encuentra un semicírculo de tiro o área. Los jugadores sólo pueden marcar gol si tiran desde dentro del área.

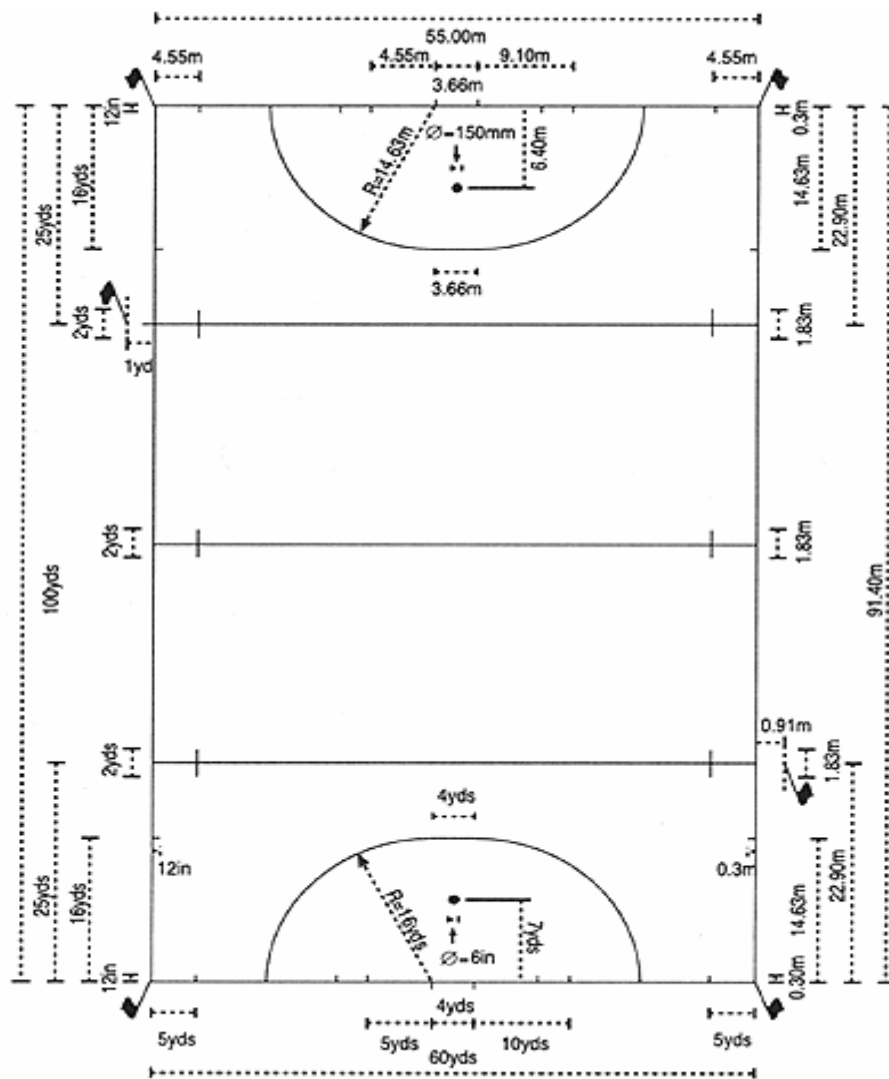


Figura 2-1: Esquema del terreno del juego reglamentario.

- **Arbitros**

El juego del hockey es controlado por dos árbitros. Cada uno de ellos abarca una mitad del campo y controla, además, el espacio de su línea lateral. Le está permitido desplazarse por todo el terreno de juego, pero generalmente actúa desde la línea central de su propia mitad del campo.

- **Tiempo de partido**

Un partido de hockey dura 70 minutos: dos tiempos de 35 min cada uno (parando el juego cada vez que sea necesario según criterio arbitral), con un descanso de 5 a 10 minutos entre ellos.

- **Bola**

La bola se asemeja a una pelota de tenis pero es dura y debe pesar entre 156 y 163 gramos. Antes era de cuero pintado de blanco en su parte exterior. Actualmente se construye de material plastificado liso y grabado como una pelota de golf.

- **El stick**

Cada jugador usa un "stick" (palo), confeccionado de madera de morera y fresno. El peso del stick puede variar entre 340 y 794 g. La parte curva del stick es lisa en su cara izquierda y sólo está permitido jugar la bola por este lado. Esta regla dificulta en extremo el dominio de la técnica del hockey. Antes de cada partido internacional los sticks de los jugadores son controlados por los jueces, de manera que éstos pasen libremente por un anillo metálico de un diámetro interior de 5,08 cm (2 pulgadas).

2.3.2. Demandas fisiológicas

El deporte de hockey sobre hierba experimenta en los últimos años un proceso de modernización, en el que diferentes aspectos (reglamento, material de los jugadores, terreno de juego, etc.) evolucionan muy rápidamente. Estos cambios no pueden escapar al estudio y valoración científica. La evolución de los factores que determinan el rendimiento físico y fisiológico en un deporte son muchos y por ello numerosos autores plantean la necesidad de definir un modelo de rendimiento específico para cada modalidad deportiva.

Dal Monte (1980, 1987), en su clasificación fisiológico-biomecánica de las actividades deportivas, considera que el hockey forma parte de las actividades de tipo aeróbico-anaeróbico alterno.

La valoración del consumo de oxígeno máximo de los jugadores de hockey hierba se ha llevado a cabo generalmente en el laboratorio, registrándose espirométricamente en pruebas de esfuerzo máximas progresivas. Los resultados de estos estudios pueden suponer un indicador importante de las cualidades condicionales en el jugador de hockey hierba, pero no nos informan sobre el gasto energético en competición.

La valoración de las exigencias funcionales en la propia competición y la estimación del gasto metabólico han sido objeto de interés para los investigadores. Entre ellos podemos destacar a Reilly y Seaton (1990) quienes observaron un claro incremento del gasto energético cuando se realizan acciones técnicas como el dribling. Los valores medios de $\dot{V}O_2\text{max}$ registrados fueron de $69 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. El gasto energético del dribling variaba además al aumentar la velocidad de desplazamiento en cinta rodante desde 44,5 hasta 60,8 kJ.

El hockey hierba es un juego rápido, con demandas intermitentes del metabolismo anaeróbico y largos períodos en que el suministro de energía aeróbica es predominante (Fox 198; Cooper y col. 1982; Thoden y col. 1982; McArdle 1986).

2.3.3. Valoración funcional y cineantropométrica

Según Rodríguez (1989), la ergometría y la antropometría, están muy vinculadas al proceso global del entrenamiento y al sistema del alto rendimiento deportivo. En base a los estudios disponibles (Kansal y col. 1980; Mathur 1984), parece que las características antropométricas influyen en gran medida sobre el rendimiento de los jugadores de hockey, y que el análisis posicional es un elemento útil para determinar aspectos relevantes de su aptitud y potencial deportivo.

En la literatura específica sobre hockey hierba observamos discrepancias en cuanto a la relevancia de la composición corporal y el somatotipo en función de la demarcación en el campo de juego según diversos autores. Mathur (1984) analiza las características morfológicas y fisiológicas de 40 jugadores en sus respectivas posiciones. El porcentaje de grasa fue significativamente más bajo (6,3 %) en los delanteros y más alto en los porteros (9,6 %). En los demás parámetros morfológicos estudiados no observaron diferencias significativas (tabla 4-1).

2.3.4. Valoración de la condición física

La preparación física es juntamente con la preparación técnico táctica uno de los puntos fundamentales del entrenamiento del jugador de hockey.

Para Zimmerman (1985, citado por Grosser y col. 1989), la condición física, juntamente con la técnica, las capacidades táctico cognitivas, las capacidades psíquicas y otras, son los elementos determinantes del rendimiento deportivo. La preparación física trata de desarrollar las habilidades físicas básicas tales como la resistencia, la velocidad, la fuerza, la destreza y la flexibilidad.

Cibich (1991) sostiene, en base a los resultados obtenidos en un estudio de campo por medio de registro de la FC, que los jugadores en las

cuatro posiciones requieren un alto nivel de condición aeróbica para la competición.

Aparte de una potencia aeróbica alta, el hockey exige que el jugador tenga capacidad de acelerar y desacelerar rápidamente. Lo que resulta crítico para el hockey es la aceleración más que la velocidad máxima. Para valorar la potencia de piernas, Scott (1991) utilizó la prueba de salto horizontal en jugadores sudafricanos.

Según Geijesel y col. (1991), las pruebas rutinarias de consumo de oxígeno sirven para determinar la potencia aeróbica máxima de los jugadores de hockey hierba, pero no otras características condicionales. Dicho autor seleccionó tres pruebas de carrera con cambios de dirección para la preparación y control del equipo nacional holandés, previo a de la Copa del Mundo celebrada en Pakistán en 1990:

- a) Sprint power: 10x5 metros sprint ida y vuelta
- b) Pace power: 10 hasta 50 metros de ida y vuelta
- c) Endurance power: 20 metros ida y vuelta.

Todos los componentes físicos son necesarios para determinar la estructura condicional y poder establecer un seguimiento que nos ayude a controlar el estado de forma, detectar los posibles problemas que puedan surgir en la preparación y detectar los futuros talentos deportivos.

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

| | |
|---|-----------|
| 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS | 43 |
| 3.1. Justificación | 43 |
| 3.2. Objetivos | 45 |
| 3.2.1. Objetivos generales | 45 |
| 3.2.2. Objetivos específicos..... | 46 |

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

3.1 Justificación

En las últimas décadas, el proceso de entrenamiento en el hockey hierba ha seguido un modelo basado en la transmisión de métodos de trabajo muy personales, carentes en muchas ocasiones del conocimiento de la respuesta del organismo frente a las diversas demandas impuestas por la competición y el propio entrenamiento. De estos métodos puramente empíricos se está pasando progresivamente a los basados en el método científico. Esto es especialmente cierto en el ámbito de la alta competición internacional.

La fisiología y la medicina han sido pioneras en la ciencia aplicada al deporte. Actualmente, dada la evolución del deporte, los métodos de trabajo empírico y científico se complementan. Diversos factores determinan el éxito del jugador de hockey hierba, pero debido a la complejidad de un análisis detallado de cada uno de ellos, son pocos los estudios realizados al respecto.

Por esa razón consideramos necesario definir un modelo de rendimiento, basado en una estructura del perfil funcional específico por demarcaciones y apoyado por unas pruebas de campo específicas que permitan valorar el nivel de preparación física, individual y colectiva.

Diseñar protocolos generales y específicos y analizar el papel relevante de los diferentes parámetros funcionales en cada demarcación (porteros, defensas, medios y delanteros) nos ayudará a determinar el perfil de los jugadores de hockey hierba. Este modelo funcional podría ser utilizado como método de control y seguimiento, así como medio para detectar y seleccionar talentos para el alto rendimiento deportivo.

3.2 Objetivos

3.2.1. Objetivos generales

- Definir un perfil funcional específico del jugador de hockey hierba que mejore el conocimiento de sus características antropométricas y funcionales básicas, y que contribuya a la elaboración de un modelo específico de rendimiento.

- Realizar un análisis descriptivo y comparativo basado en el estudio transversal de los diferentes parámetros (antropométricos, funcionales y condicionales) en jugadores de alto nivel deportivo según su demarcación táctica.

- Caracterizar la respuesta funcional en competición al objeto de establecer unas bases sólidas que posibiliten la orientación del entrenamiento según las demandas funcionales específicas del hockey hierba.

- Establecer una categorización de los diferentes factores de rendimiento en el hockey hierba que mejore la interpretación del análisis de los datos de valoración funcional y condicional.

3.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del trabajo de investigación se detallan en cada uno de los tres apartados principales del presente estudio:

- Valoración funcional y cineantropométrica.
- Demandas fisiológicas y energéticas en competición.
- Valoración de la condición física.

4. VALORACIÓN FUNCIONAL Y CINEANTROPOMÉTRICA

| | |
|---|-----------|
| 4. VALORACIÓN FUNCIONAL Y CINEANTROPOMÉTRICA.... | 49 |
| 4.1. Revisión bibliográfica | 49 |
| 4.2. Objetivos | 61 |
| 4.3. Material y método | 63 |
| 4.3.1. Sujetos | 63 |
| 4.3.2. Material..... | 65 |
| 4.3.3. Métodos..... | 67 |
| 4.3.3.1. Valoración cineantropométrica | 67 |
| 4.3.3.2. Valoración ergoespirométrica | 71 |
| 4.3.4. Análisis estadístico | 72 |
| 4.3.4.1. Estadística descriptiva | 72 |
| 4.3.4.2. Estadística inferencial..... | 73 |
| 4.4. Resultados | 75 |
| 4.5. Discusión | 88 |
| 4.6. Conclusiones | 95 |

4. VALORACIÓN FUNCIONAL Y CINEANTROPOMÉTRICA

4.1. Revisión bibliográfica

Evolución del hockey de alta competición

La evolución de los medios materiales como son el campo de hierba artificial y el stick de pala más corta y ancha, ha influido en el manejo y control de la bola y, consecuentemente, en los aspectos técnico, táctico y físico.

Dal Monte (1980, 1983, 1987) afirma que los factores que contribuyen a la consecución del éxito deportivo son diversos, pero pueden agruparse en cuatro grandes apartados: el orgánico-funcional, el estructural, el coordinativo y un cuarto, en el que se incluirían otros como el psicológico y el ambiental. Dicho autor plantea la necesidad de definir un modelo de rendimiento específico para cada deporte. En su clasificación fisiológico-biomecánica de las actividades deportivas, el hockey hierba forma parte del conjunto de actividades deportivas de tipo aeróbico-anaeróbico alterno.

De hecho, entre los factores que concurren en la consecución de un determinado rendimiento deportivo y, por tanto, en lo que hoy se viene

definiendo como el modelo de prestación específica para cada modalidad deportiva, podemos destacar los siguientes (Dal Monte y col.1987):

1. Edad ideal de comienzo de la preparación.
2. Edad de máximo rendimiento.
3. Estatura (en deportes donde ésta juega un papel preferente).
4. Peso (teniendo en cuenta la relación masa grasa/masa magra).
5. Capacidad anaeróbica aláctica.
6. Capacidad anaeróbica láctica.
7. Capacidad aeróbica.
8. Tipo de fuerza.
9. Elasticidad.
10. Coordinación neuromuscular.
11. Características antropométricas.
12. Calidad psicológica.

Valoración cineantropométrica y funcional

Según Rodríguez (1989), la valoración funcional es una nueva especialización científica, enmarcada en el contexto pluridisciplinar de las ciencias aplicadas al deporte, que acoge sistemas y técnicas basadas en la fisiología, la medicina del deporte, la ergometría, la biomecánica, la antropometría, la bioquímica, etc., y muy vinculada al proceso global del entrenamiento y al sistema del alto rendimiento deportivo.

En la literatura consultada sobre hockey hierba observamos la importancia para numerosos autores del consumo máximo de oxígeno, la potencia aeróbica y anaeróbica, la composición corporal y el somatotipo, en función de la demarcación en el terreno de juego. Según el estudio realizado por Ghosh y col. (1988) sobre el consumo máximo de oxígeno en jugadores de élite hindúes en diferentes posiciones, no se observan diferencias en el $\dot{V}O_{2\max}$ de los jugadores según su demarcación. En dicho estudio los delanteros obtuvieron el $\dot{V}O_{2\max}$ más elevado ($62,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), seguidos por los medios ($61,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y los defensas ($57,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), diferencias que no resultaron significativas estadísticamente. El estudio fue realizado en 36 jugadores de nivel nacional (6 defensas, 9 medios, y 21 delanteros). En dicho estudio también se compararon los resultados de $\dot{V}O_{2\max}$ con los obtenidos en jugadores de otros países de alto nivel en el contexto del hockey mundial (Figura 4-1).

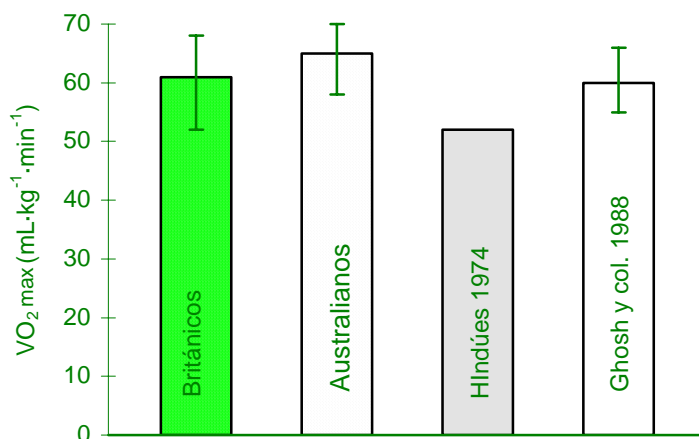


Figura 4-1: Comparación del consumo de oxígeno máximo ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de jugadores de hockey hierba de la India con otros de clase mundial (Ghosh y col. 1988).

En el trabajo de Jousselein y col. (1988), en el que el $\dot{V}O_2\text{max}$ fue determinado sobre cinta rodante, se estudiaron 556 hombres y 156 mujeres repartidos en 42 y 19 disciplinas deportivas, respectivamente. Los resultados relativos al hockey hierba difieren de los expuestos anteriormente, con valores medios de $\dot{V}O_2\text{max}$ para el equipo nacional de Francia de $55,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Si tenemos en cuenta que los estudios se realizaron en el mismo año, pero con métodos y material diferentes, parece lógico deducir que las mediciones deben ser lo más específicas posible. Desde ese punto de vista, la cinta rodante se considera un ergómetro biomecánicamente más específico que la bicicleta.

Kansal y col. (1980) estudiaron la capacidad aeróbica y la constitución corporal de 29 jugadores de fútbol de nivel nacional y de 39 jugadores de hockey (12 de nivel nacional y 27 de nivel universitario). Examinaron las diferencias entre estos dos deportes repartiendo los jugadores en varios grupos en base a su respectiva posición en el campo de juego. Obtuvieron los siguientes resultados: 1) el $\dot{V}O_2\text{max}$ y la masa corporal magra muestran diferencias en función de la demarcación, probablemente a causa de las diferentes demandas impuestas por el juego según la posición; 2) los delanteros, que deben efectuar una actividad prolongada y rápida en ambos deportes (fútbol y hockey hierba), mostraron los valores más altos de

$\dot{V}O_2$ max relativo al peso y de porcentaje de masa corporal en las cuatro categorías de jugadores; y 3) los jugadores de las otras tres demarcaciones se ordenan también según estos dos parámetros, es decir, los medios presentan valores más elevados que los defensores, los cuales, a su vez, obtienen valores más elevados que los porteros (Figuras 4-2 y 4-3). En dicho estudio, el consumo máximo de oxígeno fue determinado sobre una bicicleta ergométrica, con un protocolo progresivo en que la carga de inicio fue de 100 W a 60 rpm., con incrementos de 20 W cada 3 minutos, hasta el agotamiento.

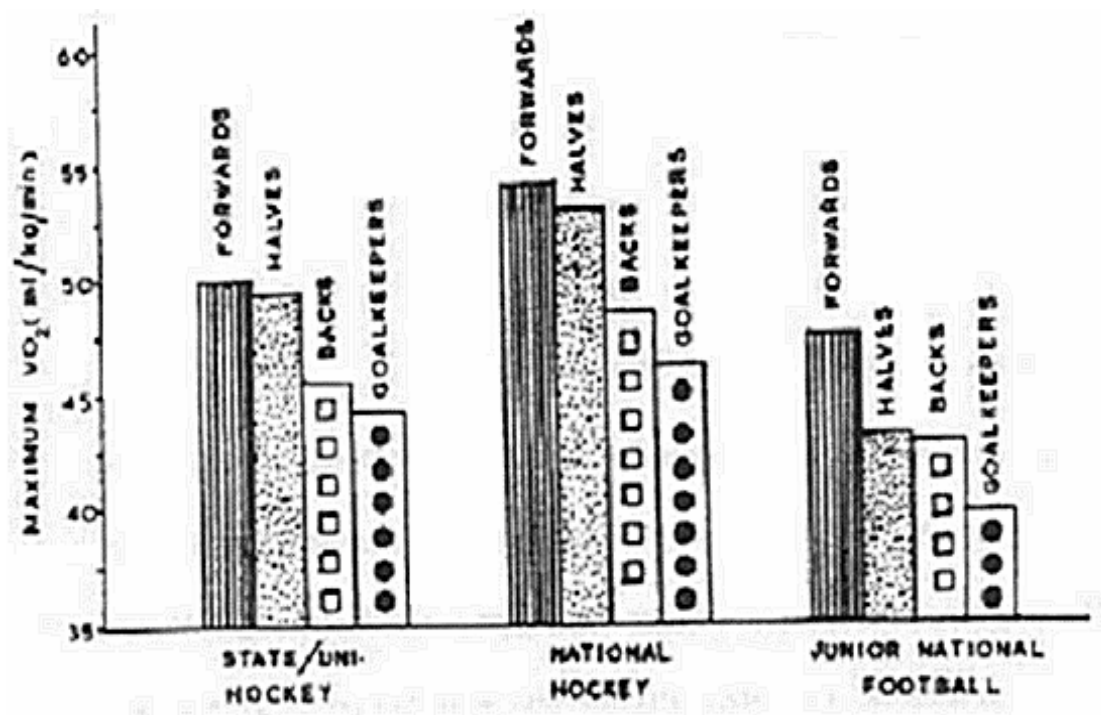


Figura 4-2: Comparación de los valores medios de consumo máximo de oxígeno relativo ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), de jugadores de hockey hierba y fútbol hindúes según su posición en el terreno de juego (Kansal y col. 1980).

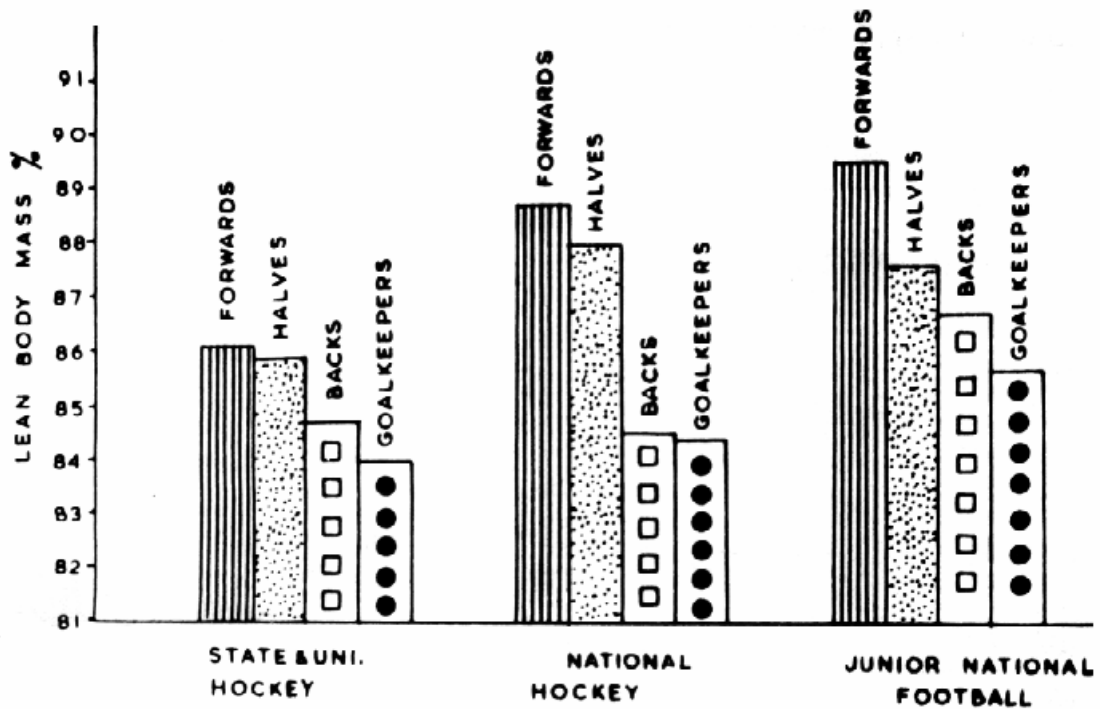


Figura 4-3: Comparación del porcentaje medio de masa magra corporal de jugadores de hockey hierba y fútbol hindúes de diferentes demarcaciones (Kansal y col. 1980).

Otros estudios aportan datos antropométricos básicos, generalmente peso, talla, perímetros musculares y somatotipo. En base a dichos estudios, parece deducirse que dichas características antropométricas influyen en el rendimiento de los jugadores de hockey y que el análisis posicional es un elemento útil para determinar aspectos relevantes de su aptitud y potencial deportivo.

Las diferencias de somatotipo en deportistas hindúes, según Sharma y col. (1988), vienen determinadas por la actividad física o especialidad deportiva practicada. El estudio fue realizado con una muestra de 165 deportistas universitarios ("sports colleges") y diferentes centros regionales de entrenamiento ("sports hostels"). El estudio revela diferencias significativas en el físico requerido para deportes específicos y sus especialidades.

Mathur (1984) analiza las características morfológicas y fisiológicas de 40 jugadores de hockey hierba de nivel nacional de Nigeria con una media de edad de 26 años, según sus respectivas posiciones. Los sujetos eran porteros (n= 5), defensas (n= 12), medios (n= 10) y delanteros (n= 13). Los medios y defensas eran significativamente más altos (\bar{x} = 175 y 175,5 cm, respectivamente), y los delanteros más bajos (\bar{x} = 170 cm). El porcentaje de grasa fue significativamente más bajo en los delanteros (\bar{x} = 6,3 %) que en los porteros (\bar{x} = 9,6 %). En los demás parámetros morfológicos estudiados no se observaron diferencias significativas (Tabla 4-1).

Tabla 4-1: Características antropométricas de jugadores de hockey hierba nigerianos según su demarcación táctica (Mathur 1984).

| | Delanteros (n=13) | Medios (n=10) | Defensas (n=12) | Porteros (n=5) | Global (n=40) |
|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Edad (años) | 25,10 (1,79) | 27,20 (2,18) | 25,50 (2,50) | 28,60 (2,15) | 26,30 (2,20) |
| Peso (kg) | 63,90 (2,80) | 63,50 (3,59) | 65,40 (4,25) | 63,60 (5,14) | 64,10 (1,80) |
| Altura (cm) | 170,0 (4,55) | 175,0 (2,87) | 172,5 (4,37) | 170,5 (4,80) | 170,8 (4,49) |
| Longitud tronco (cm) | 90,50 (1,36) | 92,70 (1,28) | 91,0 (1,50) | 91,50 (1,51) | 90,80 (3,47) |
| Longitud pierna (cm) | 79,50 (1,15) | 82,30 (1,10) | 81,50 (1,16) | 79,0 (0,54) | 80,10 (2,87) |

| | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Índice ponderal | 13,05 (0,37) | 13,53 (0,27) | 13,18 (0,26) | 13,14 (0,32) | 13,12 (0,31) |
| Relación ext. Inferior-torso | 88,40 (5,09) | 88,70 (5,21) | 90,04 (5,38) | 86,36 (2,72) | 89,70 (4,60) |
| Porcentaje graso (%Pc) | 6,31 (0,54) | 8,15 (1,17) | 7,73 (0,53) | 9,62 (0,72) | 7,60 (1,28) |
| Masa magra (kg) | 59,80 (2,20) | 58,10 (2,60) | 60,30 (3,80) | 57,40 (3,60) | 59,20 (1,18) |

Los valores son \bar{x} , (s).

En el mismo estudio (Mathur 1984), los valores medios del $\dot{V}O_{2max}$ en los delanteros fueron estadísticamente más elevados ($59,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) que en los jugadores de las tres demarcaciones restantes (porteros: $49,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; defensas $55,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; medios $55,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Perfil ergoespirométrico y funcional

Distintos autores han investigado la potencia aeróbica máxima en jugadores de hockey hierba de alto nivel deportivo, observándose diferencias según el método y protocolo utilizado (Tabla 4-2).

Bhanat y Sidhu (1981) investigaron la potencia anaeróbica máxima mediante el método de Margaria y col. 1966, en base a la velocidad vertical

máxima y el peso corporal. El estudio fue realizado con 27 jugadores de hockey hierba, 16 jugadores de voleibol, 32 futbolistas y 24 jugadores de baloncesto. Los jugadores de fútbol obtuvieron los mejores resultados en velocidad vertical, seguidos por los de hockey hierba, voleibol y baloncesto, observando que los deportistas que juegan en campo grande son más lentos que los deportes de sala en velocidad vertical, y que los jugadores de voleibol poseen una potencia anaeróbica más elevada que el resto. Resumiendo, si bien el hockey parece ser un actividad de resistencia, también la potencia anaeróbica juega un papel esencial, impuesto por la dinámica del juego.

Tabla 4-2: Consumo máximo de oxígeno ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de jugadores de hockey hierba de nivel nacional e internacional según diferentes autores.

| Autores | n | $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) | Método | Nivel deportivo |
|-------------------------|-----|---|---------------------|----------------------------|
| Withers y col. (1977) | 9 | 64,1 (5,2) | Cinta rodante | Nacional (Australiano) |
| Verma y col. (1980) | 12 | 50,6 (3,5) | Cicloergómetro | Internacional (Sel. India) |
| Kansal y col. (1980) | 27 | 48,3 (3,2) | Cicloergómetro | Universitario (India) |
| Roberts & Morton (1981) | 14 | 60,7 - | Cinta rodante | Nacional (Australiano) |
| Hargreaves (1983) | 20 | 62,2 - | Cinta rodante | Nacional (Británico) |
| Mathur (1984) | 40 | 56,5 (2,9) | Escalón de Margaria | Promesas (Nigeria) |
| Rost (1987) | 5 | 63,5 - | Cinta rodante | Nacional (Alemania) |
| Scott y col. (1988) | 117 | 53,2 (1,9) | Cooper (12 min) | Nacional (Sudáfrica) |

| | | | | |
|--------------------------|----|------------|----------------|----------------------------|
| Ghosh y col. (1988) | 36 | 61,1 (7,3) | Cicloergómetro | Nacional (India) |
| Joussellin y col. (1990) | 30 | 55,4 (1,7) | Cinta rodante | Internacional (Francia) |
| Reilly & Seaton (1990) | 7 | 69,0 - | Cinta rodante | Nacional (Británico) |
| Boyle y col. (1992) | 9 | 61,8 (1,8) | Cinta rodante | Nacional (Irlanda) |

Los datos son: \bar{X} , (s).

Scott y col. (1988) realizan un estudio sobre las capacidades aeróbica y anaeróbica de los jugadores de hockey hierba de élite. Valoraron una muestra de jugadores entre 17 y 33 años utilizando la prueba de Cooper (12 minutos de carrera) y la prueba de Wingate, para valorar la capacidad aeróbica y la potencia anaeróbica, respectivamente (tabla 4-3).

Tabla 4-3: Características antropométricas y funcionales en una prueba aeróbica (Cooper 12 min) y anaeróbica (prueba en cicloergómetro de Wingate) de jugadores de élite sudafricanos (Scott y col. 1988).

| Parámetros | n | Edad (años) | Estatura (cm) | Peso (kg) | $\dot{V}O_2\text{max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | PAn (5s) (W·kg ⁻¹) | PAnT (30s) (W·kg ⁻¹) |
|------------------------|-----|----------------|------------------|---------------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Capacidad aeróbica | 117 | 24,1 (1,9) | 170,8 (1,9) | 75,4 (1,4) | 53,3 (2,6) | - | - |
| Potencia anaeróbica | 162 | 24,6 (3,9) | 176 (6,5) | 75,2 (8,1) | - | 11,3 (1,5) | 9,1 (1,0) |

Los datos son: \bar{X} , (s).

Los resultados medios que obtuvieron en la prueba de potencia anaeróbica (PAn, 5s) fueron de $11,3 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$. Estos valores son similares a los $11,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ del estudio de di Prampero y col. (1970). Pero los resultados obtenidos en la capacidad anaeróbica o potencia anaeróbica total (PAnt, 30s), con una media de $9,1 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, fueron superiores a los registrados por Bar-Or y col. (1977), que registraron valores medios de $7,0$ y $7,1 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente (tabla 4-4).

Tabla 4-4: Potencia anaeróbica aláctica y capacidad anaeróbica láctica en diferentes grupos de deportistas y sujetos no entrenados (Scott y col. 1988).

| Sujetos | Método | Duración (s) | Potencia (W) | Potencia relativa (W·kg ⁻¹) | Referencias |
|--|---------------------------------|-----------------|-----------------|---|------------------------------|
| <i>Potencia anaeróbica máxima (aláctica)</i> | | | | | |
| Fútbol | Prueba de Margaria | <5 | - | 15,2 | Margaria y col. (1966) |
| | | <5 | - | 15,0 | di Prampero y col. (1970) |
| Hockey hierba | Prueba de Margaria | <5 | - | 11,5 | di Prampero y col. (1970) |
| Fútbol | Prueba de Margaria | <5 | 1.234 | 16,4 | Withers y col. (1977) |
| Hockey hierba | Prueba de Margaria | <5 | 1.133 | 15,5 | Withers y col. (1977) |
| Hockey hierba | Prueba de Margaria | <5 | 1.026 | 14,8 | Roberts & Morton (1981) |
| Hockey hierba | Prueba de Wingate | 5 | - | 11,3 | Scott y col. (1988) |
| Hombres adultos | Prueba de Katch | 6 | 564 | 7,4 | Katch (1974) |
| Hombres adultos | Prueba de Katch | 6 | 677 | 9,5 | Katch y Weltman (1979) |
| <i>Capacidad anaeróbica (láctica)</i> | | | | | |
| Hombres adultos | Cicloergómetro | 10 | 685 | 10,8 | Simoneau y col. (1983) |
| Hombres Israelis (19-22) | Prueba de Wingate | 30 | - | 7,1 | Bar Or y col. (1977) |
| Hombre israelis (30-40) | Prueba de Wingate | 30 | - | 7,0 | Bar Or y col. (1977) |
| Hockey Hierba | Prueba de Wingate | 30 | - | 9,1 | Scott y col. (1988) |
| Fútbol | Prueba de tolerancia láctica | 60 | 857 | 11,8 | Szogy y Cherebetiu (1974) |
| Hombres juvenes | Cicloergómetro | 90 | 380 | 5,4 | Simoneau y col. (1983) |
| Hombres adultos | Prueba de Katch | 120 | 430 | 5,6 | Katch (1974) |
| Hombres adultos | Prueba de Katch | 120 | 358 | 5,0 | Katch y Weltman (1979) |

Los datos son: \bar{x} .

4.2. Objetivos

Los objetivos del estudio de valoración cineantropométrica de jugadores de hockey hierba fueron los siguientes:

- Definir un perfil morfológico de jugadores de nivel nacional e internacional considerando las siguientes variables:
 - parámetros antropométricos dimensionales;
 - composición corporal;
 - somatotipo.

- Comparar las características cineantropométricas de los jugadores de categorías distintas (división de honor y primera división).

- Comparar y, eventualmente, establecer un perfil cineantropométrico según las demarcaciones en el campo (porteros, defensas, medios y delanteros).

Los objetivos del estudio de valoración funcional ergoespirométrica de jugadores de hockey hierba fueron los siguientes:

- Valorar genéricamente la adaptación cardiorrespiratoria y metabólica al esfuerzo máximo progresivo, la potencia aeróbica máxima y la resistencia aeróbica de jugadores de hockey hierba de nivel alto nivel.
- Definir un perfil funcional ergoespirométrico del jugador de hockey hierba de nivel nacional e internacional.
- Comparar las características ergoespirométricas de los jugadores de las dos categorías estudiadas (división de honor y primera división).
- comparar y, eventualmente, establecer un perfil ergoespirométrico según las demarcaciones en el campo (porteros, defensas, medios y delanteros).

4.3. Material y método

4.3.1. Sujetos

Participaron en el presente estudio un total de 31 jugadores de nivel nacional e internacional, con edades comprendidas entre 18 y 28 años. Los jugadores, pertenecientes al Club Egara de Terrassa, fueron agrupados en categorías, según su participación en competición oficial:

-Club Egara, categoría senior de División de Honor (DH; n=16).

-Club Egara 1935, categoría senior de Primera División (PD; n=15).

Del total de 31 jugadores, 3 eran porteros, 10 defensas, 9 medios y 9 delanteros. El equipo obtuvo esa temporada el Campeonato de Liga de División de Honor (1991-92). Entre ellos se encontraban 12 jugadores internacionales con la Selección Española absoluta y sub-21. Cinco de dichos jugadores participaron en los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992 y cuatro en Atlanta 1996.

Todos eran sujetos jóvenes y se hallaban en buen estado de salud, circunstancia determinada previamente mediante un reconocimiento médico-deportivo. Los sujetos participaron en el estudio voluntariamente, como parte del proceso de valoración funcional y control del entrenamiento. Todos tenían experiencia previa en la instrumentación y metodología empleadas. Los sujetos fueron además informados de la investigación en curso y se solicitó de ellos su participación y colaboración activa. Los jugadores se hallaban en el período preparatorio de la temporada de competición, etapa en la que el objetivo principal del entrenamiento era incrementar el volumen de trabajo general. Las valoraciones se realizaron en Terrassa y Barcelona durante los meses de septiembre a noviembre de 1991.

4.3.2. Material

Para las pruebas de valoración funcional en laboratorio se utilizaron los siguientes aparatos e instrumentos:

- **Analizador de gases** (O_2 y CO_2) de circuito abierto tipo “breath by breath” (respiración a respiración), conectado a un ordenador, y compuesto por pneumotacógrafo, analizador paramagnético de oxígeno y analizador de dióxido de carbono por infrarrojos (CPX II, Medical Graphics, E.U.A.).

- **Ergómetro** de cinta rodante (Woodway, RFA), regulable en velocidad y pendiente.

- **Electrocardiógrafo** con monitor continuo de tres canales para la determinación de la frecuencia cardíaca (Schwartz, RFA), utilizando las desviaciones M5 y CC5.

Para las mediciones antropométricas, realizadas por el mismo antropometrista, se utilizaron los siguientes instrumentos antropométricos de precisión (Holtain, G.B.):

- **Tallímetro vertical** (con precisión de 0,1 cm). Utilizado para la medición de la talla.

- **Báscula** (con precisión de 100 g). Utilizada para medición del peso.

- **Antropómetro de Harpenden** (con precisión de 1 mm). Utilizado para la medición de las alturas, diámetros y anchuras.

- **Calibre pequeño o paquímetro** (con precisión de 0,5 mm). Utilizado para la medición de los diámetros óseos.

- **Adipómetro o compás de pliegues cutáneos**. Utilizado para la medición del grosor de los pliegues cutáneos.

- **Cinta métrica** (con precisión de 1 mm). Utilizada para la medición de los perímetros.

4.3.3. Métodos

4.3.3.1. Valoración cineantropométrica

Para valorar las características morfológicas antropométricas de los jugadores se procedió a la medición de los parámetros relacionados a continuación, según la metodología cineantropométrica propuesta por Ross y Marfell-Jones (1991) y por el Grupo Español de Cineantropometría (Aragónés y col. 1993).

El protocolo utilizado incluyó las siguientes mediciones antropométricas, efectuadas por el mismo antropometrista:

- Talla (en extensión axial de la columna e inspiración máxima).
- Peso.
- Pliegues cutáneos (6):
 - tricipital
 - subescapular
 - supraespinal
 - abdominal,
 - anterior del muslo
 - medial de la pierna.

- Anchuras o diámetros óseos (3):
 - biestiloideo cúbito-radial (muñeca)
 - biepicondíleo humeral (codo)
 - biepicondíleo femoral (rodilla).
- Perímetros musculares (2):
 - brazo (contraído y flexionado)
 - pierna (máximo).

Para el estudio de la composición corporal se utilizó el modelo de fraccionamiento tetracompartimental de Matiegka (1921), aplicando la estrategia de De Rose y Guimaraes (1980) modificada (Rodríguez 1987). Dicho modelo de fraccionamiento del peso corporal total (P_c) se basa en la estimación de cuatro masas o pesos corporales, mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones de cálculo:

Ecuación de fraccionamiento en cuatro componentes (Matiegka 1921):

$$P_c = P_g + P_o + P_m + P_r$$

El peso graso relativo (P_g), expresado en porcentaje del peso corporal, se estimó según las ecuaciones propuestas por Yuhasz y Carter (Carter 1986), en base al sumatorio de seis pliegues cutáneos:

$$P_g (\% P_c) = \Sigma PC \cdot 0,1051 + 2,585$$

donde ΣPC = sumatorio de seis pliegues cutáneos

El peso óseo (P_o), expresado en porcentaje del peso corporal, se estimó mediante la ecuación de Rocha (1975), basada en la anterior de Von Döbeln (1964):

$$P_o (\% P_c) = (3,02 \cdot (T^2 \cdot DCR \cdot DF \cdot 400) \cdot 0,712) \cdot 100 \cdot P_c^{-1}$$

donde P_c = peso corporal total; T = talla; DCR = diámetro biestiloideo cúbito-radial; y DF = diámetro biepicondíleo femoral.

El peso residual (P_r), expresado en porcentaje del peso corporal, se estimó mediante la ecuación de Würch (1974):

$$P_r (\% P_c) = (24,1 \cdot P_c) \cdot 0,01$$

donde P_c = peso corporal total.

El peso muscular (P_m), expresado en porcentaje del peso corporal, se calculó por sustracción del peso corporal total mediante la siguiente ecuación:

$$P_m (\% P_c) = P_c - P_g - P_r - P_o$$

donde P_c = peso corporal total; P_g = peso graso; P_r = peso residual; y P_o = peso óseo (todos los pesos expresados en porcentaje del peso corporal total, % P_c).

Para el estudio del somatotipo se utilizó el método antropométrico propuesto por Heath y Carter (1967), que permite definir tres componentes (endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo) mediante cálculos basados en mediciones antropométricas: talla, peso, tres pliegues cutáneos y dos perímetros musculares (Carter 1980; Carter y Heath 1990):

- I componente (endomorfismo): indica el grado de gordura relativa;
- II componente (mesomorfismo): indica la robustez músculo-esquelética relativa;
- III componente (ectomorfismo): indica la linealidad relativa (predominio de la talla sobre el peso).

4.3.3.2. Valoración ergoespirométrica

El protocolo ergométrico se ajustó a las normas del Comité de Estandarización Internacional en Ergometría del ICSSPE (International Council of Sports Science and Physical Education). Se trata de una prueba ergométrica máxima, progresiva y triangular sobre cinta rodante, con análisis ergoespirométrico y metabólico. La prueba se inició con una velocidad de 6 km·h⁻¹, incrementando 2 km·h⁻¹ cada minuto y con una inclinación del 5 % constante. Se determinó el consumo máximo de oxígeno y demás parámetros ergoespirométricos convencionales. Se calcularon también los umbrales aeróbico y anaeróbico, según los cambios sucesivos de ventilación y del intercambio gaseoso detectados durante la prueba de esfuerzo (Rodríguez y Aragonés 1992). Los resultados de consumo de oxígeno se presentan en términos absolutos (mL·min⁻¹) y relativos al peso corporal (mL·kg⁻¹·min⁻¹).

4.3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el programa SPSS/PC, versiones 4.0-6.0.

4.3.4.1. Estadística descriptiva

Para la estadística descriptiva de las muestras de tamaño (n) se utilizaron las ecuaciones convencionales de la media aritmética (\bar{x}), varianza (s^2), desviación estándar (s), valores extremos (max y min) y error estándar de la media (SEm) (Doménech 1977; Echevarria 1982).

La normalidad de la distribución de las variables cuantitativas fue determinada mediante la prueba Kolmogorov-Smirnoff, que permite comparar la distribución acumulada de una variable continua con las distribuciones teóricas de la ley normal.

4.3.4.2. Estadística inferencial

Para las medidas de asociación entre variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, definido por la ecuación:

$$r = \frac{\sum_{i=1} (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{(n - 1) \cdot s_x \cdot s_y}$$

El modelo de correlación utilizado fue el de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados de Newton, según la ecuación de regresión lineal $y = ax + b$, donde x = variable independiente; y = variable dependiente; a = a la pendiente de la línea de regresión; y b = valor de y para $x= 0$. Para determinar la bondad del ajuste se calcularon, además del coeficiente de determinación (r^2), el error standard de estimación (SEE) y el grado de significación de las diferencias (P).

Para determinar la correlación entre más de dos variables se utilizó un modelo de regresión múltiple, mediante un proceso de selección escalonada de las variables incluidas en la ecuación ('stepwise selection'), el coeficiente de regresión B, y el coeficiente beta (SPSS, 1984).

Para comparar las medias de pares de valores en los casos en los que la muestra seguía la distribución normal (Kolmogorov-Smirnoff) se utilizó la prueba t de Student-Fisher para valores apareados. Para la comparación de grupos de datos de jugadores menores de 30 ($n < 30$) de una misma variable cuantitativa de distribución no normal se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La significación estadística de las diferencias se determinó mediante una prueba bilateral y se expresa como el grado de significación (P).

4.4. Resultados

Análisis comparativo en función de la categoría (DH, PD).

Los resultados del estudio comparativo se describen en la tabla 4-5. Los jugadores de hockey hierba de nivel nacional e internacional de la muestra presentan una talla media de 175,5 cm, un peso medio de 72,3 kg y un porcentaje de grasa corporal medio del 8,7 %.

No se observan diferencias significativas en el peso o la talla entre los jugadores de ambos equipos ($P > 0,05$), pero sí en la edad ($P = 0,009$), siendo los jugadores del equipo de PD 3 años más jóvenes.

En ambos equipos predomina el somatotipo mesomórfico equilibrado, con un somatotipo medio global de 2,3 - 4,8 - 2,3. Se observan diferencias significativas ($P < 0,05$) en la linearidad relativa, con un mayor ectomorfismo en el equipo más joven (PD) (tabla 4-7).

Tabla 4-5: Estadística descriptiva de la edad, talla, peso, porcentajes grasa y muscular estimado de los jugadores por equipos (DH, PD).

| | Edad (años) | Talla (cm) | Peso (kg) | Porcentaje graso (% Pc) | Porcentaje muscular (% Pc) |
|----------------------------------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|----------------------------------|
| División de Honor (n= 16) | | | | | |
| \bar{x} | 22,7* | 175,0 | 74,3 | 8,4 | 51,6* |
| (s) | (2,9) | (6,8) | (6,3) | (1,3) | (2,4) |
| min | 17,0 | 164 | 64,7 | 6,9 | 49,4 |
| max | 29,0 | 188 | 86,4 | 12,6 | 59,8 |
| Primera División (n= 15) | | | | | |
| \bar{x} | 19,8* | 176,2 | 70,3 | 8,7 | 49,3* |
| (s) | (2,2) | (6,0) | (10,2) | (1,8) | (1,3) |
| min | 17,0 | 167 | 54,3 | 6,6 | 47,4 |
| max | 24,0 | 188,5 | 89,9 | 13,3 | 51,4 |
| Global (n= 31) | | | | | |
| \bar{x} | 21,4 | 175,5 | 72,3 | 8,7 | 50,5 |
| (s) | (2,9) | (6,4) | (8,8) | (1,8) | (2,2) |

*Diferencias significativas en la edad (P= 0,009) y en el porcentaje muscular (P= 0,03).

No se observan diferencias significativas entre ambos grupos en la composición corporal, exceptuando el porcentaje muscular: los jugadores del primer equipo de mayor categoría (DH) presentan un porcentaje muscular superior a los de categorías inferior (P= 0,03), y al peso muscular (P= 0,03).

Tabla 4-6: Composición corporal en jugadores de hockey hierba de División de Honor y Primera División.

| | División de Honor (n=16) | | Primera División (n=15) | | P |
|----------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|------|
| Peso graso (kg) | 6,2 | (0,2) | 6,2 | (2,1) | ns |
| Peso magro (kg) | 68,0 | (6,1) | 64,1 | (8,5) | ns |
| Peso óseo (kg) | 11,8 | (1,9) | 12,4 | (1,2) | ns |
| Peso residual (kg) | 17,9 | (1,5) | 16,9 | (2,5) | ns |
| Peso muscular (kg) | 38,3 | (3,6) | 34,7 | (5,2) | 0,03 |
| Porcentaje graso (% Pc) | 8,4 | (1,3) | 8,7 | (1,8) | ns |
| Porcentaje muscular (% Pc) | 51,6 | (2,4) | 49,3 | (1,3) | 0,03 |

Los datos son: \bar{x} , (s).

Tabla 4-7: Somatotipo de los jugadores de División de Honor y Primera División.

| División de Honor (n=16) | Somatotipo | | |
|--------------------------|------------|--------------|--------------|
| | Endomorfia | - Mesomorfia | - Ectomorfia |
| \bar{x} | 2,3 | - 4,9 | - 1,9* |
| (s) | (0,5) | - (0,9) | - (0,6) |
| min | 1,8 | - 3,3 | - 0,8 |
| max | 3,9 | - 6,6 | - 2,8 |
| Primera División (n=15) | | | |
| \bar{x} | 2,3 | - 4,7 | - 2,8* |
| (s) | (0,6) | - (1,2) | - (1,2) |
| min | 1,6 | - 1,9 | - 0,9 |
| max | 4,2 | - 6,8 | - 5,6 |
| Global (n=31) | | | |
| \bar{x} | 2,3 | - 4,8 | - 2,3 |
| (s) | (0,6) | - (1,1) | - (1,1) |

*Diferencias significativas en el componente ectomórfico (P= 0,002)

En la tabla 4-8, se presentan los resultados de las mediciones cineantropométricas. No hay que destacar diferencias significativas entre los dos equipos en los datos obtenidos en los pliegues cutáneos, diámetros óseos y perímetros musculares.

Tabla 4-8: Pliegues cutáneos, diámetros óseos y perímetros musculares en jugadores de hockey hierba de División de Honor y Primera División.

| | División de Honor (n=16) | | Primera División (n=15) | | Global (n=31) | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------|------------------|-------|
| <i>Pliegues cutáneos (mm)</i> | \bar{x} | (s) | \bar{x} | (s) | \bar{x} | (s) |
| Tricipital | 8,2 | (1,9) | 8,0 | (1,7) | 8,1 | (1,8) |
| Abdominal | 13,4 | (5,2) | 12,5 | (4,8) | 12,9 | (5,2) |
| Subescapular | 9,2 | (1,3) | 9,9 | (3,1) | 9,6 | (2,4) |
| Supraespinal | 6,3 | (2,2) | 6,2 | (2,4) | 6,4 | (2,4) |
| Anterior muslo | 10,0 | (2,8) | 13 | (4,8) | 11,8 | (4,2) |
| Medial pierna | 7,0 | (3,0) | 8,7 | (3,2) | 7,9 | (3,3) |
| <i>Diámetros óseos (mm)</i> | | | | | | |
| Biestiloideo cúbito radial | 5,7 | (0,3) | 5,8 | (0,3) | 5,8 | (0,3) |
| Bihumeral | 6,9 | 0,3 | 7,0 | 0,3 | 6,9 | 0,4 |
| Biepicondíleo femoral | 9,6 | 1,4 | 10,0 | 0,5 | 9,8 | 1,1 |
| <i>Perímetros musculares (cm)</i> | | | | | | |
| Brazo contraído | 31,1 | (2,3) | 30,8 | (2,7) | 30,9 | (2,6) |
| Pierna | 36,7 | (1,5) | 35,8 | (2,5) | 36,3 | (2,1) |

Diferencias no significativas ($P > 0,05$).

Los resultados obtenidos en los parámetros principales de las pruebas de laboratorio según las categorías de competición se presentan en la tabla 4-9.

El consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico de los jugadores del equipo de PD es superior al de DH ($P= 0,043$).

En la tabla 4-10 se presentan los valores relativos a la frecuencia cardíaca de reposo, máxima y en los umbrales ventilatorios para los dos grupos de jugadores estudiados (DH, PD). Se observan diferencias significativas en la FC de reposo y en la FC de umbral anaeróbico y ambas más elevadas en los jugadores de PD ($P= 0,018$).

Tabla 4-9: Parámetros ergoespirométricos de jugadores de hockey hierba de División de Honor y Primera División.

| | Peso (kg) | $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | Umbral aeróbico (% $\dot{V}\text{O}_2\text{ max}$) | Umbral anaeróbico (% $\dot{V}\text{O}_2\text{ max}$) |
|---------------------------|--------------|--|--|--|
| División de Honor (n= 16) | | | | |
| \bar{x} | 74,3 | 66,7 | 68,5 | 85,8* |
| (s) | (6,3) | (5,4) | (6,8) | (6,0) |
| min | 64,7 | 59,7 | 57,3 | 75,5 |
| max | 86,4 | 76,8 | 83,8 | 97,3 |
| Primera División (n= 15) | | | | |
| \bar{x} | 70,3 | 64,7 | 69,8 | 90,1* |
| (s) | (10,2) | (4,8) | (5,6) | (7,10) |
| min | 54,3 | 57,3 | 61,2 | 70,7 |
| max | 89,9 | 71,2 | 79,1 | 97,6 |
| Global (n= 31) | | | | |
| \bar{x} | 72,3 | 65,7 | 69,1 | 87,9 |
| (s) | (8,8) | (5,24) | (6,3) | (6,9) |

*Diferencias significativas en el umbral anaeróbico (P= 0,043)

Tabla 4-10: Valores de frecuencia cardíaca de reposo, máxima y en los umbrales ventilatorios (FC aeróbico y anaeróbico) en la prueba máxima en jugadores de División de Honor y Primera División.

| | FC reposo (lat·min ⁻¹) | FC max (lat·min ⁻¹) | FC UAe (lat·min ⁻¹) | FC UAn (lat·min ⁻¹) |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| División de Honor (n=16) | | | | |
| \bar{x} | 60,7* | 193,0 | 162,8 | 180,6* |
| (s) | (8,2) | (6,1) | (10,7) | (5,6) |
| min | 50 | 180 | 144 | 169 |
| max | 77 | 203 | 180 | 187 |
| Primera División (n=15) | | | | |
| \bar{x} | 68,5* | 197,1 | 167,5 | 187,3* |
| (s) | (8,4) | (5,2) | (6,6) | (8,3) |
| min | 53 | 185 | 158 | 170 |
| max | 82 | 203 | 180 | 200 |
| Global (n= 31) | | | | |
| \bar{x} | 64,5 | 195,0 | 165,1 | 184,8 |
| (s) | (9,3) | (6,2) | (9,4) | (7,1) |

* Diferencias significativas en la FC reposo (P= 0,0185), y en la FC UAn (P= 0,0183).

Análisis comparativo en función de la demarcación

En la tabla 4-11 se resumen los valores medios (\bar{x}) relativos a la edad, peso, talla y porcentajes graso y muscular estimados en función de la demarcación táctica. No se observan diferencias estadísticamente significativas entre las demarcaciones.

Tabla 4-11: Resultados comparativos de edad, peso, talla y porcentaje graso y muscular estimado de jugadores en función de su demarcación táctica. Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$).

| | Edad (años) | Peso (kg) | Talla (cm) | Porcentaje graso (% Pc) | Porcentaje muscular (% Pc) |
|------------------|----------------|--------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| Delanteros (n=9) | 20,1 (2,8) | 74,9 (8,3) | 176,8 (6,2) | 8,8 (1,8) | 50,3 (1,2) |
| Medios (n=9) | 21,2 (3,0) | 68,7 (8,0) | 174,8 (5,7) | 8,1 (0,9) | 49,8 (1,5) |
| Defensas (n=10) | 21,8 (2,6) | 72,7 (9,0) | 174,5 (6,5) | 8,6 (2,0) | 51,3 (3,3) |
| Porteros (n=3) | 24,0 (4,3) | 74,4 (11,5) | 176,9 (9,9) | 8,4 (1,4) | 49,9 (1,1) |
| Global (n=31) | 21,4 (2,9) | 72,3 (8,8) | 175,5 (6,4) | 8,7 (1,8) | 50,5 (2,2) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

En la tabla 4-12 se resumen los datos relativos al somatotipo en función de la demarcación táctica. Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$). Globalmente los jugadores presentan un somatotipo medio mesomórfico equilibrado.

Tabla 4-12: Somatotipo medio de los jugadores en función de su demarcación táctica. Se indica el valor medio de cada componente y su desviación típica (s). Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$).

| | | Somatotipo | | |
|------------|--------|--------------|--------------|--------------|
| | | Endomorfia | Mesomorfia | Ectomorfia |
| Delanteros | (n=9) | 2,3 (0,7) | 4,8 (0,4) | 2,1 (0,7) |
| Medios | (n=9) | 2,1 (0,3) | 4,6 (1,6) | 2,7 (1,6) |
| Defensas | (n=10) | 2,3 (0,5) | 4,4 (1,0) | 2,2 (0,4) |
| Porteros | (n=3) | 2,3 (0,7) | 5,7 (2,2) | 2,2 (0,4) |
| Global | (n=31) | 2,3 (0,6) | 4,8 (1,1) | 2,3 (1,1) |

Los datos son: \bar{x} , (s).

Tabla 4-13: Resultados comparativos de frecuencia cardíaca de reposo, máxima y en los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico, según su demarcación táctica. Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$).

| | FC en reposo (lat·min ⁻¹) | FC máxima (lat·min ⁻¹) | FC umbral aeróbico (lat·min ⁻¹) | FC umbral anaeróbico (lat·min ⁻¹) |
|-------------------------|---|--|---|---|
| <i>Delanteros (n=9)</i> | | | | |
| | 63,8 (9,6) | 195,3 (7,5) | 164,9 (9,5) | 184,7 (7,7) |
| <i>Medios (n=9)</i> | | | | |
| | 68,4 (7,2) | 193,9 (4,8) | 162,0 (8,2) | 181,8 (8,2) |
| <i>Defensores(n=10)</i> | | | | |
| | 62,2 (9,5) | 194,7 (6,4) | 165,8 (9,4) | 184,3 (9,0) |
| <i>Porteros (n=3)</i> | | | | |
| | 62,3 (14,7) | 198,3 (7,2) | 172,7 (12,7) | 186,0 (6,0) |
| <i>Global (n=31)</i> | | | | |
| | 64,5 (9,3) | 195,0 (6,2) | 165 (9,4) | 183 (7,1) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

Tabla 4-14: Resultados comparativos del consumo de oxígeno máximo absoluto relativo y en los umbral aeróbico y anaeróbico según la demarcación táctica de los jugadores.

| | $\dot{V}O_2$ max absoluto (mL·min ⁻¹) | $\dot{V}O_2$ max relativo (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | Umbral aeróbico (% $\dot{V}O_2$ max) | Umbral anaeróbico (% $\dot{V}O_2$ max) |
|--------------------------|---|---|--|--|
| <i>Delanteros (n=9)</i> | | | | |
| | 4.933 (275,0) | 66,2 (5,6) | 71,3 (6,7) | 89,0 (8,0) |
| <i>Defensores (n=10)</i> | | | | |
| | 4.788 (552,8) | 66,0 (6,1) | 66,8 (5,1) | 85,0 (4,8) |
| <i>Medios (n=9)</i> | | | | |
| | 4.510 (745,7) | 65,3 (5,1) | 66,8 (5,4) | 89,3 (8,5) |
| <i>Porteros (n=3)</i> | | | | |
| | 4.783 (820,7) | 64,3 (3,1) | 77,6* (1,4) | 89,9 (2,6) |
| <i>Global (n=31)</i> | | | | |
| | 4.750 (580,0) | 65,7 (5,2) | 69,2 (6,3) | 87,9 (6,9) |

Los resultados, son: \bar{x} (s).

Diferencias significativas en el umbral aeróbico (P= 0,043) entre porteros y resto de jugadores.

En la tabla 4-13 se presentan los valores relativos a la FC reposo, máximo y en los umbrales aeróbico y anaeróbico, en función de la demarcación táctica de los jugadores. No se observan diferencias significativas ($P > 0,05$).

En la tabla 4-14 se comparan los resultados de consumo de oxígeno máximo (absoluto y relativo) y de los porcentajes relativos en los umbrales aeróbico y anaeróbico en función de la demarcación táctica de los jugadores. Se observan diferencias significativas en el umbral aeróbico entre las cuatro demarcaciones tácticas, presentando los porteros los valores más elevados. Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$) en el resto de parámetros.

4.5. Discusión

Valoración cineantropométrica

El análisis de las dimensiones corporales nos permite observar unas características similares en casi todos los parámetros en los dos equipos de diferentes categorías estudiadas (DH, PD). No obstante, en la comparación del peso y porcentaje muscular se observan diferencias significativas entre ambos equipos, siendo el equipo de DH el que obtiene valores superiores en un 10,4 % ($P= 0,03$) en el peso muscular.

La talla, el peso y la edad han sido considerados por muchos autores como factores relacionados con el rendimiento en hockey hierba y, como tales, están siendo incorporados en algunos programas de selección de talentos de este deporte. El presente estudio, realizado en jugadores de alto nivel nacional e internacional de hockey hierba, aporta valores medios coincidentes con los descritos en la literatura (tabla 4-15). Globalmente son sujetos jóvenes ($\bar{x}= 21,3$ años), de altura y peso medios ($\bar{x}= 175,5$ cm; 72,3 kg, respectivamente), poco adiposos ($\bar{x}= 8,7$ % de grasa corporal estimada) y musculados ($\bar{x}= 50,5$ % del peso corporal).

El somatotipo medio del grupo de jugadores estudiados es mesomórfico equilibrado ($\bar{S}= 2,3 - 4,8 - 2,3$), con un predominio de la

robustez musculoesquelética. Al comparar los dos equipos estudiados observamos que el equipo de DH ($\bar{S} = 2,3 - 4,8 - 1,9$), presenta una tendencia endomesomorfica no significativa, mientras que el equipo de PD ($\bar{S} = 2,3 - 4,7 - 2,8$) tiene un mayor componente ectomesomorfico ($P = 0,02$).

Tabla 4-15: Edad, talla y peso de jugadores de hockey hierba estudiados por otros autores, según datos propios no publicados (Selección Pre-olímpica ADO'92) y del presente estudio.

| Estudio | n | Edad (años) | Talla (cm) | Peso (kg) | Nivel deportivo |
|---------------------------------------|-----|----------------|----------------|---------------|--------------------------|
| Scott y col. (1988) | 117 | 24,1 (1,9) | 170,8 (1,9) | 75,4 (1,4) | Nacional (Sudáfrica) |
| Scott y col. (1988) | 162 | 24,6 (3,9) | 176,3 (6,5) | 75,2 (8,1) | Nacional (Sudáfrica) |
| Ghosh y col. (1988) | 36 | 22,2 (3,3) | 171,0 (5,4) | 61,1 (5,6) | Nacional (India) |
| Mathur y col. (1984) | 40 | 26,3 (2,2) | 170,8 (4,5) | 64,1 (1,8) | Promesas (Nigeria) |
| Withers y col. (1977) | 9 | 21,8 (3,3) | 174,0 (5,5) | 73,2 (7,7) | Nacional (Australia) |
| Datos propios no publicados (1990) | 20 | 22,7 (2,5) | 176,1 (5,4) | 71,6 (6,7) | Selección ADO'92 |
| Presente estudio (1992) | 31 | 21,3 (2,9) | 175,5 (6,3) | 72,3 (8,7) | Club Egara (Terrassa) |

Los datos son: \bar{x} , (s).

Tabla 4-16: Dimensiones corporales y somatotipo en jugadores de hockey hierba según diferentes autores y presente estudio.

| | n | Talla (cm) | Peso (kg) | Somatotipo medio | | |
|----------------------------|----|----------------|---------------|------------------|--------------|--------------|
| | | | | Endomorfia | Mesomorfia | Ectomorfia |
| Carter (1984) | 47 | - | - | 2,3 (0,8) | 4,6 (0,9) | 2,7 (0,8) |
| Sharma y col. (1988) | 30 | 162,0 - | 52,0 - | 3,7 - | 4,3 - | 1,6 - |
| Datos propios* (1990) | 20 | 176,1 (5,4) | 71,6 (6,7) | 2,3 (0,5) | 4,4 (1,0) | 2,5 (0,6) |
| Presente estudio (1992) | 31 | 175,5 (6,4) | 72,3 (8,7) | 2,3 (0,6) | 4,8 (1,1) | 2,3 (1,1) |

Los datos son: \bar{x} , s.

*Selección pre-olímpica ADO'92.

El somatotipo medio de los jugadores valorados en el presente estudio coincide globalmente con los resultados obtenidos por Carter (1984) en jugadores olímpicos (Montreal 1976), aunque con una mesomorfia algo mayor y una ectomorfia algo menor, mientras que resultan claramente mayor endomórficos y mesomórficos que los estudiados por Sharma y col. (1988).

Valoración ergoespirométrica.

El elevado consumo máximo relativo de los jugadores en el presente estudio ($\bar{x} = 65,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) es comparable al obtenido por Withers y col. (1977) en jugadores de élite australianos, al registrado por Ghosh y col. (1988) en jugadores hindúes –teniendo en cuenta que éste último utilizó el cicloergómetro, en el que generalmente se obtiene valores un 6-7 % inferiores a los de la cinta rodante–, así como los de otros autores (ver tabla 4-17).

Los valores de consumo de oxígeno registrados en los jugadores de hockey hierba resultan claramente superiores a los registrados en otros deportes colectivos intermitentes como el fútbol ($53\text{-}70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, según Vogelaere y col. 1985; $54\text{-}70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, según Rodríguez y col. 1994), el baloncesto ($50\text{-}60 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, según Zaragoza 1996), el rugby ($\bar{x} = 62 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, según Menchinelli y col. 1989) y el hockey sobre patines ($50\text{-}62 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, según Rodríguez 1991).

En el análisis del consumo máximo de oxígeno relativo en función de la demarcación táctica de los jugadores del presente estudio no se observaron diferencias significativas entre porteros, defensores, medios y delanteros (tabla 4-18). En cambio otros autores sí observan diferencias en función de la demarcación (tabla 4-18). Las comparaciones pueden verse afectadas por el tipo de ergómetro utilizado o por factores antropométricos –

los sujetos más ligeros podrían ser los delanteros–, o por el tipo de entrenamiento –en el resto de estudios los porteros son los que presentan un consumo máximo de oxígeno menor–.

La FC registrada en la prueba de esfuerzo tiende a ser superior en el equipo de PD ($\bar{x}= 197 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$) en relación al equipo de DH ($\bar{x}= 193 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$), aunque sin significación estadística.

El umbral aeróbico ventilatorio fue más elevado en los jugadores de PD, tanto en el valor relativo $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$, como en PC ($P < 0,05$). Dichas diferencias podrían ser debidas a la mayor juventud de los jugadores de PD, ya que los sujetos más jóvenes suelen presentar umbrales aeróbicos más elevados en términos relativos.

Tabla 4-17: Consumo máximo de oxígeno ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de jugadores de hockey hierba de alto nivel según diferentes autores, y del presente estudio.

| Autores | n | $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) | Método | Nivel deportivo |
|-------------------------------------|-----|---|-------------------------|--------------------------------|
| Withers et al.(1977) | 9 | 64,1 (5,2) | Cinta rodante | Nacional (Australia) |
| Verma et al.(1980) | 12 | 50,6 (3,5) | Cicloergómetro | Internacional (India) |
| Kansal et al. (1980) | 27 | 48,3 (3,3) | Cicloergómetro | Universitario (India) |
| Roberts & Morton (1981) | 14 | 60,7 - | Cinta rodante | Nacional (Australia) |
| Hargreaves (1983) | 20 | 62,2 - | Cinta rodante | Nacional (G.Bretaña) |
| Mathur (1984) | 40 | 56,5 (2,9) | Escalón de Margarita | Nacional (Nigeria) |
| Rost (1987) | 5 | 63,5 - | Cinta rodante | Nacional (Alemania) |
| Scott et al. (1988) | 117 | 53,27 (1,9) | Cooper (12 min) | Nacional (Sudáfrica) |
| Ghosh et al. (1988) | 36 | 61,1 (7,3) | Cicloergómetro | Nacional (India) |
| Joussellin et al. (1990) | 30 | 55,4 (1,7) | Cinta rodante | Nacional (Francia) |
| Reilly & Seaton (1990) | 7 | 69,0 - | Cinta rodante | Nacional (G.Bretaña) |
| Boyle et al.(1992) | 9 | 61,8 (1,8) | Cinta rodante | Nacional (Irlanda) |
| Otros datos no publicados (1992) | 20 | 59,2 (5,1) | Cinta rodante | Internacional (Sel. ADO'92) |
| Presente estudio | 31 | 65,7 (5,2) | Cinta rodante | Internacional (Club Egara) |

Los datos son: \bar{x} , (s).

Tabla 4-18: Resultados comparativos entre las diferentes demarcaciones respecto del consumo máximo de oxígeno ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) según diferentes autores y en el presente estudio.

| | n | $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) | | Material y Método utilizado |
|--------------------------------|----|---|--------|--------------------------------|
| <i>Mathur (1980)</i> | | | | |
| delanteros | 13 | 59,3* | (2,70) | Prueba del escalón |
| medios | 10 | 55,9 | (1,86) | de Margaria (1966) |
| defensas | 12 | 55,3 | (1,45) | |
| porteros | 5 | 49,4* | (4,32) | |
| <i>Kansal (1980)</i> | | | | |
| delanteros | 8 | 50,0* | (1,55) | Cicloergómetro |
| medios | 11 | 49,4 | (2,67) | electromagnético |
| defensas | 4 | 45,6* | (4,02) | (a 60 rpm) |
| porteros | 4 | 44,4* | (2,06) | |
| <i>Ghosh y col. (1988)</i> | | | | |
| delanteros | 21 | 62,0 | (7,20) | Cicloergómetro |
| medios | 9 | 61,5 | (8,90) | mecánico |
| defensas | 6 | 57,7 | (5,30) | (a 50 rpm) |
| <i>Presente estudio (1992)</i> | | | | |
| delanteros | 9 | 66,2 | (5,63) | Cinta rodante |
| medios | 9 | 65,3 | (5,05) | |
| defensas | 10 | 66,0 | (6,09) | |
| porteros | 3 | 64,2 | (3,17) | |

Los datos son: \bar{X} ; (s).

*($P \leq 0,05$). Diferencias entre delanteros y porteros (Mathur 1980).

*($P = 0,04$). Diferencias entre delanteros, defensas y porteros (Kansal 1980).

4.6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

Valoración cineantropométrica

- Los jugadores de nivel nacional e internacional estudiados pueden describirse, globalmente, como sujetos jóvenes (\bar{x} = 21,3 años), de altura y peso medios (\bar{x} = 175,5 cm; 72,3 kg), poco adiposos (\bar{x} = 8,7 % de grasa corporal estimada) y musculados (\bar{x} = 50,5 % de masa muscular estimada).

- Al comparar jugadores que compiten en dos equipos de distinta categoría (DH y PD), se observaron diferencias estadísticamente significativas en la edad y en el peso muscular, siendo los jugadores del equipo de DH (\bar{x} = 22,7 años) mayores que los del equipo de PD (\bar{x} = 19,8 años) y más musculados (\bar{x} = 51,6 y 49,3 % de masa muscular, repectivamente).

- Los jugadores de nivel nacional e internacional estudiados presentaron un somatotipo medio mesomórfico equilibrado ($\bar{S} = 2,3 - 4,8 - 2,3$), con un claro predominio de la robustez musculoesquelética y equilibrio entre la gordura y la linealidad relativas.

- Los jugadores de PD presentaron un componente ectomórfico mayor que el equipo de DH ($P = 0,02$), indicando un mayor predominio de la talla sobre el peso (mayor linealidad relativa). No se observaron diferencias significativas en otros componentes, aunque los jugadores de DH tienden a ser más mesomórficos.

- No existen diferencias significativas en referencia a la simetría de los perímetros musculares, pliegues cutáneos y diámetros óseos estudiados en los dos equipos.

- Existen diferencias estadísticamente significativas en el peso muscular, siendo los jugadores del equipo DH los que obtienen valores superiores ($\bar{x} = 38,3$).

- Existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje muscular, siendo los jugadores del equipo DH los que obtiene valores superiores ($\bar{x} = 51,6$).

- No se observaron diferencias significativas en las características antropométricas de los jugadores en función de sus respectivas demarcaciones tácticas en el terreno de juego (delanteros, medios, defensas y porteros).

Valoración ergoespiométrica

- Los jugadores de nivel nacional e internacional estudiados presentaron niveles elevados de potencia aeróbica máxima (consumo máximo de oxígeno), con valores medios globales (\bar{x} = 65,7 mL·kg⁻¹·min⁻¹), comparables a los valores de mayor nivel descritos en la literatura internacional en jugadores de élite. No se observaron diferencias significativas en función de la demarcación táctica de los jugadores (P > 0,05). Dichos valores medios resultan claramente superiores a los descritos en jugadores de alto nivel practicantes de otros deportes colectivos intermitentes como el fútbol, el baloncesto, el rugby y el hockey sobre patines.

- Los valores relativos de los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico pueden considerarse también de alto nivel (\bar{x} = 69,1 y 87,9 % del

consumo máximo de oxígeno, respectivamente), lo que puso de manifiesto un elevado desarrollo de la resistencia aeróbica.

- Al comparar los resultados de los jugadores de distinta categoría (DH y PD), sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas en la FC de reposo y en el umbral anaeróbico ventilatorio –tanto en porcentaje del consumo máximo de oxígeno como en la frecuencia cardíaca en el umbral–; en ambos casos los valores más elevados correspondieron a los jugadores de PD. Ambas diferencias podrían estar relacionadas con la menor edad de los jugadores de PD.

- No se observaron diferencias significativas en los parámetros ergoespirométricos máximos, en función de la demarcación táctica de los jugadores; la única diferencia significativa fue un consumo de oxígeno relativo en el umbral aeróbico algo más elevado en los porteros y los delanteros, en comparación con los defensas y los medios ($P < 0,05$) que consideramos poco relevante.

- Los datos ergoespirométricos obtenidos, por las características de la muestra estudiada y por los elevados valores funcionales registrados en comparación con otros datos de la literatura, pueden ser considerados como valores de referencia para jugadores de hockey hierba de alto nivel nacional e internacional.

5. DEMANDAS FISIOLÓGICAS Y ENERGÉTICAS EN COMPETICIÓN

| | |
|--|------------|
| 5. DEMANDAS FISIOLÓGICAS Y ENERGÉTICAS EN COMPETICIÓN..... | 101 |
| 5.1. Introducción..... | 105 |
| 5.2. Objetivos | 110 |
| 5.3. Material y método | 111 |
| 5.3.1. Sujetos..... | 111 |
| 5.3.2. Material..... | 112 |
| 5.3.3. Método..... | 115 |
| 5.3.3.1. Valoración de laboratorio..... | 115 |
| 5.3.3.2. Frecuencia cardíaca en competición real | 117 |
| 5.3.3.3. Caracterización de la lactatemia en competición real | 119 |
| 5.3.3.4. Caracterización del consumo de oxígeno en competición simulada (medición directa)..... | 120 |
| 5.3.3.5. Estimación del consumo de oxígeno | 124 |
| 5.3.3.6. Estimación del gasto energético..... | 131 |
| 5.3.3.7. Validación del modelo de estimación..... | 139 |
| 5.4. Diseño y método estadístico | 142 |
| 5.4.1. Diseño | 142 |
| 5.4.2. Recogida de datos..... | 148 |
| 5.4.3. Análisis estadístico | 150 |
| 5.5. Resultados | 155 |
| 5.5.1. Valoración funcional en laboratorio | 155 |

| | |
|---|------------|
| 5.5.2. Frecuencia cardíaca y lactatemia..... | 159 |
| 5.5.3. Valoración indirecta del consumo de oxígeno..... | 170 |
| 5.5.4. Gasto energético estimado en competición | 176 |
| 5.5.5. El consumo de oxígeno mediante telemetria | 180 |
| 5.5.6. Estudio de validación del método de estimación del consumo de oxígeno | 183 |
| 5.6. Discusión | 193 |
| 5.6.1. Valoración funcional en laboratorio | 195 |
| 5.6.2. Frecuencia cardíaca..... | 198 |
| 5.6.3. Lactatemia..... | 204 |
| 5.6.4. Consumo de oxígeno mediante telemetria..... | 206 |
| 5.6.5. Gasto energético | 220 |
| 5.7. Conclusiones..... | 225 |

5.1. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento se basa en la aplicación de sistemas de trabajo que inciden positivamente en la mejora de los diferentes factores del rendimiento. El modelo de rendimiento en hockey ha sido tratado en la introducción de la tesis, realizándose una breve descripción de las características del deporte del hockey hierba y considerando los principales estudios que han tratado la dinámica competitiva específica.

El segundo elemento que condicionará el entrenamiento es el conocimiento de la respuesta funcional del jugador de hockey hierba en competición, es decir, la determinación cuantitativa de la carga interna a que el deportista se somete durante la práctica competitiva del hockey. Una aproximación a dicho problema puede llevarse a cabo mediante el estudio de las modificaciones de la frecuencia cardíaca a lo largo de la competición, la cuantificación de los niveles de lactatemia en diferentes fases de los partidos, la medición o estimación del consumo de oxígeno en situación competitiva y el cálculo estimado del gasto energético.

En el hockey hierba, como en la mayoría de los deportes colectivos, la elevada intensidad de algunas acciones exige la alternancia del metabolismo aeróbico y anaeróbico, consecuencia de desplazamientos rápidos y cortos a

lo largo de todo un partido. La duración total del partido determina la dependencia del metabolismo oxidativo. Así, el máximo rendimiento físico en una competición de hockey hierba se obtiene mediante el óptimo aprovechamiento de las capacidades metabólicas aeróbica y anaeróbica.

Según Hill (1927), el gasto total de energía utilizable, durante una prueba atlética de máxima intensidad puede expresarse como:

- **Ecuación 5-1:**

$$E = S + R \cdot t$$

donde: –S– representa los depósitos de energía utilizables; –R– es el incremento máximo posible de la tasa metabólica sobre los valores de reposo; y –t– es la duración de la prueba.

Según Secher y Vaage (1983), S corresponde a la suma de la energía liberable por la hidrólisis del trifosfato de adenosina (ATP) y el fosfato de creatina (CP), mediante la acción de una parte del oxígeno unida a la mioglobina y por la transformación del glucógeno en lactato. Así, S podría representar el "déficit de oxígeno" contraído durante la prueba. R representa la potencia aeróbica, es decir, el equivalente energético del oxígeno utilizado por unidad de tiempo.

El hockey hierba es un juego rápido con intermitentes demandas del metabolismo anaeróbico y largos períodos suministro de energía aeróbica

(Fox 1981; Cooper y col. 1982; Thoden y col. 1982; McArdle 1986; Dal Monte 1980, 1983, 1987).

Para Boyle y col. (1994) el comportamiento de la frecuencia cardíaca durante la competición, con las intermitencias naturales del juego y una alta intensidad media del ejercicio ($\bar{x} = 159 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$), representa un indicador de los elevados requerimientos fisiológicos en la competición. La media del gasto energético estimado en el estudio fue de $74,2 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$ (tabla 5-1).

Tabla 5-1: Respuesta fisiológica individual en un partido de competición (Boyle y col. 1994).

| Sujetos | Posición de juego | FC (lat·min ⁻¹) | $\dot{V}\text{O}_2$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | % $\dot{V}\text{O}_2$ max | Potencia energética (kJ·min ⁻¹) | Gasto energético (MJ) |
|---------|--------------------|-----------------------------|---|---------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Defensa central | 151 | 45,0 | 74,5 | 75,8 | 5,3 |
| 2 | Interior derecho | 174 | 55,2 | 83,7 | 75,0 | 5,3 |
| 3 | Extremo derecho | 145 | 45,6 | 72,5 | 76,9 | 5,4 |
| 4 | Lateral izquierdo | 157 | 48,0 | 78,0 | 69,1 | 4,8 |
| 5 | Interior izquierdo | 160 | 53,8 | 86,0 | 81,7 | 5,7 |
| 6 | Extremo izquierdo | 161 | 41,4 | 70,0 | 61,1 | 4,3 |
| 7 | Defensa central | 152 | 44,4 | 72,5 | 72,0 | 5,0 |
| 8 | Medio centro | 165 | 56,3 | 92,3 | 83,3 | 5,8 |
| 9 | Delantero centro | 162 | 44,2 | 71,2 | 72,8 | 5,1 |
| Global | | 159 ± 8 | 48,2 ± 5,2 | 77,9 ± 7,3 | 74,2 ± 6,3 | 5,2 ± 0,4 |

Los datos son: $\bar{x}, \pm s$

Según Reilly y Seaton (1990) los jugadores de hockey hierba incrementan el gasto energético cuando realizan acciones técnicas como el regate (“dribling”). En dicho estudio, siete jugadores de hockey hierba de alto nivel, completaron 5 minutos de carrera sobre una cinta rodante a 8 y 10 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, en carrera normal y realizando la acción técnica del “dribling” con bola. Los resultados obtenidos demuestran que el dribling incrementa el coste energético en 15-16 $\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$, en comparación con la carrera normal a la misma velocidad (tabla 5-2)

Aunque dichos estudios nos ofrecen una idea aproximativa de la magnitud de algunas de las demandas fisiológicas en el hockey, nuestro conocimiento sobre la respuesta fisiológica y sobre las demandas energéticas en competición es parcial e incompleto.

Tabla 5-2: Gasto energético medio durante el desplazamiento en carrera con la ejecución del dribling en hockey hierba a 8 y 10 km·h⁻¹ en laboratorio (Reilly y Seaton 1990).

| Velocidad (km·h ⁻¹) | Tiempo (min) | Gasto energético (kJ·min ⁻¹) | | | |
|------------------------------------|-----------------|--|----------|-----------|-------|
| | | Carrera | Dribling | valores F | P |
| 8 | 3 ^o | 43,9 | 60,2 | 24,7 | 0,01 |
| | 4 ^o | 44,6 | 60,4 | 27,6 | 0,001 |
| | 5 ^o | 45,0 | 61,7 | 23,2 | 0,001 |
| 10 | 3 ^o | 53,9 | 70,7 | 12,8 | 0,01 |
| | 4 ^o | 53,7 | 71,4 | 19,7 | 0,001 |
| | 5 ^o | 54,1 | 75,0 | 25,8 | 0,001 |



Foto 5-1: Acción de juego ofensivo del extremo derecha del Club Egara en partido de liga nacional.

5.2. Objetivos

El objetivo general de este apartado es el estudio de las demandas fisiológicas y energéticas del hockey hierba en situación competitiva, en un grupo de jugadores de alto nivel. En concreto, este apartado pretende:

- Caracterizar la evolución de la frecuencia cardíaca y del lactato sanguíneo a lo largo de la competición.
- Valorar indirectamente el consumo de oxígeno de los jugadores en situación competitiva, estimándolo en función del comportamiento de la frecuencia cardíaca.
- Valorar directamente el consumo de oxígeno de los jugadores en competición simulada mediante un sistema de análisis de gases telemétrico.
- Comparar dichos valores reales con los calculados en base a la relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno establecida en una prueba progresiva sobre una cinta rodante en el laboratorio.
- Valorar la relevancia del metabolismo aeróbico y anaeróbico láctico de los jugadores en competición real, y contrastar las afirmaciones existentes en la literatura sobre la débil intervención del metabolismo láctico en las competiciones de hockey hierba.
- Estimar el gasto energético y la potencia energética en competición de hockey hierba.

- Finalmente, validar un método de estimación del consumo de oxígeno y del gasto energético, en base al registro continuo de la frecuencia cardíaca en situación competitiva.

5.3. Material y método

5.3.1. Sujetos

Participaron en el estudio un total de nueve jugadores ($n=9$), elegidos por líneas de juego: tres delanteros, tres medios, y tres defensas. Los nueve jugadores habían sido internacionales con la selección nacional sub-21 y cuatro de ellos también con la selección nacional absoluta. La media de edad de estos jugadores era de 23,8 años ($s= 2,1$). La mayor parte de los jugadores estaban habituados a realizar, tanto pruebas de esfuerzo, como valoraciones telemétricas de la frecuencia cardíaca.

5.3.2. Material

- Para el análisis de la frecuencia cardíaca se utilizaron 9 cardiotacómetros "Sport-Tester" y su correspondiente software (Polar 4000, Finlandia). Cada uno de los jugadores disponía de un transmisor y un reloj receptor de la señal de la frecuencia cardíaca. El transmisor se instalaba en el pecho de los jugadores con su correspondiente cinturón, mientras que los receptores eran colocados en la muñeca derecha, o según preferencias de los jugadores. Los valores de FC se registraron en intervalos de 5 y 15 s, según los casos.

- Para el análisis fotoenzimático de lactato en sangre capilar se utilizó un fotómetro 4020 Hitachi con un filtro de longitud de onda de 340 nm y el kit reactivo lactate test combination (Boehringer-Mannheim, RFA), con tampón NAD, GPT y LDH y control Precinorm 2,80 (Boehringer-Mannheim, RFA). Las muestras de 20 μ L de sangre capilar del lóbulo de la oreja fueron desproteneizadas con 200 μ L de ácido perclórico 0'33 N (Boehringer-Mannheim, RFA). El método utilizado, así como su validez, fiabilidad, precisión y exactitud han sido previamente definidos y establecidos (Rodríguez y col. 1992).

El control de las tomas de sangre se realizó mediante el registro en una hoja diseñada al efecto (anexo 1), donde se recogían las secuencias temporales y las observaciones necesarias.

- El consumo de oxígeno directo se determinó mediante un analizador telemétrico de gases respiratorios (K2-Cosmed, Italia). El K2-Cosmed es un nuevo sistema de análisis de gases telemétrico miniaturizado que permite medir el consumo de oxígeno sobre el terreno deportivo. Este aparato registra, mide y calcula los siguientes parámetros: volumen minuto ventilatorio, frecuencia respiratoria, consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca y otros parámetros derivados. El equipo portátil del K2 no excede los 800 g de peso total y está compuesto por una unidad emisora, donde se encuentra un sensor paramagnético de O₂, conectado a una batería, y a un emisor telemétrico, sujeto por un sistema de cintas graduables al tórax del sujeto. El aparato se complementa con una máscara respiratoria, fijada a la cabeza del sujeto, a la que se adjunta una turbina que registra los flujos ventilatorios. Dos antenas, una conectada al emisor y otra al receptor, permiten la transmisión de la señal a la unidad receptora hasta a 400 m de distancia. Los parámetros ventilatorios fueron registrados en intervalos de 15 segundos.

- El consumo de oxígeno en el laboratorio se determinó mediante una prueba de esfuerzo realizada sobre cinta rodante (Woodway, RFA), utilizando un ergoespirómetro de circuito abierto del tipo "breath by breath" (CPX II, Medical Graphics, EEUU).

A cada jugador le fue asignado un número de reloj coincidente con el de su dorsal, para facilitar la tarea de identificación para aquellos miembros del equipo de investigación no habituados a reconocer a los jugadores con la indumentaria de competición. Unas hojas de anotaciones nos ayudaron a establecer los inicios y finales de cada una de las dos partes de los partidos, en relación con el registro continuo de la frecuencia cardíaca.

- Programas informáticos (software): Microsoft Word 6.0; Microsoft Excel 5.0; Microsoft Windows 95; SPSS/Windows y Cosmed-K2 Software.

5.3.3. Método

Para llegar a una correcta interpretación de los resultados es necesario conocer el sistema de competición utilizado en los dos partidos en los cuales han sido estudiados los sujetos. Las valoraciones indirectas se llevaron a cabo en el "Torneo línea 22" (1992). La competición fue organizada en dos eliminatorias, con la participación de cuatro equipos; la superación de la primera eliminatoria daba paso a la final.

La valoración directa fue realizada en dos partidos de entrenamiento del Club Egara contra el Egara 1935 de primera división. Los partidos se realizaron en horario de entrenamiento (20,30 a 22 horas) y en el período de transición de la temporada 1994-95..

5.3.3.1. Valoración de laboratorio

La primera fase del estudio consistió en la determinación del consumo de oxígeno en laboratorio, mediante una prueba ergométrica máxima, progresiva y triangular sobre cinta rodante y con un incremento de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada minuto, con una velocidad inicial de $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y una pendiente constante

del 5 % (Rodríguez 1991). La velocidad inicial era mantenida durante 4 minutos, a efectos de adaptación cardiorespiratoria y metabólica al esfuerzo (calentamiento y adaptación al ergómetro).

El objetivo de la prueba era doble: por un lado calcular el $\dot{V}O_2$ max y los diferentes parámetros ergoespirométricos de cada jugador, y por otro lado, el cálculo de la ecuación de regresión lineal $\dot{V}O_2 = a+b(FC)$, resultante de la relación entre los valores de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno de cada uno de los sujetos durante la prueba de esfuerzo. Una vez finalizada la cuarta fase (valoración indirecta), el consumo máximo de oxígeno servirá para valorar la intensidad metabólica de los jugadores de hockey hierba en competición.

Los sujetos realizaron las pruebas de esfuerzo durante los 15 días posteriores a la competición. Con este corto margen temporal se pretendía que ninguno de ellos modificara su nivel de condición física, lo que podría comportar una relación FC- $\dot{V}O_2$ en competición diferente a la determinada en la prueba de esfuerzo.

Todos los jugadores fueron sometidos también a un estudio cineantropométrico para establecer sus principales características morfológicas.



Foto 5-2: Cardiotacómetro para la medición de la frecuencia cardíaca en competición real, simulada y entrenamientos.

5.3.3.2. Frecuencia cardíaca en competición real

Uno de los objetivos de esta investigación es caracterizar la sollicitación funcional de los jugadores de hockey hierba en competición. Para ello llevamos a cabo el análisis de la FC en dos competiciones en las resultase posible monotorizar la respuesta funcional de los deportistas alterando mínimamente las condiciones habituales de la competición.

La metodología de este estudio se basa en la utilizada en investigaciones anteriores (Rodríguez y col. 1994; Rodríguez e Iglesias

1995a; Rodríguez y col. 1995b, 1995c; Iglesias 1997; Rodríguez e Iglesias 1998; Rodríguez y col. 1998a).

La semana anterior a la competición todos los jugadores fueron informados y recibieron instrucciones respecto a la metodología a seguir, de modo que las actuaciones del equipo de investigación obstaculizaran lo menos posible la actividad competitiva.

Media hora antes del inicio de los partidos de competición oficial y después de efectuar el calentamiento, se convocó a los jugadores a la mesa de control situada a pie de pista en un córner y detrás de la valla protectora del campo, y se procedió a la colocación del transmisor del cardiotacómetro en el pecho, por debajo de la camiseta oficial, y del receptor (reloj) en la muñeca. Después de comprobar el correcto funcionamiento de los cardiotacómetros, se anotaron los números de cada jugador, nombre y número de referencia del reloj. Un minuto antes del inicio se pusieron todos los relojes en funcionamiento de forma sincronizada.

Cuatro controladores, con sus cronómetros sincronizados, procedieron a realizar las extracciones de sangre del lóbulo de la oreja según el protocolo establecido. Estos controles se realizaban siempre que el jugador no intervenía en jugadas cercanas a su zona de campo, realizando la extracción en la banda del campo correspondiente y fuera del mismo. Una vez finalizada la primera parte se realizaban los controles durante el descanso y se comprobaban los funcionamientos de los respectivos relojes.

Una vez finalizada la competición los jugadores seguían unos diez minutos más con todo el equipamiento, pasados los cuales se interrumpía el registro.

Al día siguiente, en la final del torneo, se siguió la misma dinámica de trabajo, después de considerar que su desarrollo había sido satisfactoria.

5.3.3.3. Caracterización de lactatemia en competición real

El equipo de trabajo estaba formado por tres médicos y una enfermera, que podían realizar a la vez las extracciones de las muestras de sangre capilar y su manipulación posterior.

La obtención de muestras de sangre fue la operación más compleja de todas, debido a que la metodología exigía que las extracciones se realizaran a los 15 min y 35 min, una vez finalizada la primera parte, y a los 15 min y 35 min de la segunda y finalizado el partido. Dicho método supuso la sincronización en el tiempo y eficacia para interpretar cuándo se podía realizar el control sin interrumpir la dinámica del juego. Antes del inicio de la investigación se informó a los jugadores de que la mejor situación era cuando el juego estaba alejado del lado del control y la bola en campo contrario.

Una vez el jugador acababa el partido se realizaban dos extracciones más, al minuto y a los tres minutos. Unas hojas de registro nos servían para identificar los códigos del jugador muestras y tiempo de extracción (Anexo 1).

5.3.3.4. Caracterización del consumo de oxígeno en competición simulada (medición directa)

En la preparación del proyecto y elaboración de los primeros estudios nos propusimos, como uno de los principales objetivos, determinar la relevancia del metabolismo oxidativo en el hockey. Los estudios de la bibliografía se limitaba, a suponer su importancia en base a los resultados de jugadores en pruebas de esfuerzo inespecíficas, realizadas en el laboratorio. Dichas circunstancias nos indujeron a realizar un estudio de estimación indirecta del consumo de oxígeno en base a la relación existente entre la FC y el $\dot{V}O_2$ en ejercicios de larga duración, según las propuestas de algunos autores (Reilly y Thomas 1979; di Prampero 1981; Pinnington 1988, 1990; Cucullo y col. 1987; Rodríguez y col. 1995; Rodríguez e Iglesias 1995; Rodríguez y col. 1995). Dicho trabajo se inició en el año 1991, y cuando coincidiendo con las valoraciones indirectas del $\dot{V}O_2$, apareció un nuevo instrumento de medida del consumo de oxígeno. El K2-Cosmed es un aparato portátil, de tan sólo 800 g de peso, que permite valorar el consumo de oxígeno de forma directa por telemetría con un alto grado de validez y fiabilidad (Dal Monte y col. 1989; Kawakami y col. 1992; Lucia y col. 1993). Considerando que este nuevo instrumento podría proporcionar información de gran interés, decidimos incorporarlo al proyecto, complementándolo con un nuevo diseño experimental centrado en la medición directa del consumo

de oxígeno –por primera vez en hockey hierba– y la validación del método indirecto.

El objetivo del estudio fue medir el consumo de oxígeno directamente por telemetría en situación real de juego —calculando el gasto energético correspondiente—, y comparar dichos valores con los obtenidos mediante la relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno establecida en una prueba progresiva sobre una cinta rodante en el laboratorio. Se trata, en consecuencia, de una primera validación del método indirecto utilizado hasta ahora para la estimación del consumo de oxígeno durante la competición en hockey hierba.

Para ello se utilizó el sistema telemétrico de análisis de gases respiratorios (K2 Cosmed) en un partido amistoso entre el primer equipo del C. Egara y el Egara 1935, segundo equipo del club.

El método utilizado fue establecido en función del desarrollo del juego, de forma que cada 15 min distintos jugadores se alternaron en el uso del sistema portátil de análisis de gases, realizando el cambio en el menor tiempo posible (5 min), y aprovechando que el reglamento permite realizar cualquier número de cambios durante la competición. Valoramos que con 15 min de registro por jugador sería posible obtener registros directos de 4 jugadores en un partido.

Para ser la primera vez que se utilizaban en competición simulada, los resultados en el planteamiento y procedimiento del manejo del K2 fueron satisfactorios. También, se colocó un cardiotacómetro a cada jugador para registrar la frecuencia cardíaca, además de la registrada por el sistema portátil K2. Esta medida fue de tipo preventivo para evitar posibles fallos del analizador telemétrico en el registro de datos y a su vez comparar ambos registros.

La temperatura ambiental fue de 5° C el primer día y 8° C el segundo. La humedad relativa fue del 55% el primer día y del 71% el segundo. La presión barométrica fue de 733 el primer día y 740 mmHg, respectivamente. Los partidos se jugaron en el campo de hockey hierba del Club Egara (hierba artificial) con inicio a las 20,30 horas. La calibración de la turbina del K2-Cosmed se estabilizó en todas las mediciones para un FiO_2 del 20,9 %, después de introducidos los parámetros ambientales (temperatura y presión barométrica).



Foto 5-3: Colocación de la turbina del analizador telemétrico (K2-Cosmed) en uno de los jugadores de la muestra.

5.3.3.5. Estimación del consumo de oxígeno

Un total de nueve jugadores, participaron voluntariamente en el estudio de estimación del consumo de oxígeno en competición. La mayor parte de los sujetos estaban habituados a realizar tanto pruebas de esfuerzo como valoraciones telemétricas de la frecuencia cardíaca. Los registros fueron obtenidos en el Torneo Línea - 22 de competición a nivel nacional e internacional.

Se aparejaron los valores de frecuencias cardíaca y de consumo de oxígeno de la prueba de esfuerzo, en función de los valores de velocidad de carrera en cinta rodante, con un incremento de 2 km·h⁻¹ cada minuto, con una velocidad inicial de 6 km·h⁻¹ y una pendiente constante del 5 %, y finalmente se realizó el cálculo de regresión lineal, obteniendo la ecuación individual de cada sujeto:

$$\dot{V}O_2 = a + b(FC).$$

En la competición se obtuvieron las frecuencias cardíacas de los nueve sujetos. El tratamiento de los datos de FC se realizó mediante un proceso de transferencia de los diferentes archivos creados por el software

del Polar 4000 a una hoja de cálculo. Los resultados de cada sujeto fueron aparejados y se sincronizó el cronometraje correspondiente a cada jugador, según las anotaciones de las hojas de registro. Una vez creados los archivos, uno para cada sujeto, se procedió a la depuración de los mismos, recogiendo los tiempos de competición real y los registrados en cada una de las dos partes.

Las escasas desconexiones del receptor del Polar 4000, producidas por el movimiento de los jugadores durante el transcurso de los dos partidos registrados, dieron resultados de FC de 0 o superiores a 215 lat·min⁻¹. Dichos valores fueron considerados nulos y sustituidos por registros equivalentes a la media de los 6 registros de FC anteriores y posteriores a la desconexión.

Estimación y cálculo del $\dot{V}O_2$ en competición

a) Durante las partes de la competición:

Se realizó el cálculo del $\dot{V}O_2$ en competición analizando, en primer lugar, la estimación correspondiente a los dos partidos, es decir, aplicando la ecuación de la recta de regresión a los valores de frecuencia cardíaca registrados desde el inicio al final de cada una de las dos partes de que consta un partido ($\dot{V}O_2^{\text{partes}}$).

• Ecuación 5-2:

$$\dot{V}O_2^{\text{partes}} = a + b(FC)$$

donde:

$\dot{V}O_2^{\text{partes}}$ = consumo de oxígeno durante las partes.

a = constante de la regresión lineal,

b = pendiente de la regresión lineal,

(FC) = valor de frecuencia cardíaca sobre la que se estima el consumo de oxígeno.

Al realizar el cómputo de consumo de oxígeno de las partes, y considerando que valorábamos los registros desde el inicio al final de cada una de las partes de un partido, se despreció la deuda de oxígeno que se pudiera haber acumulado en los mismos, calculando el consumo de oxígeno neto ($\dot{V}O_2^{\text{neto}}$) producido por el esfuerzo específico de la competición. Este consumo resulta de restar al valor conseguido anteriormente ($\dot{V}O_2^{\text{partes}}$) el consumo de oxígeno basal individual ($\dot{V}O_2^{\text{basal}}$) y de añadir el consumo de $\dot{V}O_2$ correspondiente al componente láctico ($\dot{V}O_2^{\text{lactato}}$), según el equivalente energético del lactato propuesto por di Prampero (1981). Los cálculos se realizaron según las ecuaciones:

• **Ecuación 5-3:**

$$\dot{V}O_2^{\text{lactato}} = (\Delta[\text{La}^-]_s \cdot 3,0 \cdot P_c)$$

$$\text{mL } O_2 = \{ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot [(\text{mL } O_2 \cdot \text{kg}^{-1}) \cdot (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})^{-1}] \cdot \text{kg} \}$$

donde:

$\dot{V}O_2^{\text{lactato}}$ = consumo de oxígeno correspondiente al componente anaeróbico lactácido.

$\Delta[\text{La}^-]_s$ = incremento de la lactatemia durante la competición, resultante de restar el valor máximo de lactatemia de los valores de reposo:

$$\Delta[\text{La}^-]_s = [\text{La}^-]_s^{\text{max}} - [\text{La}^-]_s^{\text{reposo}} \quad (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} [\text{La}^-]_s \cong 2,7-3,3 \quad (\bar{x}=3,0) \text{ mL } O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \quad (*)$$

P_c = peso corporal (kg).

(*) La investigación de un equivalente energético del lactato sanguíneo llevó a autores como Margaria (1963), Cerretelli (1964), y di Prampero y col. (1978) a proponer un valor entre 2,7 y 3,3 mL $O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ en deportistas con diferentes niveles de consumo máximo de oxígeno. En el presente estudio hemos considerado el valor medio (3,0 mL $O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) como equivalente energético del lactato acumulado en sangre. Aunque el estudio de di Prampero fue realizado en pruebas de carácter continuo -carrera, natación y ciclismo- asumimos el error ya que el autor lo considera suficientemente válido también para esfuerzos submáximos.

- **Ecuación 5-4:**

$$VO_{2 \text{ neto}}^{\text{partes}} = VO_{2 \text{ partes}} + VO_{2 \text{ lactato}} - VO_{2 \text{ basal}}$$

$$\text{mL O}_2 = \text{mL O}_2 + \text{mL O}_2 - \text{mL O}_2$$

donde:

$VO_{2 \text{ neto}}^{\text{partes}}$ = consumo de oxígeno neto en las partes de la competición.

$VO_{2 \text{ lactato}}$ = consumo de oxígeno correspondiente a la fracción láctica.

$VO_{2 \text{ basal}}$ = consumo de oxígeno individual en situación de reposo.

- **Ecuación 5-5:**

$$VO_{2 \text{ basal}} = \dot{V}O_{2 \text{ reposo}} \cdot Pc \cdot t$$

$$\text{mL O}_2 = (\text{mL O}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$$

donde:

$VO_{2 \text{ basal}}$ = consumo de oxígeno individual en situación de reposo.

$\dot{V}O_{2 \text{ reposo}}$ = 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (equivalente a 1 MET) (*).

Pc = peso corporal (kg).

t = tiempo la valoración (min).

(*)Consideramos como valor basal de consumo de oxígeno el equivalente a 1 MET, es decir, 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹.

b) Durante toda la competición:

El segundo cálculo se aplica sobre la competición global (VO_2^{comp}), analizando el VO_2 mediante los registros individuales de FC desde el inicio del partido hasta 5 minutos después de acabar la competición. Estos registros se prolongaron 1,5 a 2 horas.

El consumo de oxígeno de la competición (VO_2^{comp}) fue determinado mediante el mismo sistema que el consumo para las partes, aplicando la ecuación:

• **Ecuación 5-6:**

$$VO_2^{\text{comp}} = a + b(FC)$$

donde:

VO_2^{comp} = consumo de oxígeno correspondiente a los registros totales de la competición.

a = constante de la regresión lineal.

b = pendiente de la regresión lineal.

FC = valor de frecuencia cardíaca sobre la que se estima el consumo de oxígeno.

También se determinó el consumo de oxígeno neto del global de la competición. Para calcularlo se restó del VO_2^{comp} el consumo de oxígeno en situación de reposo (VO_2^{basal}) según la ecuación:

• **Ecuación 5-7:**

$$VO_{2\text{ neto}}^{comp} = VO_2^{comp} - VO_2^{basal}$$

$$mL\ O_2 = mL\ O_2 - mL\ O_2$$

donde:

$VO_{2\text{ neto}}^{comp}$ = consumo neto de oxígeno de toda la competición.

VO_2^{comp} = consumo de oxígeno correspondiente al total de la competición.

VO_2^{basal} = consumo de oxígeno individual en situación de reposo.

En la aplicación de las fórmulas de sustitución de los registros de FC por sus equivalentes de $\dot{V}O_2$, registro a registro, se detectaron algunos problemas en la aplicación de la ecuación lineal. En valores donde la FC era muy baja, provocado por pausas sin actividad durante la competición, algunos registros estimados de consumo de oxígeno presentaban valores negativos. Considerando que la estimación presenta cierto margen de error, se decidió sustituir los valores negativos de consumo de oxígeno por el equivalente al valor basal de 1 MET (= 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹).

5.3.3.6. Estimación del gasto energético

Estimación y cálculo del gasto energético total

Anteriormente se ha descrito la medida indirecta del consumo de oxígeno durante el esfuerzo. Considerando este análisis como válido, se realizó una estimación del gasto energético de los jugadores de hockey hierba en situación real de competición. Dicha estimación se realizó en base al cálculo de la equivalencia calórica del oxígeno, la establecida en 5,047 kcal por cada litro de O₂ consumido. Este valor corresponde al equivalente calórico del oxígeno asumiendo una relación de intercambio respiratorio (R=RER "respiratory exchange ratio") de 1,0. Dicha relación se justifica por: a) el hallazgo de un valor medio de lactatemia a lo largo de la competición de hockey hierba de 5,09 mmol·L⁻¹, lo que indica una intensidad media de esfuerzo algo superior al umbral anaeróbico, b) por la utilización del sistema telemétrico K2-Cosmed, que asume en el cálculo del \dot{V}_{O_2} un R= 1,0. Esta relación entre \dot{V}_{CO_2} y \dot{V}_{O_2} es también conocida como QR o CR ("coeficiente respiratorio"), pero sólo cuando es medida en situación de estado estable (*), no siendo el caso durante las competiciones, en las que dicha relación varía según las vías metabólicas alternativas utilizadas y otros factores. Asimismo, Weir (1949) demuestra que el gasto energético puede ser calculado con la precisión suficiente (**) sólo midiendo la ventilación en condiciones STPD y la fracción espiratoria del oxígeno según la ecuación:

(*) o de reposo (Fox, Bowers y Foss 1989; Zuntz 1901).

(**) según Weir (1949), el error al no medir el CO₂ es, como mucho del 0,5%.

• **Ecuación 5-8:**

$$E = c \cdot V_E \cdot [(20,93 - F_{E_{O_2}}) / 100]$$

donde:

E = gasto energético (kcal).

c = equivalente calórico de oxígeno.

V_E = volumen de aire espirado (L, STPD).

$F_{E_{O_2}}$ = fracción espiratoria de oxígeno.

Igual que en la valoración indirecta del consumo de oxígeno, se analizó el gasto energético en dos situaciones: la primera, en las partes, sin considerar el descanso de la media parte de la competición; la segunda, en la totalidad de la competición, desde el inicio de los partidos hasta el final de los mismos.

a) Durante las partes:

La ecuación del cálculo para el análisis del gasto energético de las partes de la competición fue:

• **Ecuación 5-9:**

$$E^{\text{partes}} \cong VO_2^{\text{partes}} \cdot 5,047$$

$$\text{kcal} \cong LO_2 \cdot (\text{kcal} \cdot LO_2^{-1})$$

donde:

E^{partes} = gasto energético durante las partes (kcal).

VO_2^{partes} = consumo de oxígeno durante las partes (LO_2).

5,047 = 5,047 $\text{kcal} \cdot LO_2^{-1}$ = equivalente calórico de O_2 para una relación de intercambio respiratorio $R = 1,0$ (Zuntz 1901).

Para el cálculo del gasto energético neto, se utilizó la siguiente ecuación:

• **Ecuación 5-10:**

$$E_{\text{neto}}^{\text{partes}} \cong (VO_2^{\text{partes}} - VO_2^{\text{basal}}) \cdot 5,047$$

$$\text{kcal} \cong (LO_2 - LO_2) \cdot \text{kcal} \cdot LO_2^{-1}$$

donde:

$E_{\text{neto}}^{\text{partes}}$ = gasto energético neto de las partes (restando los valores basales).

VO_2^{partes} = consumo de oxígeno de las partes de la competición.

VO_2^{basal} = consumo de oxígeno individual en situación de reposo.

b) Durante toda la competición:

Siguiendo el modelo descrito en las fórmulas de cálculo empleadas hasta el momento, se calculó el gasto energético en el transcurso de toda la competición (E^{comp}) para, posteriormente, valorar la porción neta del gasto energético estimado ($E_{\text{neto}}^{\text{comp}}$):

• **Ecuación 5-11:**

$$E^{\text{comp}} \cong VO_2^{\text{comp}} \cdot 5,047$$

$$\text{kcal} \cong LO_2 \cdot (\text{kcal} \cdot LO_2^{-1})$$

donde:

E^{comp} = gasto energético durante la competición (kcal).

VO_2^{comp} = consumo de oxígeno durante la competición (LO_2).

5,047 = 5,047 kcal· LO_2^{-1} = equivalente calórico del O_2 para una relación de intercambio respiratorio $R = 1,0$ (Zuntz 1901).

Y para el cálculo del gasto energético neto durante toda la competición:

• **Ecuación 5-12:**

$$E_{\text{neto}}^{\text{comp}} \cong (VO_2^{\text{comp}} - VO_2^{\text{basal}}) \cdot 5,047$$

$$\text{kcal} \cong (LO_2 - LO_2) \cdot \text{kcal} \cdot LO_2^{-1}$$

donde:

$E_{\text{neto}}^{\text{comp}}$ = gasto energético neto durante la competición (restándole los valores basales).

VO_2^{comp} = consumo de oxígeno durante la competición.

5,047 = 5,047 kcal·LO₂⁻¹ = equivalente calórico de O₂ para una relación de intercambio respiratorio R=1,0 (Zuntz 1901).

VO₂^{basal} = consumo de oxígeno individual en situación de reposo (ecuación 4-4).

Las transformaciones de kcal a kJ se realizaron según la equivalencia 1 kcal = 4,1855 kJ.

Estimación y cálculo de la potencia energética

Realizados los cálculos de estimación del gasto energético, y gracias al control temporal durante todo el proceso de recogida de datos, procedimos a valorar la potencia energética (\dot{E}) en las mismas condiciones descritas en el apartado anterior.

a) Durante las dos partes del partido:

El cálculo de la potencia energética durante las dos partes de la competición, se obtuvo al dividir por la unidad de tiempo el gasto energético derivado del esfuerzo evaluado. Los cálculos expresados a continuación también se basan en la estimación del consumo de oxígeno:

• Ecuación 5-13:

$$\dot{E}^{\text{partes}} \cong \text{VO}_2^{\text{partes}} \cdot 5,047 \cdot t^{-1}$$

$$\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1} \cong \text{LO}_2 \cdot (\text{kcal} \cdot \text{LO}_2^{-1}) \cdot \text{min}^{-1}$$

donde:

- \dot{E}^{partes} = potencia energética en las partes ($\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$)(*).
- $\text{VO}_2^{\text{partes}}$ = consumo de oxígeno producido durante las partes del partido (LO_2).
- 5,047 = $5,047 \text{ kcal} \cdot \text{LO}_2^{-1}$ = equivalente calórico de O_2 para una relación de intercambio respiratorio $R=1,0$ (Zuntz 1901).
- t = tiempo de esfuerzo (min^{-1}).

(*) Se presentan los resultados en $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$. Para otras valoraciones de potencia energética se realizan las transformaciones según la equivalencia de $1 \text{ W} = 0,014335 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1}$, o bien, $1 \text{ kcal} \cdot \text{min}^{-1} = 69,759 \text{ W}$ (Fox y col. 1989).

b) Durante toda la competición:

Se utilizaron los datos resultantes de valorar el consumo de oxígeno registrado desde el inicio del partido, hasta cinco minutos después de terminar la competición. Las fórmulas aplicadas para obtener los cálculos de la potencia energética a lo largo de la competición fueron:

• **Ecuación 5-14:**

$$\dot{E}^{\text{comp}} \cong \text{VO}_2^{\text{comp}} \cdot 5,047 \cdot t^{-1}$$

$$\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1} \cong \text{LO}_2 \cdot (\text{kcal} \cdot \text{LO}_2^{-1}) \cdot \text{min}^{-1}$$

donde:

\dot{E}^{comp} = potencia energética durante la competición ($\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$).

$\text{VO}_2^{\text{comp}}$ = consumo de oxígeno durante la competición (LO_2).

5,047 = 5,047 $\text{kcal} \cdot \text{LO}_2^{-1}$ = equivalente calórico del O_2 para una relación de intercambio respiratorio $R = 1,0$ (Zuntz 1901).

t = tiempo de competición (min^{-1}).

5.3.3.7. Validación del modelo de estimación

La posibilidad de disponer de un analizador de gases telemétrico permitió calcular el error de la estimación indirecta del consumo de oxígeno. La validación de este método de estimación es objeto de diferentes estudios ya realizados (Rodríguez y col. 1994, 1995b; Iglesias 1997; Rodríguez e Iglesia 1997, 1998) y en curso, y por tanto, el presente estudio análisis forma parte de una extensa muestra de sujetos, de diversas modalidades deportivas. En este estudio hemos querido presentar algunos de los datos de este proceso de estimación que nos ayuden en el análisis y discusión de los resultados obtenidos tanto en la estimación del consumo de oxígeno, como en la medida directa del mismo en jugadores de hockey hierba. Su interés se centra en considerar la aproximación general a la valoración funcional de los jugadores de hockey hierba.

El estudio de validación del método indirecto fue realizada sobre 9 jugadores (3 defensas, 3 medios, 3 delanteros), cuyas características fueron descritas en el apartado de valoración directa del consumo de oxígeno. El primer paso fue determinar el consumo máximo de oxígeno en laboratorio, mediante una prueba de esfuerzo ergométrica máxima, progresiva y triangular (Rodríguez 1991). La realización de esta prueba permitió calcular el $\dot{V}O_{2max}$ y los diferentes parámetros ventilatorios y cardíacos de cada jugador, así como establecer la ecuación individual de regresión lineal $\dot{V}O_2 = f(FC)$ resultante del apareamiento de los valores individuales de FC y consumo de oxígeno durante la prueba de esfuerzo.

Después de la prueba de competición en el campo de hockey en dos partidos amistosos, en la que se registraron de forma directa los valores de FC y $\dot{V}O_2$ mediante el K2-Cosmed, se procedió a valorarlo también de forma indirecta, utilizando el método descrito en apartados anteriores (estimación indirecta). Ambas pruebas se realizaron en un intervalo inferior a 15 días para evitar modificaciones en la relación FC- $\dot{V}O_2$.

Definidos los cálculos de estimación en la aplicación de las ecuaciones de regresión individuales, se diseñó una hoja de cálculo en la que se realizaron las comparaciones de los resultados estimados por la aplicación de la mencionada ecuación con los valores reales de consumo de oxígeno mediante telemetría. Se calcularon las regresiones lineales y la correlación existente entre los valores individuales de consumo de oxígeno real y estimado, sujeto a sujeto, comparándose los valores estimados con los reales, y calculando las rectas de regresión individuales, así como los principales parámetros estadísticos de correlación (Figura 5-1).

Finalizado este proceso se procedió a comparar los resultados reales con la estimación del consumo de oxígeno utilizando la relación FC- $\dot{V}O_2$ resultante de los mismos datos registrados con el K2 durante la disputa de los partidos. Con ello se pretendió establecer una nueva relación entre los dos parámetros fisiológicos, más específica según el tipo de actividad y más cercana a la dinámica temporal de la competición (validación específica).

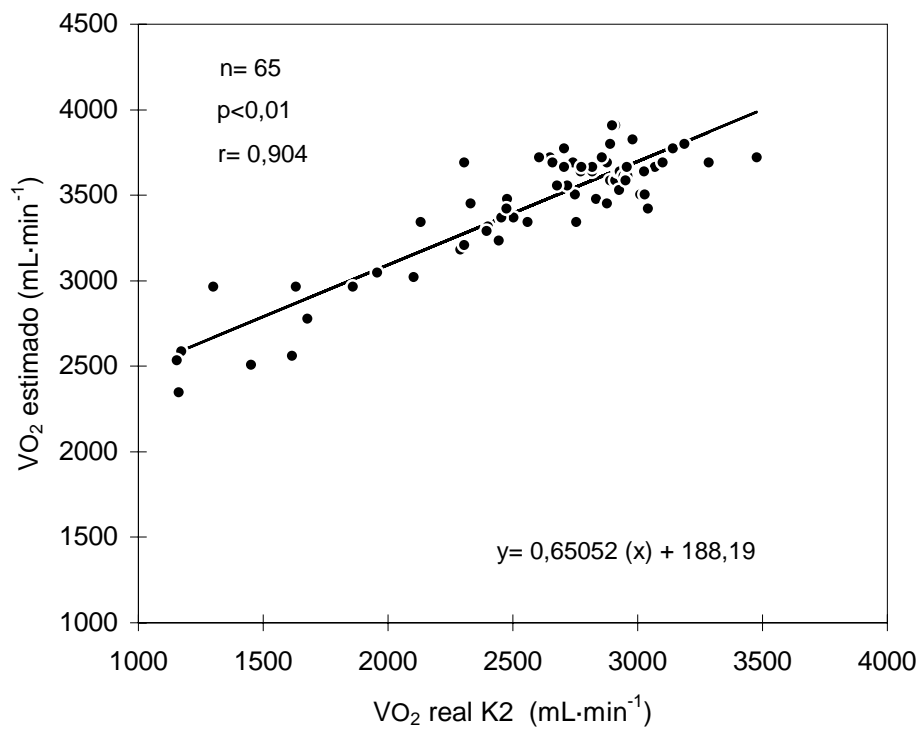


Figura 5-1: Validación de la estimación indirecta en uno de los sujetos de la muestra mediante el estudio de correlación entre los valores reales y estimados de consumo de oxígeno.

5.4. Diseño y método estadístico

5.4.1. Diseño

El análisis de la sollicitación funcional de los jugadores de hockey hierba en competición ha sido realizado mediante un estudio de carácter descriptivo que, según la clasificación de los métodos de investigación presentada por Bisquerra (1989), sigue los modelos de observación y correlación en las diferentes fases en que se caracteriza la respuesta de diferentes variables fisiológicas en situaciones específicas.

El método utilizado sigue la técnica de observación sistemática, en la que el objeto de estudio es definido previamente con precisión y donde los instrumentos de recogida de datos presentan los criterios necesarios de validez y fiabilidad.

En el diseño del estudio se procuró respetar al máximo las condiciones de "normalidad" de las competiciones de hockey hierba, con el objetivo de que en todo momento reflejase con la mayor fidelidad la sollicitación de los jugadores en condiciones habituales de entrenamiento y competición. Chapanis (1967) dice que el sencillo acto de llevar una variable

al laboratorio a menudo modifica su naturaleza; así, en la descripción del método se observará que los materiales y la metodología utilizados pretenden respetar el criterio ecológico –en sentido amplio– de la investigación. Valle (1985) considera que las investigaciones deben mantener una validez ecológica, es decir, se han de ajustar a los criterios de validez interna, representada por la especificidad de la evaluación, y de validez externa, que hace referencia a la posible generalización de las situaciones estudiadas. Rodríguez (1999) define la validez ecológica como el grado en que una prueba se adecúa a la situación real o reproduce las características ambientales y de entorno en que tiene lugar la prestación deportiva, por ejemplo, la competición o el entrenamiento.

En diferentes partes del trabajo se han aplicado las técnicas de de correlación en las que se intenta descubrir las relaciones existentes entre las variables que intervienen Bisquerra (1989). Concretamente, una parte importante del trabajo se ha realizado gracias a un estudio predictivo, basado en las ecuaciones de regresión entre diferentes variables. Para dicho autor, en los estudios predictivos es importante la realización de un análisis moderado que consiste en el estudio de los subgrupos con el objetivo de conseguir la relación más fuerte entre el criterio y la predicción.

Centrándonos en las variables estudiadas hay que destacar que, siguiendo el criterio metodológico citado por Bisquerra (1989), estos pueden dividirse en:

a) Variables independientes:

- Nivel de competición (División de Honor y Primera División).
- Posición táctica en la competición (delantero, defensa, medio).
- Frecuencia cardíaca en laboratorio.
- Frecuencia cardíaca en competición.
- Frecuencia cardíaca media de las partes de la competición.

b) Variables dependientes:

- VO_2 en prueba de esfuerzo en laboratorio.
- VO_2 en la competición.
- VO_2 en las partes de la competición.
- VO_2 entre posiciones tácticas (delanteros, medios, defensas).
- VO_2 en el global de la competición.
- FC en las partes (K2) en los sujetos 1 a 7.
- VO_2 real en las partes (K2) en los sujetos 1 a 7.
- Media del VO_2 estimado en las partes.
- Media de VO_2 real en las partes con el K2.
- Potencia energética de las partes.
- Duración de las partes en minutos y segundos.

c) Variables extrañas:

Para Bisquerra (1989), siguiendo el criterio metodológico, hay que añadir un tercer tipo de variable, las cuales define, como aquellas que no son dependientes ni independientes, extrañas al estudio, pero que pueden ejercer una influencia sobre los resultados. El autor considera que habitualmente se incluyen variables orgánicas y ambientales que no han sido controladas en el diseño del estudio. En nuestro trabajo hemos evaluado como posibles factores de influencia que se podrían tratar como variables extrañas las siguientes:

- Motivación de los sujetos.

En esta fase del estudio el análisis se realizó en condiciones reales de entrenamiento o competición. En todo momento el deseo de colaboración de los sujetos en el estudio fue muy elevado. Sin duda el aspecto menos controlado era el nivel de motivación respecto del propio entrenamiento o competición, hecho que se corresponde también con la realidad del deporte, en que una mayor o menor motivación condicionarán la forma de competir y el resultado obtenido. Otro de los factores, ligados a la motivación y que nos fue difícil de evaluar, es el efecto que la propia observación crea sobre los sujetos del estudio.

- Contexto de la evaluación.

Para disminuir el efecto distorsionador de la investigación, en todo momento fueron los investigadores quienes se adaptaron a las diferentes situaciones. Por dicha razón se instalaron diferentes laboratorios reducidos a pie de campo en las competiciones, donde se recogían los diferentes registros (lactatemia, FC, etc.). También se contó con colaboradores que recogían los datos temporales en hojas de registro diseñadas para la ocasión.

- Estado de los deportistas y período de observación.

La sesión en que se realizó la prueba de esfuerzo fue la única del día para evitar efectos relevantes de fatiga sobre los resultados de las pruebas. Entre las valoraciones realizadas en la prueba de esfuerzo y la recogida de datos en entrenamiento y competición transcurrieron más de 15 días para no alterar el estado de forma, y por tanto, no modificar la relación individual existente entre FC y $\dot{V}O_2$. Todas las observaciones se realizaron en período competitivo y ninguno de los sujetos presentó síntomas patológicos manifiestos que pudieran alterar la validez de los resultados.

- El observador y la variabilidad del equipo de investigación.

En todas las fases del estudio el autor del trabajo estuvo presente evaluando a los jugadores, o bien, coordinando o colaborando con el equipo de investigación. Todas las colocaciones, recambios y descarga de datos de los cardiómetros fueron realizadas o coordinadas por la misma persona, así como también la totalidad de las valoraciones telemétricas llevadas a cabo con el K2-Cosmed. La manipulación de los datos, como se describe posteriormente, siguió siempre el mismo proceso, pero la complejidad del estudio requería en diferentes fases la presencia y colaboración activa del equipo de investigación. Las pruebas de esfuerzo en el laboratorio y la recogida de lactatemias fueron realizadas, en todos los casos, por el mismo equipo de investigación, coordinados por el director de la tesis, siguiendo criterios metodológicos previamente definidos (Rodríguez 1999).

5.4.2. Recogida de datos.

Los diferentes estudios realizados en esta parte del trabajo y su recogida de datos por diversos canales, aconsejaron realizar una ordenación homogénea de los datos recogidos. Así pues se establecieron diferentes procedimientos de recogida y procesamiento de los datos:

- En la prueba de esfuerzo, los datos se recogieron en un soporte magnético sobre el software del analizador CPXII, mediante listados de cada sujeto con las principales variables del estudio: velocidad, inclinación, FC y $\dot{V}O_2$ y demás parámetros cardiorrespiratorios.

- El análisis telemétrico de la FC en entrenamientos y competición, se registró en soporte magnético sobre el software de Polar-3000 y Polar 4000.

- En la valoración de la lactatemia se recogieron en hojas de anotación las diferentes muestras de los jugadores, indicando la fase del análisis el tiempo, así como observaciones complementarias.

- En la valoración del consumo de oxígeno por telemetría se recogieron, sobre el soporte magnético del software del K2-Cosmed, los listados de cada jugador, conteniendo las principales variables (FC y $\dot{V}O_2$), y se anotaron en las hojas de observación junto a los datos complementarios

(inicio y final de las partes, temperatura, presión barométrica, humedad relativa, etc.).

Recogidos y ordenados todos los datos iniciales, bien en soporte magnético o en hojas de anotación, se procedió a unificar los registros convirtiendo los diferentes archivos existentes en hojas de cálculo (Microsoft Excel), donde se añadieron los datos de las hojas de observación y desde donde se depuraron, tal como se expone en la metodología del estudio. Desde la hoja de cálculo se realizaron la mayor parte de los cálculos y operaciones, tablas y figuras presentadas, vinculadas al tratamiento de textos empleado en la realización de la tesis (Microsoft Word).

Para el análisis estadístico se emplearon las funciones estadísticas de la mencionada hoja de cálculo y, principalmente, el paquete estadístico SPSS, en versiones PC+ y Windows.

5.4.3. Análisis estadístico.

La totalidad de las variables dependientes definidas en el diseño eran de carácter cuantitativo, y como tales fueron tratadas en el análisis estadístico. En el estudio de los datos recogidos, según los objetivos marcados, se siguió el siguiente procedimiento:

- **Estadística descriptiva.** Se calculó la media (\bar{x}), desviación estándar (s) y valores extremos (max y min) de las diferentes variables evaluadas durante el estudio. Las descripciones de las diferentes variables se presentan en las tablas y en los anexos.

- **Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.** Se aplicó a todas las variables del estudio. Esta prueba permite la comparación de la distribución de la muestra de una variable continua con las distribuciones teóricas de la ley normal.

- **Análisis de regresión simple.** Este análisis estadístico ha sido uno de los más empleados en el estudio. Por un lado se ha calculó el

coeficiente de correlación de Pearson, que informa sobre el grado de correlación lineal de los diferentes pares de puntos relacionados. Posteriormente, se determinó la ecuación de regresión para obtener el mejor ajuste lineal de los valores de la variable por el método de mínimos cuadrados de Newton. En la correlación lineal se calculó el nivel de significación estadístico de cada una de las relaciones analizadas.

A continuación exponemos las diferentes situaciones en que estas aplicaciones estadísticas han sido utilizadas:

a) En la valoración indirecta del consumo de oxígeno, y las posteriores estimaciones del gasto energético y potencia energética, se calculó la regresión lineal existente entre dos variables: FC y consumo de oxígeno, obteniendo una ecuación $\dot{V}O_2 = a+b (FC)$. En las figuras y anexos de la tesis se presentan las diferentes ecuaciones de regresión, conjuntamente con el coeficiente de determinación (r^2), el coeficiente de correlación (r), y el grado correspondiente de significación estadística (P).

b) En la validación del método de estimación se repitió el procedimiento, relacionando el $\dot{V}O_2$ con la FC de laboratorio para estimar los valores de consumo de oxígeno en condiciones de competición. Los valores reales se correlacionaron con los estimados, definiendo las rectas de regresión lineal y comparándolas gráficamente con la línea de identidad.

c) Correlación de los valores medios de FC en las partes de la competición.

d) Correlación de los valores medios entre las dos competiciones. En este estudio se ha calculado el coeficiente de correlación de Pearson, así como el coeficiente de correlación de Spearman, al considerar un reducido número de casos.

e) Correlación de valores del $\dot{V}O_2$ estimado según la posición táctica (medios, defensas, delanteros).

f) Correlación entre los valores de $\dot{V}O_2$ real y $\dot{V}O_2$ entre las partes de la competición en todos los sujetos de la muestra.

g) Correlación entre los valores de $\dot{V}O_2$ real y $\dot{V}O_2$ entre las partes, en el apareamiento de las relaciones individuales, una a una.

- **Prueba t de Student para datos apareados.** Prueba utilizada para comparar las medias de pares de valores. Si las diferencias son significativas, el intervalo de confianza aporta información sobre la magnitud de las diferencias. La prueba se aplicó si las muestras eran superiores a 30 ($n > 30$) o seguían la distribución normal; en caso contrario se aplicó una prueba no paramétrica.

- **Prueba de Kruskal-Wallis.** Prueba no paramétrica utilizada para comparar las diferencias de pares de valores. La prueba se aplicó cuando la muestra fue inferior a 30 ($n < 30$) o no se distribuyó normalmente.

Concretamente, el cálculo estadístico fue aplicado en los siguientes casos:

a) Comparación de las medias de FC 1ª parte y FC 2ª parte en competición amistosa y oficial.

b) Comparación de las medias FC entre las diferentes posiciones (delanteros, medios, defensas) en competición amistosa y oficial.

c) Comparación de los valores de lactatemia registrados en los minutos 15 y 35 de cada parte de la competición oficial.

d) Comparación de los valores de lactatemia registrados entre la primera parte y la segunda de la competición oficial.

e) Comparación de valores de lactatemia entre posiciones de juego (medios, defensas, delanteros) en competición oficial.

f) Comparación de las medias del $\dot{V}O_2$ estimado entre la primera parte y la segunda de la competición oficial.

g) Comparación de las medias del $\dot{V}O_2$ estimado entre las diferentes posiciones tácticas (medios, delanteros, defensas).

h) Comparación de las medias del $\dot{V}O_2$ real y $\dot{V}O_2$ estimado durante la competición.

i) Comparación de las medias del $\dot{V}O_2$ real y $\dot{V}O_2$ estimado según la posición táctica (medios, defensas, delanteros).

5.5. Resultados

5.5.1. Valoración funcional en laboratorio

De los nueve jugadores de la muestra, tres eran delanteros, tres medios y tres defensas. La media de edad fue de 22,8 años ($s= 2,1$) (*), la talla media de 174,8 cm ($s= 7,5$), y el peso 75,3 kg ($s= 6,6$).

En la tabla 5-3 se presentan los resultados obtenidos en los diferentes parámetros ergoespirométricos durante la prueba de esfuerzo en cinta rodante, ordenados por demarcaciones y para la globalidad de la muestra estudiada ($n= 9$).

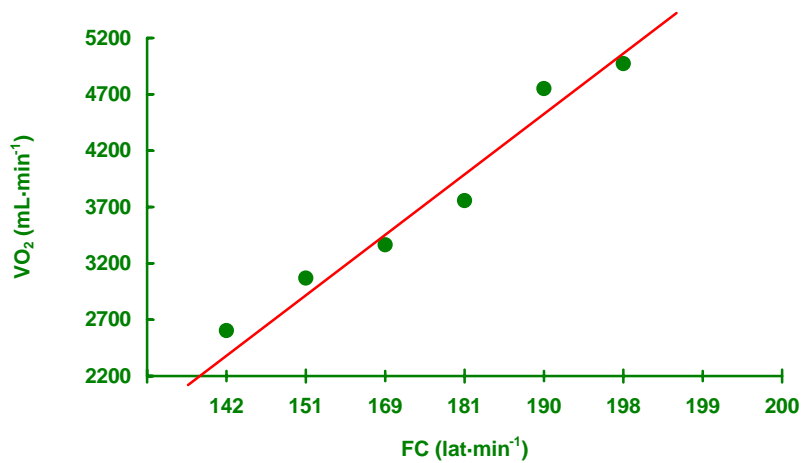
La valoración del consumo de oxígeno en función de la frecuencia cardíaca era el principal objetivo de la prueba de esfuerzo, y sus resultados, juntamente con la definición de la recta de regresión, para cada jugador, se presentan en las figuras 5-2 y 5-3.

(*) De ahora en adelante las notaciones \bar{x} y (s) significan "media" y "desviación estándar", respectivamente.

Tabla 5-3: Parámetros antropométricos y ergoespirométricos de los jugadores de hockey hierba de alto nivel en una prueba ergométrica máxima y progresiva en cinta rodante.

| Jugadores | Edad | Talla | Peso | % graso | FC max | $\dot{V}O_2$ max | $\dot{V}O_2$ max | Umbral aeróbico | Umbral anaeróbico | FC UAe | FC UAn |
|-------------------------|--------|-------|-------|------------|-----------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------|-----------|
| | (años) | (cm) | (kg) | (%) | (lat/min) | (L/min) | (mL/kg·min) | (% $\dot{V}O_2$ max) | (% $\dot{V}O_2$ max) | (lat/min) | (lat/min) |
| <i>Defensas (n=3)</i> | | | | | | | | | | | |
| Sujeto 1 | 27 | 181 | 80,5 | 8,8 | 184 | 5,08 | 63,1 | 57,3 | 83,7 | 144 | 171 |
| Sujeto 2 | 23 | 181 | 81,6 | 7,2 | 200 | 5,72 | 70,0 | 70,5 | 86,0 | 175 | 185 |
| Sujeto 3 | 21 | 166 | 71,0 | 7,6 | 186 | 4,89 | 68,8 | 63,2 | 80,4 | 163 | 174 |
| | 23,7 | 176,0 | 77,7 | 7,8 | 190 | 5,23 | 67,3 | 63,7 | 83,4 | 161 | 177 |
| | (2,5) | (73) | (4,8) | (0,7) | (7) | (0,36) | (3,0) | (5,4) | (2,3) | (13) | (6) |
| <i>Medios(n=3)</i> | | | | | | | | | | | |
| Sujeto 4 | 22 | 173 | 70,0 | 8,4 | 190 | 5,17 | 73,3 | 66,8 | 95,8 | 170 | 185 |
| Sujeto 5 | 20 | 171 | 69,6 | 7,8 | 194 | 5,25 | 75,4 | 67,4 | 76,7 | 165 | 186 |
| Sujeto 6 | 22 | 172 | 76,4 | 9,4 | 200 | 5,24 | 68,5 | 62 | 82,9 | 175 | 180 |
| | 21,3 | 172,1 | 72,2 | 8,5 | 195 | 5,22 | 72,4 | 65,4 | 85,1 | 170 | 184 |
| | (1,0) | (0,7) | (3,0) | (0,7) | (4) | (0,04) | (2,9) | (2,4) | (8,0) | (4) | (3) |
| <i>Delanteros (n=3)</i> | | | | | | | | | | | |
| Sujeto 7 | 24 | 182 | 81,3 | 8,0 | 190 | 4,97 | 61,1 | 71,4 | 82,3 | 161 | 180 |
| Sujeto 8 | 25 | 181 | 82,7 | 7,5 | 192 | 5,03 | 60,8 | 83,8 | 97,3 | 176 | 187 |
| Sujeto 9 | 21 | 166 | 64,7 | 8,4 | 198 | 4,97 | 76,8 | 61,7 | 75,5 | 148 | 180 |
| | 23,3 | 176,2 | 76,2 | 8,8 | 193 | 4,99 | 66,2 | 72,3 | 85,0 | 162 | 182 |
| | (1,7) | (8,1) | (8,2) | (0,4) | (3) | (0,03) | (7,5) | (9,0) | (9,1) | (11) | (3) |
| <i>Global (n=9)</i> | | | | | | | | | | | |
| | 22,8 | 174,8 | 75,3 | 8 | 193 | 5,14 | 68,6 | 67,1 | 84,5 | 164 | 181 |
| | (2,1) | (7,5) | (6,6) | (1) | (5) | (0) | (5,9) | (7,7) | (7,5) | (11) | (5) |

Los resultados son: \bar{X} , (s).



$$\dot{V}O_2 = a + b (FC)$$

$$a = -3288$$

$$r = 0,962$$

$$b = 40,97$$

$$p = 0,002$$

Datos: X. M. (Delantero)

| Velocidad (km·h ⁻¹) | $\dot{V}O_2$ (mL·min ⁻¹) | FC (lat·min ⁻¹) |
|------------------------------------|---|--------------------------------|
| 8 | 2604 | 142 |
| 10 | 3069 | 151 |
| 12 | 3364 | 169 |
| 14 | 3756 | 181 |
| 16 | 4749 | 190 |
| 18 | 4970 | 198 |
| 20 | | |

Figura 5-2: Regresión de los parámetros FC y $\dot{V}O_2$ obtenidos en una prueba de esfuerzo en cinta ergométrica en uno de los sujetos de la muestra.

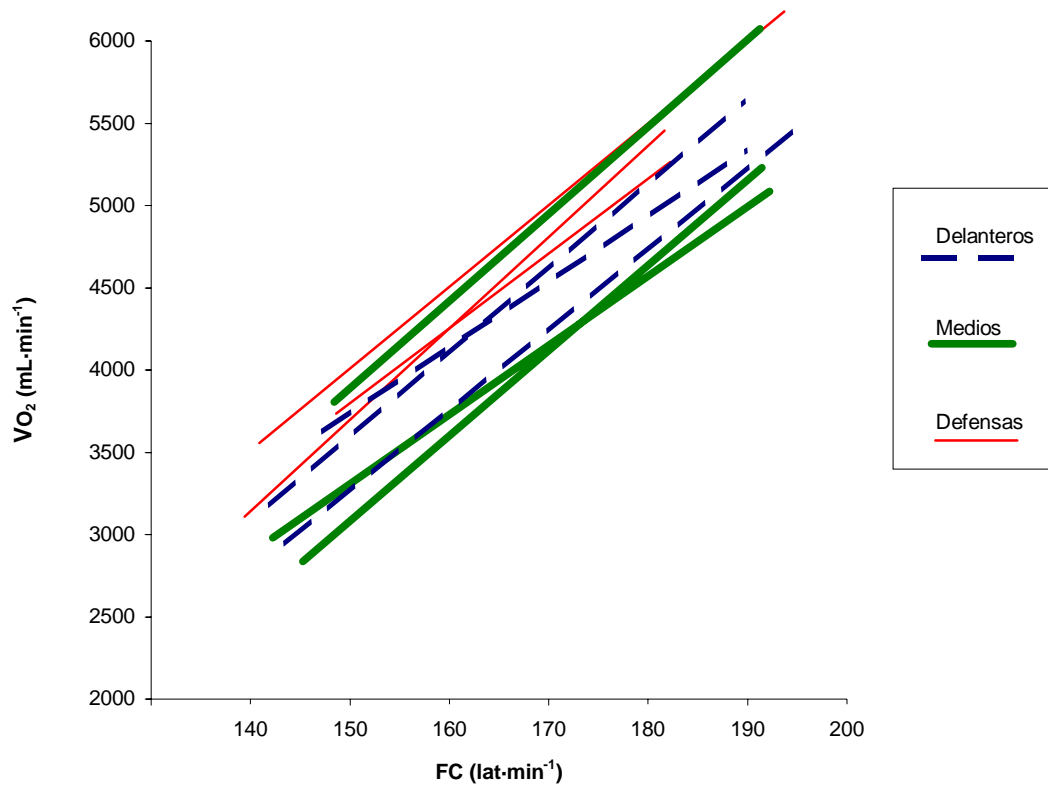


Figura 5-3: Rectas de regresión FC- $\dot{V}O_2$ en los 9 jugadores de la muestra, según posiciones (delanteros, medios, defensas).

5.5.2. Frecuencia cardiaca y lactatemia en competición

En la tabla 5-4 se recogen las medias y valores extremos de la frecuencia cardiaca durante la competición, así como la duración de cada parte y los valores de lactatemia de cada sujeto. Los parámetros cardiacos expresados en las tablas corresponden a la totalidad de los registros obtenidos desde el inicio hasta el final de cada una de las partes (2x35 min). En el conjunto de registros de FC obtenidos durante los partidos observamos una gran variabilidad en los valores extremos (99 - 199 lat·min⁻¹) con medias entre 175 y 155 lat·min⁻¹.

En la tabla 5-5 se presenta la distribución de la FC media durante la competición en cada una de las partes del juego según la demarcación táctica, observando en la primera parte una media similar en las tres demarcaciones tácticas (166 y 167 lat·min⁻¹).

La lactatemia media en competición fue igual ($P > 0,05$) en delanteros (5,4 mmol·L⁻¹), defensas (5,0 mmol·L⁻¹), y medios (4,9 mmol·L⁻¹). La lactatemia media global fue de 5,06 mmol·L⁻¹ (s= 1,5), aunque los valores individuales oscilan entre 2,4 y 10,8 mmol·L⁻¹ (tabla 5-6).

Tabla 5-4: Valores de frecuencia cardiaca, lactatemia, duración y partidos disputados según la demarcación táctica, en cada una de las partes del juego.

| Club Egara (DH) | Partes del partido t | FC media (lat·min ⁻¹) | FC min (lat·min ⁻¹) | FC max (lat·min ⁻¹) | Lactato (15') (mmol·L ⁻¹) | Lactato (35') (mmol·L ⁻¹) | Duración partes (min) | Torneo Línea-22 (equipos) |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <i>Delanteros (n=3)</i> | | | | | | | | |
| C. R. | 1ª | 163 | 105 | 189 | 6,1 | 2,5 | 39 | C.Egara-At.Terrassa |
| | 2ª | 162 | 123 | 185 | 2,7 | 3,3 | 30 | |
| X. M. | 1ª | 175 | 127 | 199 | 5,1 | 10,5 | 39 | C.Egara-F.C.Junior |
| | 2ª | 164 | 124 | 194 | 7,1 | 8,6 | 40 | |
| P. J. | 1ª | 165 | 99 | 189 | 6,0 | 4,4 | 39 | C.Egara-F.C.Junior |
| | 2ª | 163 | 126 | 187 | 4,8 | 3,2 | 38 | |
| <i>Defensas(n=3)</i> | | | | | | | | |
| R. S. | 1ª | 165 | 118 | 189 | 5,2 | 4,5 | 39 | C.Egara-At.Terrassa |
| | 2ª | 167 | 132 | 186 | 6,8 | 5,1 | 39 | |
| A. G. | 1ª | 171 | 127 | 195 | 3,3 | 2,4 | 39 | C.Egara-F.C.Junior |
| | 2ª | 155 | 102 | 195 | 1,2 | 4,3 | 38 | |
| S. A. | 1ª | 165 | 99 | 183 | 4,6 | 5,1 | 38 | C.Egara-At.Terrassa |
| | 2ª | - | - | - | 9,7 | 8,0 | 39 | |
| <i>Medios (n=3)</i> | | | | | | | | |
| J. D. | 1ª | 163 | 111 | 191 | 4,8 | 3,9 | 39 | C.Egara-At.Terrassa |
| | 2ª | 165 | 115 | 188 | 3,8 | 5,6 | 16 | |
| R. S. | 1ª | 170 | 140 | 191 | 6,3 | 4,8 | 39 | C.Egara-F.C.Junior |
| | 2ª | 169 | 133 | 189 | 3,9 | 4,2 | 39 | |
| T. S. | 1ª | - | - | - | 3,2 | 10,8 | 39 | C.Egara-F.C.Junior |
| | 2ª | 157 | 123 | 180 | 3,1 | 3,1 | 39 | |

Los valores son: \bar{x}

- Datos perdidos por circunstancias del juego (rotura y parada del receptor).

Tabla 5-5: Distribución de la frecuencia cardiaca (durante la competición en cada parte del juego según demarcación táctica.

| | FC (lat·min ⁻¹) | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| | Delanteros (n=3) | Medios (n=3) | Defensas (n=3) |
| <i>Primera Parte</i> | | | |
| \bar{x} | 167 | 166 | 167 |
| max-min | 199-99 | 191-111 | 195-99 |
| (s) | (6,3) | (5,0) | (3,5) |
| <i>Segunda parte</i> | | | |
| \bar{x} | 163 | 163 | 161 |
| max-min | 194-123 | 189-115 | 195-102 |
| (s) | (1,0) | (6,1) | (8,5) |
| <i>Global partido</i> | | | |
| \bar{x} | 165 | 164 | 164 |
| max-min | 199-99 | 191-111 | 195-99 |
| (s) | (4,8) | (5,2) | (6,8) |

(P > 0,05)

En la tabla 5-7 se recoge, la distribución de porcentajes del tiempo total de juego en las franjas de FC correspondientes a los umbrales aeróbico y anaeróbico para cada sujeto.

Tabla 5-6. Lactatemia durante la competición en cada parte del juego según demarcación táctica.

| | Lactatemia (mmol·L ⁻¹) | | |
|----------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|
| | Delanteros (n=3) | Medios (n=3) | Defensas (n=3) |
| <i>Primera Parte</i> | | | |
| \bar{x} | 5,77 | 5,64 | 4,19 |
| max-min | 10,5-2,46 | 10,8-3,21 | 5,21-2,39 |
| (s) | (3,5) | (2,7) | (1,1) |
| <i>Segunda Parte</i> | | | |
| \bar{x} | 4,96 | 3,93 | 5,87 |
| max-min | 8,6-2,67 | 5,46-3,10 | 9,74-1,21 |
| (s) | (2,9) | (0,8) | (3,0) |
| <i>Total partido</i> | | | |
| \bar{x} | 5,36 | 4,87 | 5,03 |
| max-min | 10,5-2,46 | 10,8-3,10 | 9,74-1,21 |
| (s) | (2,5) | (2,1) | (2,3) |

Diferencias no significativas (P> 0,05).

Tabla 5-7: Frecuencias cardíacas en el umbral aeróbico y anaeróbico y distribución de la intensidad de trabajo relativa respecto del tiempo de juego en los diferentes intervalos durante el partido según demarcación táctica.

| | FC _{UAn} (lat·min ⁻¹) | FC _{UAe} (lat·min ⁻¹) | FC>FC _{UAn} % t | FC _{Uae} >FC > FC _{Una} % t | FC<FC _{UAe} % t |
|---------------------|---|---|-----------------------------|--|-----------------------------|
| <i>Delanteros</i> | | | | | |
| P. J. | 187 | 176 | 1 | 28 | 71 |
| X. M. | 180 | 148 | 25 | 54 | 21 |
| C. R. | 180 | 161 | 11 | 51 | 38 |
| \bar{x} | 182 | 162 | 12,3 | 44,3 | 43,3 |
| (s) | (4,0) | (14,0) | (12,1) | (14,2) | (25,4) |
| <i>Medios</i> | | | | | |
| T.S. | 180 | 170 | 0 | 10 | 90 |
| R. S | 186 | 165 | 4 | 65 | 31 |
| J.D. | 185 | 170 | 4 | 41 | 55 |
| \bar{x} | 184 | 186 | 2,8 | 38,7 | 58 |
| (s) | (3,2) | (2,9) | (2,3) | (27,6) | (29,7) |
| <i>Defensas</i> | | | | | |
| A.G. | 185 | 175 | 11 | 23 | 66 |
| S.A. | 174 | 163 | 9 | 50 | 41 |
| R.S | 186 | 165 | 1 | 64 | 35 |
| \bar{x} | 182 | 168 | 7 | 45,8 | 47,3 |
| (s) | (6,7) | (6,4) | (5,3) | (20,9) | (16,4) |
| <i>Global (n=9)</i> | | | | | |
| \bar{x} | 182 | 166 | 7,3 | 42,9 | 49,8 |
| (s) | (1,2) | (3,5) | (4,8) | (3,7) | (7,9) |

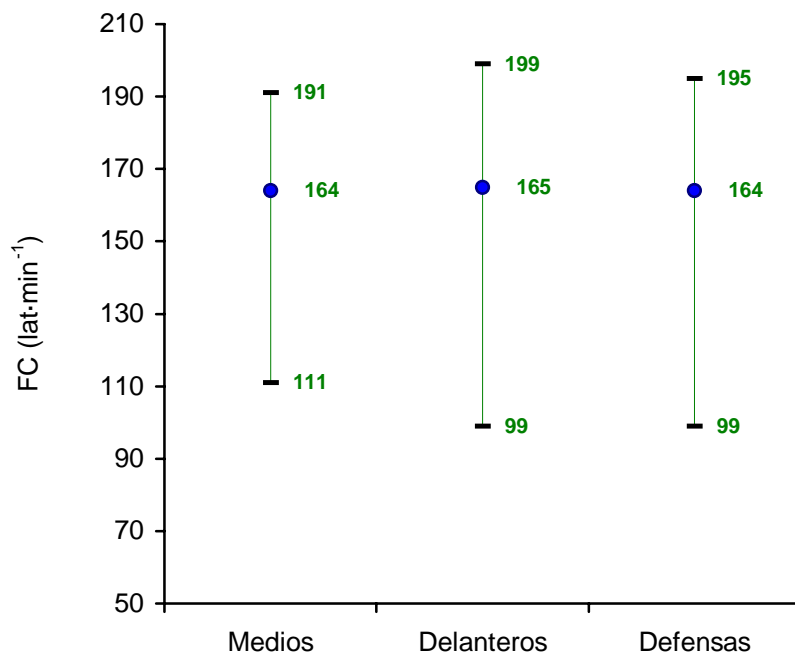
FC_{UAe}= frecuencia cardíaca en el umbral aeróbico
 FC_{UAn}= frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico

Tabla 5-8: Distribución del porcentaje medio de la frecuencia cardíaca respecto del tiempo de juego en cada una de las partes del partido, a la intensidad relativa de los umbrales aeróbico y anaeróbico.

| Partes | FC _{UAn} | FC _{UAe} | FC > FC _{UAn} | | FC _{UAe} > FC > FC _{UAn} | | FC < FC _{UAe} | |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------|--|----------------|------------------------|----------------|
| | (lat·min ⁻¹) | (lat·min ⁻¹) | % t | | % t | | % t | |
| | - | - | 1 ^a | 2 ^a | 1 ^a | 2 ^a | 1 ^a | 2 ^a |
| <i>Delanteros</i> | | | | | | | | |
| P. J. | 187 | 176 | 1 | 0 | 29 | 27 | 70 | 73 |
| X. M. | 180 | 148 | 37 | 19 | 54 | 65 | 9 | 16 |
| C. R. | 180 | 161 | 15 | 4 | 49 | 54 | 36 | 42 |
| \bar{x} | 182 | 162 | 17,7 | 7,7 | 44 | 48,7 | 38,3 | 43,7 |
| (s) | (4,0) | (14,0) | (18,2) | (10,0) | (13,2) | (19,6) | (30,6) | (28,5) |
| <i>Medios</i> | | | | | | | | |
| T. S. | 180 | 170 | 0 | - | 10 | - | 90 | - |
| R. S ₍₁₎ | 186 | 165 | 5 | 2 | 69 | 62 | 26 | 36 |
| J. D. | 185 | 170 | 5 | 4 | 41 | 43 | 54 | 53 |
| \bar{x} | 184 | 168 | 3,3 | 3 | 40 | 52,5 | 56,7 | 44,5 |
| (s) | (3,2) | (2,9) | (2,9) | (1,4) | (29,5) | (13,4) | (32,1) | (12,0) |
| <i>Defensas</i> | | | | | | | | |
| A. G. | 185 | 175 | 14 | 9 | 33 | 12 | 53 | 79 |
| S. A. | 174 | 163 | 9 | - | 50 | - | 41 | - |
| R. S ₍₂₎ | 186 | 165 | 2 | 0 | 61 | 67 | 37 | 33 |
| \bar{x} | 182 | 168 | 8,3 | 4,5 | 48 | 39,5 | 43,8 | 56 |
| (s) | (6,7) | (6,4) | (6,0) | (6,4) | (14,1) | (38,9) | (8,3) | (32,5) |
| <i>Total (n=9)</i> | | | | | | | | |
| \bar{x} | 182 | 166 | 9,8 | 5,1 | 44,0 | 46,9 | 46,2 | 48,1 |
| (s) | (1,2) | (3,5) | (7,3) | (2,3) | (4,0) | (6,9) | (9,4) | (6,9) |

FC_{UAe}= frecuencia cardíaca en el umbral aeróbico
 FC_{UAn}= frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico

En la tabla 5-8 observamos la distribución del porcentaje medio de la FC en las dos partes de la competición. No observamos diferencias significativas entre las dos partes ($P > 0,05$).



| FC (lat·min ⁻¹) | Medios (n=3) | Delanteros (n=3) | Defensas (n=3) | Global (n=9) |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| \bar{x} | 164 | 165 | 164 | 165 |
| (s) | (5,22) | (4,84) | (6,81) | (5,6) |
| max-min | 191-111 | 199-99 | 195-99 | 199-99 |

diferencias no significativas ($P > 0,05$)

Figura 5-4: Frecuencia cardíaca durante la competición de hockey hierba según la demarcación táctica.

La figura 5-4 muestra los valores de la frecuencia cardíaca en cada una de las partes de la competición. No existen diferencias significativas en los valores medios obtenidos entre las tres demarcaciones tácticas estudiadas ($P > 0,05$).

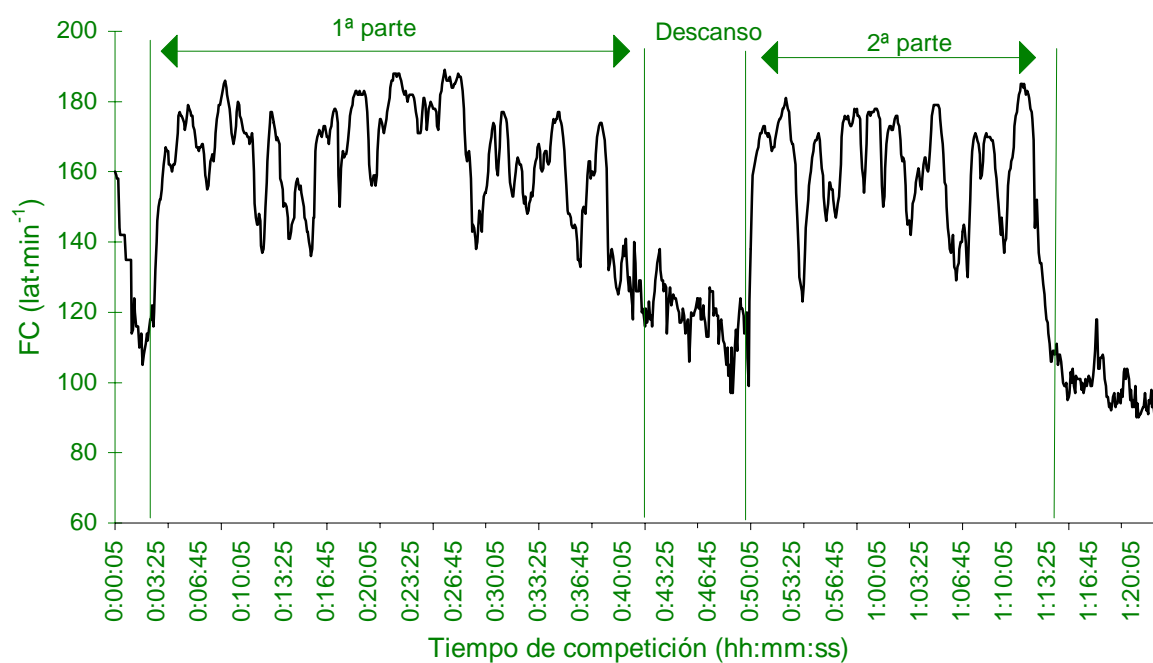


Figura 5-5: Gráfica del registro continuo de la FC de un jugador (delantero centro), durante un partido de competición.

En las figuras 5-5 y 5-7, podemos observar las gráficas del registro continuo de la FC durante la competición, en cada una de las tres demarcaciones tácticas.

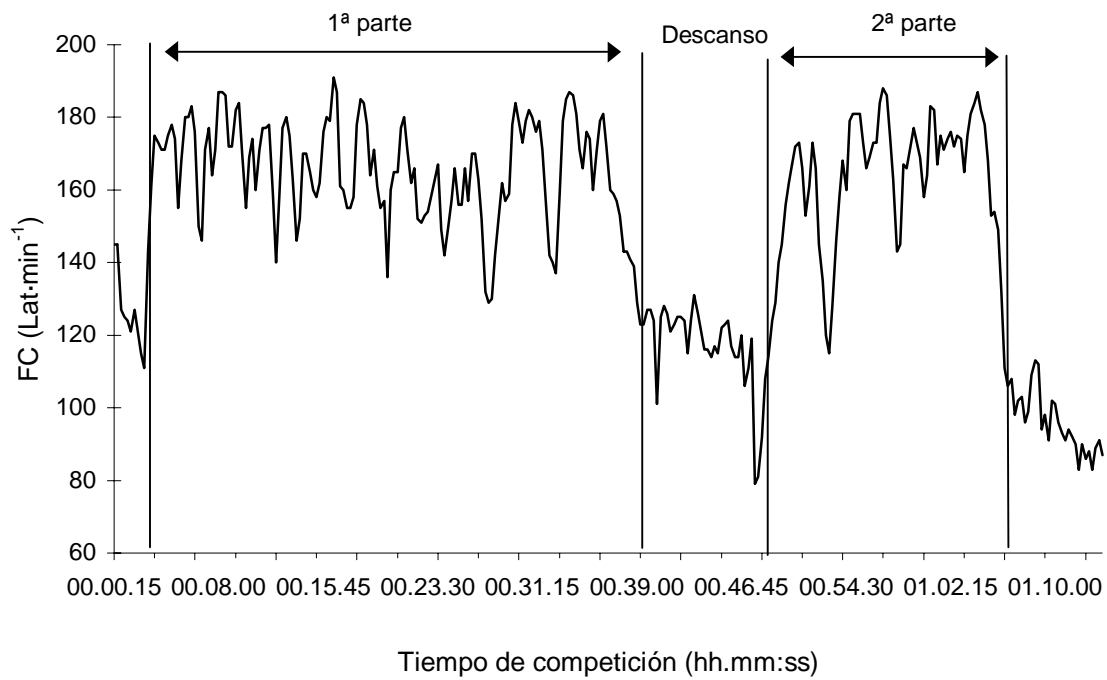


Figura 5-6: Gráfica del registro continuo de la FC de un jugador (medio centro), durante un partido de la competición.

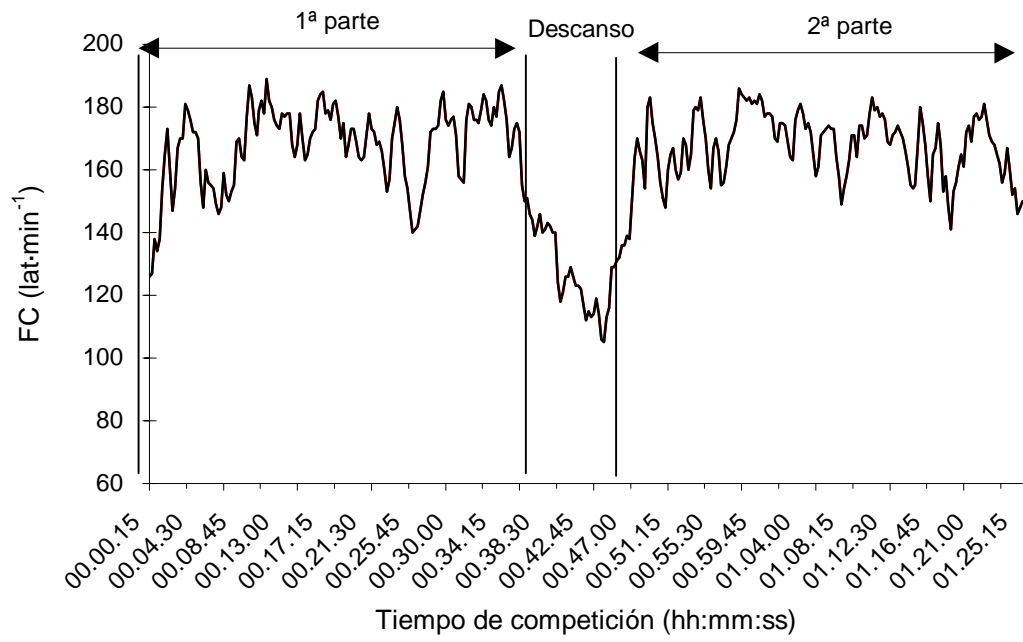


Figura 5-7: Gráfica del registro continuo de la FC de un jugador (defensa central), durante un partido de la competición.

Distribución del porcentaje de la FC en los umbrales ventilatorios durante la competición

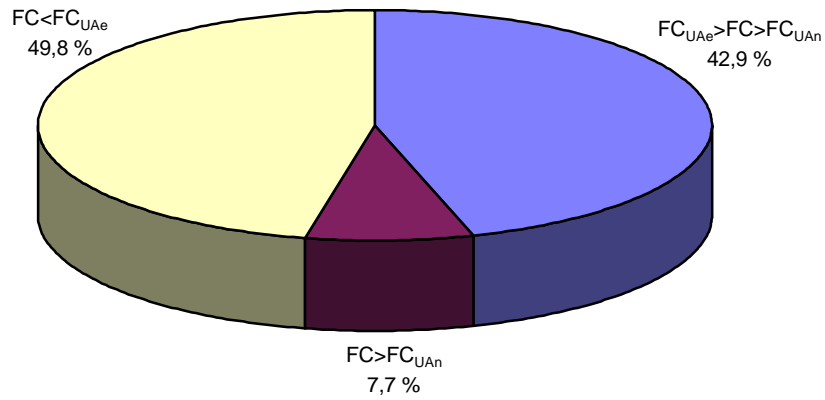


Figura 5-8: Distribución del porcentaje medio de la frecuencia cardíaca respecto del tiempo de juego, a intensidad relativa a los umbrales anaeróbicos y aeróbicos durante la competición (tabla 5-7).

5.5.3. Valoración indirecta del consumo de oxígeno

Valoración indirecta durante la competición

En las tablas 5-9 y 5-10 se presentan los valores globales del consumo de oxígeno estimado durante el partido de competición oficial, excluido el tiempo de descanso (tabla 5-9) e incluyéndolo (tabla 5-10). También se presentan los resultados obtenidos por los jugadores de cada una de las líneas de competición, no observándose diferencias significativas entre las tres demarcaciones ($P > 0,05$). En dos casos asumimos que la FC de la 1ª y la 2ª parte son aproximadamente equivalentes, debido a la pérdida del registro de una de las partes por circunstancias fortuitas durante el juego (rotura del reloj receptor del pulsómetro y parada fortuita, respectivamente).

La tabla 5-11, presenta la distribución por intervalos de intensidad relativa ($\dot{V}O_2$) del tiempo total de juego en partidos de competición oficial, por demarcaciones de juego. Las diferencias entre demarcaciones no son significativas ($P > 0,0$).

Tabla 5-9: Valores medios de consumo de oxígeno estimado y concentración de lactato en sangre durante el juego en partidos de competición oficial. Las diferencias entre demarcaciones no son significativas (P> 0,05).

| Sujetos | Tiempo (min) | $\dot{V}O_2$ (L·min ⁻¹) | VO ₂ (L) | Lactatemia (mmol·L ⁻¹) | VO ₂ ^{neto} (L) |
|-------------------|-----------------|--|------------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | 55 | 3,388 | 185 | 4,49 | 172 |
| 2 | 78 | 3,734 | 291 | 4,81 | 273 |
| 3 | 78 | 3,145 | 245 | 5,05 | 226* |
| 4 | 77 | 3,914 | 301 | 4,62 | 280 |
| 5 | 79 | 3,656 | 287 | 7,84 | 271 |
| 6 | 69 | 3,493 | 241 | 3,64 | 222 |
| 7 | 77 | 3,963 | 305 | 2,79 | 284 |
| 8 | 76 | 3,481 | 264 | 6,88 | 247* |
| 9 | 78 | 3,538 | 275 | 5,43 | 258 |
| <hr/> | | | | | |
| <i>Medios</i> | <i>(n=3)</i> | | | | |
| | 70 | 3,423 | 246 | 4,78 | 224 |
| | (13,3) | (296) | (53) | (0,3) | (50) |
| <hr/> | | | | | |
| <i>Delanteros</i> | <i>(n=3)</i> | | | | |
| | 75 | 3,688 | 276 | 5,37 | 258 |
| | (5,3) | (212) | (31) | (2,2) | (31) |
| <hr/> | | | | | |
| <i>Defensas</i> | <i>(n=3)</i> | | | | |
| | 77 | 3,661 | 282 | 5,03 | 263 |
| | (1,0) | (264) | (21) | (2,1) | (19) |
| <hr/> | | | | | |
| <i>Total</i> | <i>(n=9)</i> | | | | |
| | 74 | 3,591 | 266 | 5,06 | 248 |
| | (7,7) | (258) | (38) | (1,5) | (36) |

Los resultados son: \bar{x} , (s)

* En estos casos asumimos que la FC de la 1ª y 2ª parte son aproximadamente equivalentes, debido a la pérdida el registro de una de las partes en ambos jugadores.

Tabla 5-10: Valores estimados del consumo de oxígeno durante partido de competición oficial, incluido el descanso de media parte. Las diferencias entre demarcaciones no son significativas ($P > 0,05$).

| Sujetos | Tiempo (min) | $\dot{V}O_2$ (L·min ⁻¹) | VO ₂ (L) | VO ₂ ^{neto} (L) |
|-------------------------|-----------------|--|------------------------|--|
| 1 | 65 | 2,690 | 196 | 180 |
| 2 | 88 | 3,202 | 306 | 285 |
| 3 | 78 | 3,145 | 256* | 235* |
| 4 | 87 | 3,522 | 317 | 291 |
| 5 | 89 | 3,267 | 305 | 285 |
| 6 | 79 | 2,980 | 257 | 235 |
| 7 | 87 | 3,502 | 322 | 297 |
| 8 | 76 | 3,481 | 273* | 254* |
| 9 | 87 | 3,370 | 285 | 264 |
| <i>Medios</i> (n=3) | 77 | 3,012 | 253 | 233 |
| | (11) | (280) | (55) | (52) |
| <i>Delanteros</i> (n=3) | 85 | 3,256 | 293 | 271 |
| | (5) | (271) | (31) | (31) |
| <i>Defensas</i> (n=3) | 83 | 3,451 | 293 | 272 |
| | (6) | (70) | (25) | (22) |
| <i>Total</i> (n=9) | 81 | 3,240 | 280 | 259 |
| | (8) | (274) | (39) | (37) |

Los resultados son: \bar{x} , (s)

Tabla 5-11: Distribución por intervalos de intensidad ($\dot{V}O_2$) del tiempo total de juego en partidos de competición oficial, por demarcaciones. Las diferencias entre demarcaciones no son significativas ($P > 0,05$).

| Intervalo de $\dot{V}O_2$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | Porcentaje de tiempo en cada intervalo de intensidad (% $\dot{V}O_{2max}$) | | | | | | | |
|--|--|-------|--------------|--------|--------------|-------|--------------|---------------|
| | Medios | | Delanteros | | Defensas | | Total | |
| | % t (n=3) | (s) | % t (n=3) | (s) | % t (n=3) | (s) | % t (n=9) | (s) |
| > 65 | 5,2 | (9,0) | 1,3 | (1,6) | 2,9 | (3,5) | 3,4 | (6,0) |
| 60 - 65 | 4,9 | (8,2) | 7,8 | (7,4) | 8,4 | (6,2) | 7,0 | (6,5) |
| 55 - 60 | 10,9 | (6,7) | 13,9 | (6,5) | 15,5 | (1,5) | 13,4 | (5,1) |
| 50 - 55 | 14,0 | (4,9) | 15,5 | (2,5) | 18,6 | (7,2) | 16,1 | (4,9) |
| 45 - 50 | 14,83 | (5,5) | 12,7 | (4,1) | 12,4 | (4,9) | 13,3 | (4,4) |
| 40 - 45 | 11,2 | (3,5) | 9,1 | (2,0) | 10,7 | (4,3) | 10,3 | (3,1) |
| 30 - 40 | 9,2 | (1,9) | 5,2 | (1,4) | 6,0 | (2,5) | 6,8 | (2,5) |
| < 35 | 27,7 | (9,7) | 31,4 | (15,5) | 23,2 | (8,9) | 27,4 | (10,8) |

Los resultados son: \bar{x} y (s).

En la tabla 5-12 se presentan los valores medios y máximos (pico) $\dot{V}O_2$ estimado (absoluto y relativo) en los jugadores, individualmente y por líneas de demarcación, así como el porcentaje relativo al $\dot{V}O_2$ max determinado en el laboratorio. No se observan diferencias significativas entre las tres demarcaciones tácticas ($P > 0,05$). El $\dot{V}O_2$ medio estimado fue de $3,591 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($48,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 70,7 % del $\dot{V}O_2$ max). El $\dot{V}O_2$ pico estimado fue de $4,830 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($65,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 93,6 % del $\dot{V}O_2$ max), no observándose tampoco diferencias entre las tres demarcaciones ($P > 0,05$).

Tabla 5-12: Valores medios y máximos (pico) del consumo de oxígeno estimado (absoluto y relativo) durante la competición oficial, individualmente y según sus posiciones tácticas.

| Sujetos | $\dot{V}O_2$ medio estimado | | | $\dot{V}O_2$ pico estimado | | |
|---------------|---------------------------------|--|----------------|--------------------------------|---|----------------|
| | $\dot{V}O_2$ | $\dot{V}O_2$ relativo | % $\dot{V}O_2$ | $\dot{V}O_2$ | $\dot{V}O_2$ relativo | % $\dot{V}O_2$ |
| | medio (L·min ⁻¹) | medio (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | max % | pico (L·min ⁻¹) | pico (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | max % |
| 1 | 3,388 | 47,8 | 65,5 | 4,735 | 67,2 | 91,6 |
| 2 | 3,734 | 52,7 | 71,1 | 4,937 | 70,9 | 94,1 |
| 3 | 3,145 | 41,8 | 60,0 | 4,509 | 59,0 | 86,2 |
| 4 | 3,914 | 47,5 | 77,8 | 5,003 | 60,5 | 99,5 |
| 5 | 3,656 | 56,3 | 73,6 | 4,864 | 75,2 | 97,9 |
| 6 | 3,493 | 43,2 | 70,3 | 4,674 | 57,5 | 94,1 |
| 7 | 3,963 | 48,8 | 79,3 | 5,404 | 66,2 | 94,6 |
| 8 | 3,481 | 47,5 | 71,2 | 4,524 | 63,7 | 92,6 |
| 9 | 3,538 | 51,2 | 67,4 | 4,825 | 69,3 | 91,9 |
| Medios | 3,423 | 47,4 | 68,5 | 4,727 | 65,7 | 90,6 |
| (n=3) | (296) | (5,4) | (5,5) | (214) | (6,3) | (4,1) |
| Delanteros | 3,688 | 49,0 | 73,8 | 4,847 | 64,4 | 97,2 |
| (n=3) | (212) | (6,7) | (3,8) | (165) | (9,5) | (2,8) |
| Defensas | 3,661 | 49,2 | 72,6 | 4,918 | 66,4 | 93,1 |
| (n=3) | (264) | (1,9) | (1,9) | (447) | (2,8) | (1,4) |
| Global | 3,591 | 48,5 | 70,7 | 4,830 | 65,5 | 93,6 |
| (n=9) | (258) | (4,5) | (5,0) | (274) | (5,9) | (3,8) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

5.5.4. Gasto energético estimado en competición

Realizada la valoración indirecta del consumo de oxígeno en competición, se procedió a estimar el gasto energético individualmente y por demarcaciones en base al equivalente calórico del oxígeno, analizando el gasto energético de toda la competición (E^{comp} ; tabla 5-14) y de las partes de la competición, excluyendo las fases de reposo y calentamiento (E^{partes} ; tabla 5-13). Se calculó un gasto energético total de 1.414 kcal (s= 200), de las cuáles, 1.345 kcal (s= 192) corresponden a la disputa de las dos partes de la competición. No se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las demarcaciones tácticas.

La tabla 5-15 presenta los valores medios de potencia energética (\dot{E} , kcal·min⁻¹, kJ·min⁻¹) individualmente y por demarcaciones. No se observaron diferencias significativas entre las tres líneas ($P > 0,05$).

Al valorar el consumo energético medio observado en las dos partes de la competición oficial, —en este caso de una duración media de 37 min— el gasto energético estimado fue de 672 kcal en cada una de las partes de la competición. Dicho gasto corresponde al consumo de 133 L de O₂ por cada parte de la competición. La potencia energética en competición, fue de 18,10 kcal·min⁻¹ (tabla 5-15).

Tabla 5-13: Gasto energético (E_{total} , y E_{neta}) estimado durante las dos partes en partidos de competición oficial.

| Sujetos | E_{total} partes | | E_{neta} partes | |
|-------------------|--------------------|---------|-------------------|---------|
| | (kcal) | (kJ) | (kcal) | (kJ) |
| 1 | 935 | 3.913 | 871 | 3.646 |
| 2 | 1.470 | 6.153 | 1.380 | 5.775 |
| 3 | 1.238 | 5.182 | 1.050 | 4.396 |
| 4 | 1.521 | 6.368 | 1.415 | 5.923 |
| 5 | 1.450 | 6.068 | 1.369 | 5.728 |
| 6 | 1.217 | 5.096 | 1.125 | 4.707 |
| 7 | 1.542 | 6.455 | 1.435 | 6.007 |
| 8 | 1.335 | 5.589 | 1.256 | 5.258 |
| 9 | 1.393 | 5.830 | 1.303 | 5.454 |
| <hr/> | | | | |
| <i>Medios</i> | <i>(n=3)</i> | | | |
| | 1.214 | 5.083 | 1.100 | 4.606 |
| | (268) | (1.123) | (258) | (1.079) |
| <hr/> | | | | |
| <i>Delanteros</i> | <i>(n=3)</i> | | | |
| | 1.396 | 5.844 | 1.303 | 5.453 |
| | (159) | (665) | (156) | (653) |
| <hr/> | | | | |
| <i>Defensas</i> | <i>(n=3)</i> | | | |
| | 1.423 | 5.958 | 1.331 | 5.573 |
| | (107) | (447) | (93) | (388) |
| <hr/> | | | | |
| <i>Total</i> | <i>(n=9)</i> | | | |
| | 1.345 | 5.628 | 1.245 | 5.211 |
| | (192) | (804) | (192) | (803) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

Las diferencias entre demarcaciones no son significativas ($P > 0,05$).

Tabla 5-14: Gasto energético (E_{total} , y E_{neta}) estimado en partidos de competición oficial, incluido el descanso de medio tiempo.

| Sujetos | E_{total} competición | | E_{neta} competición | |
|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|---------|
| | (kcal) | (kJ) | (kcal) | (kJ) |
| 1 | 993 | 4.155 | 912 | 3.816 |
| 2 | 1.547 | 6.474 | 1.439 | 6.022 |
| 3 | 1.295 | 5.421 | 1.176 | 4.924 |
| 4 | 1.600 | 6.698 | 1.473 | 6.166 |
| 5 | 1.544 | 6.464 | 1.443 | 6.038 |
| 6 | 1.300 | 5.443 | 1.187 | 4.968 |
| 7 | 1.625 | 6.802 | 1.500 | 6.277 |
| 8 | 1.379 | 5.773 | 1.271 | 5.322 |
| 9 | 1.442 | 6.033 | 1.335 | 5.586 |
| <i>Medios (n=3)</i> | | | | |
| | 1.278 | 5.350 | 1.176 | 4.920 |
| | (277) | (1.162) | (263) | (1.103) |
| <i>Delanteros (n=3)</i> | | | | |
| | 1.482 | 6.201 | 1.368 | 5.724 |
| | (159) | (667) | (157) | (658) |
| <i>Defensas (n=3)</i> | | | | |
| | 1.482 | 6.203 | 1.369 | 5.728 |
| | (128) | (535) | (118) | (493) |
| <i>Total (n=9)</i> | | | | |
| | 1.414 | 5.918 | 1.304 | 5.457 |
| | (200) | (838) | (190) | (797) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

Las diferencias entre demarcaciones no son significativas ($P > 0,05$)

Tabla 5-15: Tiempo de juego y valores medios de potencia energética total estimada ($\dot{V}O_2$, kcal·min⁻¹, kJ·min⁻¹) y tiempo real durante cada una de las partes de la competición oficial.

| Sujetos | Tiempo de juego (min) | $\dot{V}O_2$ / partes (L) | E total/ partes (kcal) | \dot{E} total/ partes (kcal·min ⁻¹) | \dot{E} total/ partes (kJ·min ⁻¹) |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|---|---|
| 1 | 27 | 92 | 467 | 17,0 | 71,1 |
| 2 | 39 | 145 | 735 | 19,8 | 78,8 |
| 3 | 39 | 122 | 619 | 15,8 | 66,4 |
| 4 | 38 | 150 | 760 | 19,7 | 82,7 |
| 5 | 39 | 143 | 725 | 18,3 | 76,8 |
| 6 | 34 | 120 | 609 | 17,6 | 73,8 |
| 7 | 38 | 152 | 766 | 20,0 | 83,8 |
| 8 | 38 | 132 | 667 | 17,6 | 73,5 |
| 9 | 39 | 137 | 696 | 17,8 | 74,7 |
| <i>Medios</i> | | | | | |
| (n=3) | 35 (6,6) | 120 (26,6) | 607 (134,2) | 17,2 (1,5) | 72,1 (6,3) |
| <i>Delanteros</i> | | | | | |
| (n=3) | 37 (2,6) | 138 (15,7) | 698 (79,5) | 18,6 (1,0) | 77,8 (4,5) |
| <i>Defensas</i> | | | | | |
| (n=3) | 38 (0,5) | 141 (10,6) | 710 (50,6) | 18,5 (1,3) | 77,4 (5,6) |
| <i>Total</i> | | | | | |
| (n=9) | 37 (3,9) | 133 (19,0) | 672 (95,3) | 18,1 (1,3) | 75,7 (5,5) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

5.5.5. Consumo de oxígeno mediante telemetría

La posibilidad de disponer de un analizador telemétrico del consumo de oxígeno nos ofreció la oportunidad de medirlo de forma directa en situación real de competición amistosa. La complejidad de los implementos del K2-Cosmed hacían inaplicable la medición en competición oficial. En la figura 5-9 se presenta el registro correspondiente a uno de los 7 sujetos de la muestra durante el juego en un partido amistoso.

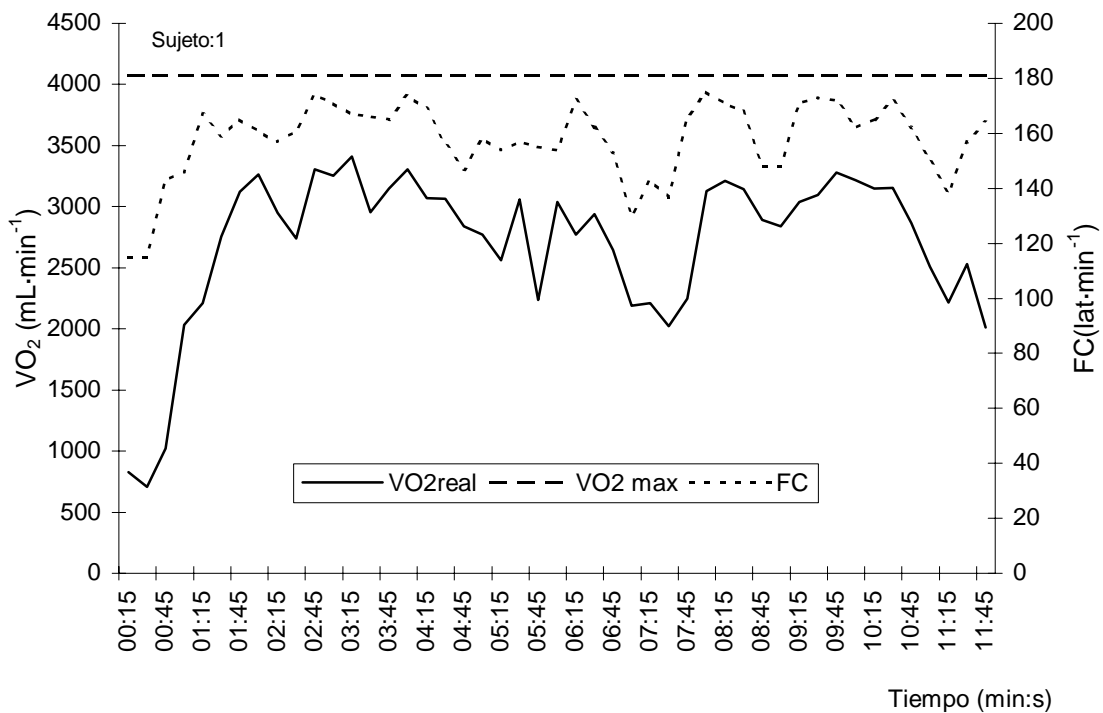


Figura 5-9: Evolución de la frecuencia cardíaca (FC) y el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), medidos teleméricamente, durante un partido de competición amistosa. Se indica el nivel de $\dot{V}O_2$ max obtenido en la prueba de esfuerzo de laboratorio.

Del total de registros determinados con el K2-Cosmed se estudiaron los valores medios y máximos de los principales parámetros ventilatorios y cardíacos durante las competiciones amistosas (tabla 5-16). Dichos registros tuvieron una duración aproximada de 15 min, con objeto de obtener datos del mayor número de jugadores de cada una de las demarcaciones.

Tabla 5-16: Medición telemétrica del consumo de oxígeno en jugadores de hockey hierba durante dos competiciones amistosas. Se indican la frecuencia cardíaca (FC) y el $\dot{V}O_2$ absoluto y relativo, así como los valores relativos respecto de las pruebas de laboratorio (% FCmax y % $\dot{V}O_{2max}$).

| <u>FC</u> <u>(lat·min⁻¹)</u> | <u>$\dot{V}O_2$</u> <u>(L·min⁻¹)</u> | <u>$\dot{V}O_2$</u> <u>(mL·kg⁻¹·min⁻¹)</u> | <u>%FCmax</u> <u>(%)</u> | <u>% $\dot{V}O_{2max}$</u> <u>(%)</u> |
|--|---|--|-----------------------------|---|
| Valores medios (n=7) | | | | |
| 156 (8,8) | 2,482 (242) | 33,5 (6,1) | 83,6 (2,6) | 58,9 (10,0) |
| 141 - 165 | 2,176 - 2,823 | 25,6 - 42,1 | 80,5 - 87,7 | 48,8 - 73,8 |
| Valores máximos (n=7) | | | | |
| 179 (9,5) | 3,436 (248) | 46,4 (7,2) | 95,9 (2,6) | 81,4 (10,9) |
| 163 -194 | 3,120 - 3,869 | 36,7 - 57,8 | 93,1 - 100,5 | 70,4 - 101,1 |

Los resultados son: \bar{x} , (s) y min-max

La duración real de la medición telemétrica fue de 15,3 min por jugador, con valores extremos de 11,5 y 18,5 min. La media del consumo de oxígeno registrado de forma directa en estos partidos fue de $33,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, con un mínimo y un máximo de $25,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y $42,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente. Estos valores, respecto del consumo máximo de oxígeno determinado individualmente en la prueba de esfuerzo en laboratorio, corresponden a una media del 58,9 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$, siendo el valor medio de los consumos máximos del 81,4 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$.



Foto 5-4: Jugador preparado para entrar al terreno de juego con el equipo telemétrico K2-Cosmed.

5.5.6. Estudio de validación del método de estimación del consumo de oxígeno

La posibilidad de comparar la estimación del consumo de oxígeno con los valores registrados teleméricamente con el K2-Cosmed permitió estudiar la validez del método de valoración indirecta empleado en el apartado anterior (5.5.3).

Los siete jugadores que componían la muestra realizaron una prueba de esfuerzo sobre cinta rodante en el transcurso de quince días posteriores a los registros en competición amistosa. En dicha prueba se recogieron datos de las diferentes variables ergoespirométricas, incluidas la FC y el $\dot{V}O_2$ (figura 5-10).

La tabla 5-17 nos muestra los valores de FC y consumo de oxígeno registrados en la prueba de esfuerzo y en los partidos amistosos de entrenamiento con analizador telemétrico, así como la estimación del $\dot{V}O_2$ durante los mismos.

La media del consumo máximo de los jugadores, es un claro indicador del alto nivel de potencia aeróbica máxima de los jugadores ($56,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Con la intención de determinar la validez del método indirecto, seguimos tres estrategias de análisis de la relación existente entre el consumo de oxígeno real y el estimado: en primer lugar se determinó la correlación entre los valores reales y estimados, en segundo lugar se comprobó que los valores estimados no eran iguales a los reales, y finalmente se cuantificaron las diferencias entre los valores estimados y el consumo medido teleméricamente.

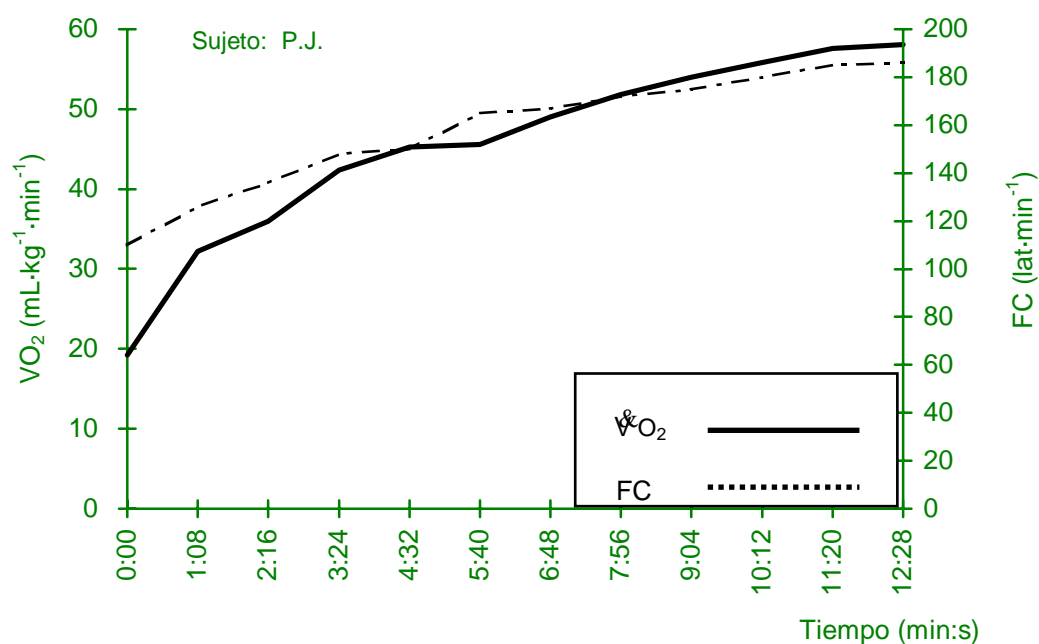


Figura 5-10: Evolución de la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$), durante una prueba de esfuerzo en cinta rodante.

Tabla 5-17: Frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno estimado y real en la prueba de esfuerzo en cinta rodante, y durante dos partidos amistosos de hockey hierba.

| | FC (lat·min ⁻¹) | $\dot{V}O_2$ (L·min ⁻¹) | $\dot{V}O_2$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) |
|-------------------------------|--|--|---|
| <i>Prueba de esfuerzo</i> | | | |
| | <i>Valores máximos en laboratorio</i> | | |
| (n=7) | 187 | 4,339 | 56,9 |
| | (8,0) | (273) | (4,5) |
| | 175 - 198 | 4,000 - 4,690 | 50,2 - 65,4 |
| <i>Competición (estimada)</i> | | | |
| | <i>Valores medios estimados en competición</i> | | |
| (n=7) | 156 | 3,328 | 43,7 |
| | (8,7) | (522) | (7,74) |
| | 141 - 165 | 1,241 - 4,468 | 14,9 - 62,7 |
| <i>Competición (real)*</i> | | | |
| | <i>Valores medios reales en competición</i> | | |
| (n=7) | 156 | 2,474 | 33,5 |
| | (8,7) | (565) | (6,1) |
| | 141 - 165 | 705 - 3,869 | 25,6 - 42,1 |

Los resultados son: \bar{x} , (s) y max-min.

* Medición telemétrica del $\dot{V}O_2$. Obsérvese que las FC corresponden a las utilizadas para la estimación del $\dot{V}O_2$.

Realizados los cálculos en todos los sujetos, se procedió a la estimación del consumo de oxígeno en los partidos de competición amistosa. Los resultados medios extraídos de la valoración indirecta muestran una tendencia en todos los sujetos a la sobreestimación del consumo de oxígeno en la utilización del método indirecto (figura 5-11).

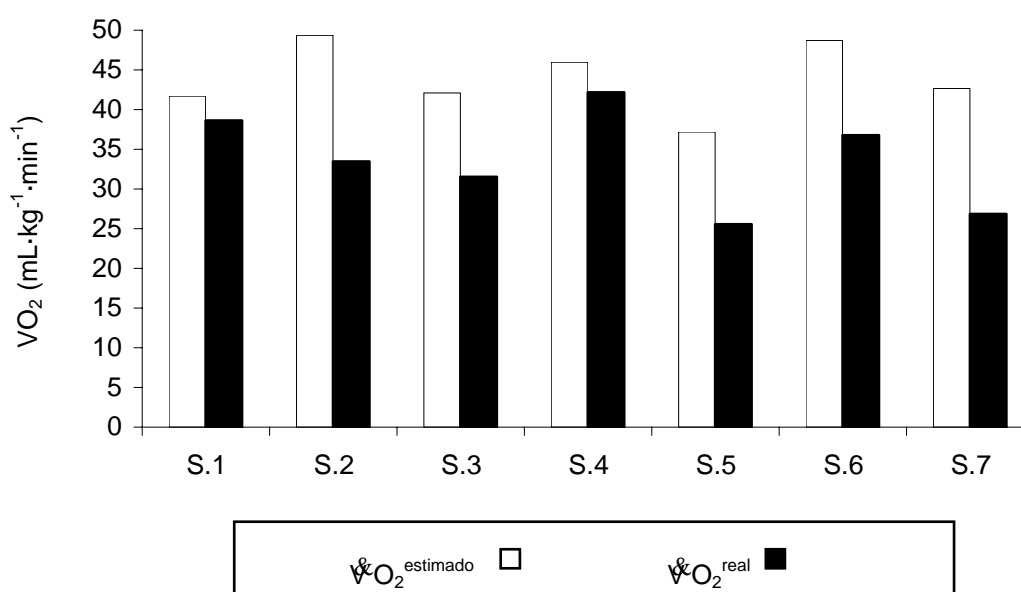


Figura 5-11: Comparación de las medias del consumo de oxígeno real y estimado en competición amistosa (n= 7).

Así, iniciamos este análisis con el estudio de la correlación lineal entre los valores reales y estimados de consumo de oxígeno en cada uno de los 7 sujetos (figura 5-12). En todos ellos existía una correlación estadística muy elevada ($P < 0,001$): los coeficientes de correlación de Pearson calculados estaban entre los valores de $r = 0,721$ y $r = 0,904$. En la figura 5-13 se pueden

observar las rectas de regresión individuales entre el consumo real y estimado en cada jugador. Al referir dichas rectas a la línea de identidad ($y=x$) se aprecia una sobreestimación, que también se observa en la gráfica comparativa de los valores medios y estimados sujeto a sujeto, donde los valores estimados son superiores a los reales en el conjunto de la competición amistosa (figura 5-11).

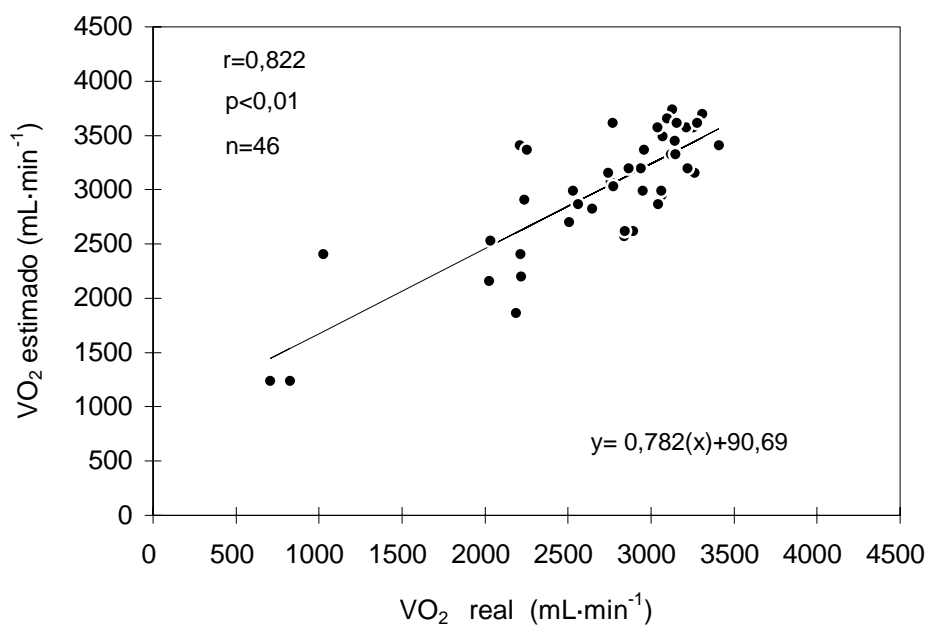


Figura 5-12: Regresión entre el $\dot{V}O_2^{\text{real}}$ y el $\dot{V}O_2^{\text{estimado}}$ en uno de los sujetos de la muestra.

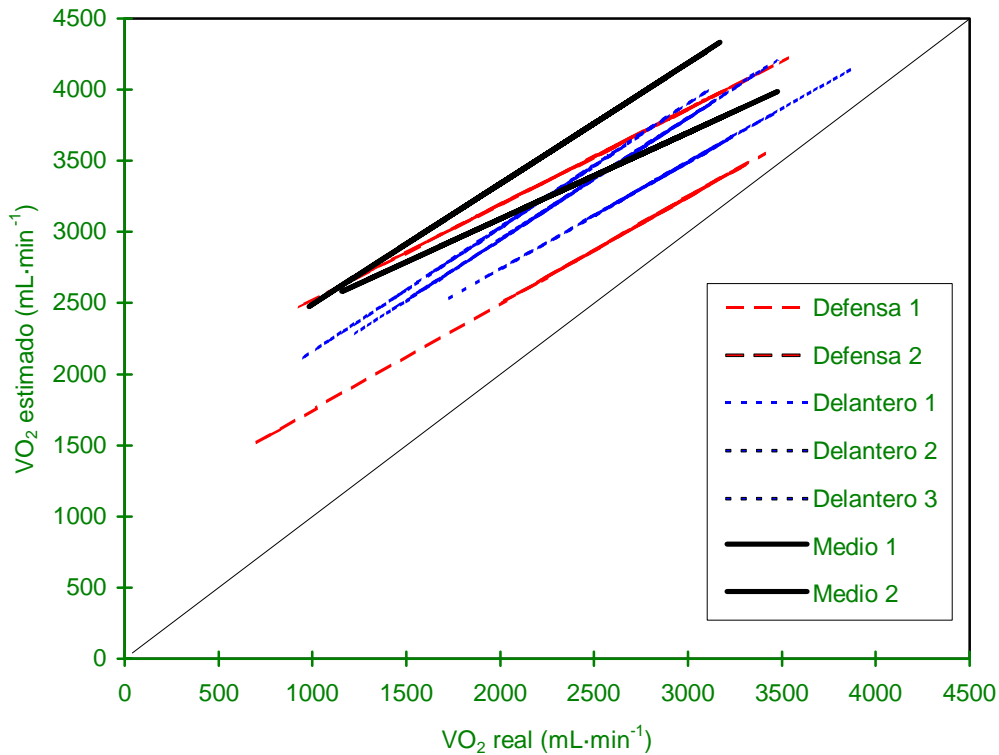


Figura 5-13: Rectas de regresión lineal obtenidas en la comparación de los valores de consumo de oxígeno real y estimado en competición amistosa.

Como estudio complementario se procedió a correlacionar la totalidad de los registros reales y estimados de $\dot{V}O_2$, obteniéndose una correlación significativa ($P < 0,0005$) y un coeficiente de correlación de Pearson entre los valores reales y estimados elevado ($r = 0,690$). La correlación de los valores de consumo de oxígeno real ($\dot{V}O_{2real}$) y estimado ($\dot{V}O_{2estimado}$) en la globalidad de los siete sujetos se puede observar en la figura 5-14.

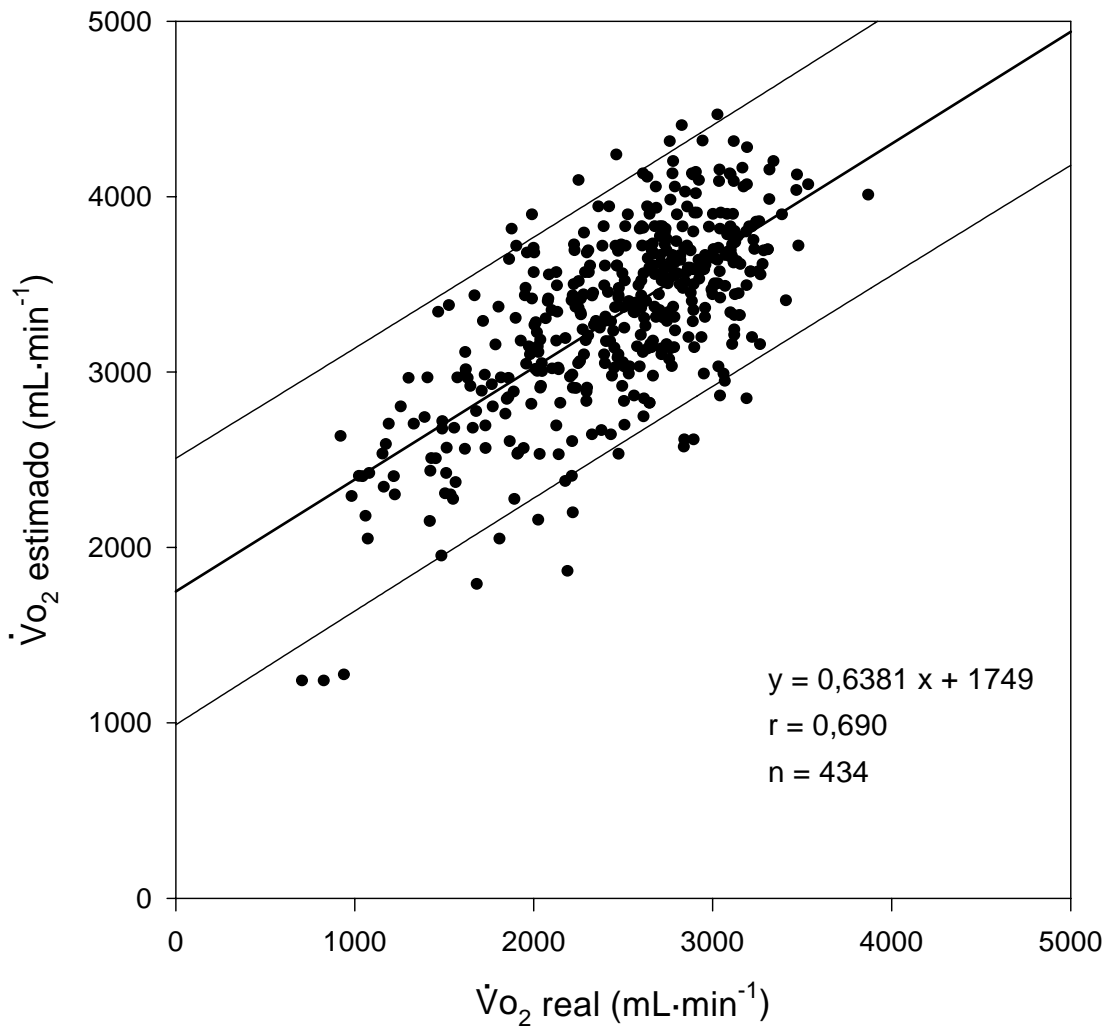
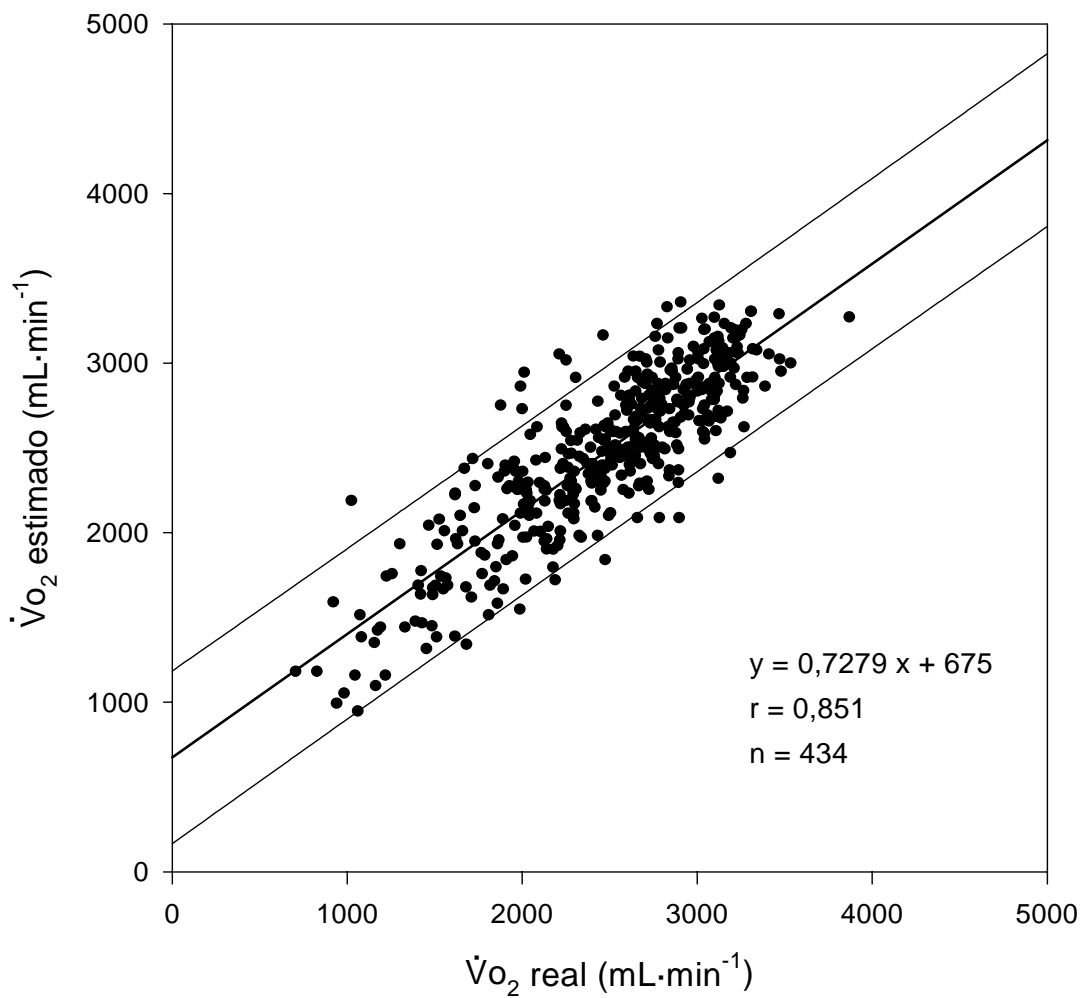


Figura 5-14: Correlación de los valores de consumo de oxígeno real y estimado en la globalidad de los siete sujetos. Se indica la recta y ecuación de regresión lineal, así como el intervalo de confianza del 95 %.

Para comprobar estadísticamente la existencia de diferencias significativas entre $\dot{V}O_2^{\text{estimado}}$ y el $\dot{V}O_2^{\text{real}}$ se aplicó la prueba “t” de Student-Fisher en los datos de los siete sujetos, comprobándose la existencia de diferencias significativas ($P < 0,001$) entre los valores reales y estimados.

La cuantificación de esta sobreestimación en los siete sujetos arroja valores de $853 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ de media, (34 % de sobreestimación sobre el $\dot{V}\text{O}_2$ real), siendo el error estándar de la estimación ($378 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) de un 15 % sobre el $\dot{V}\text{O}_2$ real (figura 5-14). Para determinar la magnitud de la sobreestimación nos podemos ayudar del intervalo de confianza de las diferencias detectadas en el análisis de las 434 relaciones individuales de valores estimados y reales de consumo de oxígeno. En este análisis, con un margen de confianza del 95 %, dichas diferencias entre el consumo real y estimado se cifran entre 812 y $893 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P>0,001$).

Posteriormente, se llevo a cabo un nuevo proceso de validación, que llamaremos específica. En dicho cálculo se emplearon los mismos valores de FC registrados con el K2-Cosmed durante la realización de los partidos de competición amistosa. De este modo se obtuvieron resultados más ajustados a los valores de consumo de oxígeno real. Las ecuaciones de regresión, así como la graficación de las rectas entre el consumo real y estimado en este proceso de validación específica pueden observarse en el anexo 14. Esta segunda estimación específica reveló una mayor correlación entre $\dot{V}\text{O}_2$ real y estimado ($r= 0,854$) y una diferencia media con el $\dot{V}\text{O}_2$ real de $4 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ($s= 537$), siendo el error estándar de la estimación ($250 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) del 10 % sobre el $\dot{V}\text{O}_2$ real. El intervalo de confianza (95 %) de las diferencias determinado en el análisis de los 434 relaciones de valores estimados y reales de consumo de oxígeno se encuentra entre 46 y $55 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ (figura 5-15).



—
F

estimación específica en la globalidad de los siete sujetos. Se indica la recta y ecuación de regresión lineal, así como el intervalo de confianza del 95 %.



Foto 5-5: Jugador en competición amistosa con el equipo telemétrico K2-cosmed.

5.6. Discusión

La muestra de sujetos puede considerarse como perteneciente a la élite que participa habitualmente en competiciones de hockey sobre hierba artificial. El nivel de los jugadores estudiados es muy homogéneo, habiendo participado todos en competiciones internacionales con la Selección Nacional Española de hockey hierba, así como en competiciones internacionales de clubs (Copa de Europa y Recopa). Cinco de los jugadores participaron también en los Juegos Olímpicos de la XXV Olimpiada (Barcelona 1992). En la misma nos encontramos con jugadores de las tres posiciones tácticas: delanteros, medios y defensas.

El control y la planificación de las cargas son elementos de gran importancia para el entrenamiento deportivo (Matveiev 1982; Godik 1989; Platonov 1991). Godik (1989) afirma que la carga de los ejercicios competitivos ha de ser el punto de referencia sobre el cual se concretan las sesiones y la distribución de los elementos que constituyen el entrenamiento; por esta razón, considera de interés capital el conocimiento de la estructura de la competición, así como los factores que inciden en el resultado. La carga competitiva, como el resto, puede ser evaluada tanto por su componente externo (carga física), como por el interno (carga fisiológica). Su valoración no presenta las mismas posibilidades en los diferentes deportes. Así, mientras

en deportes de carácter cíclico o continuo la cuantificación de la carga externa resulta relativamente sencilla, los deportes de situación —como el hockey hierba y otros deportes intermitentes— presentan muchas dificultades. Por lo tanto, es necesario analizar indicadores que ayuden a mejorar nuestro conocimiento de los requerimientos de la competición en esos deportes.

Este trabajo se ha centrado en el estudio de las demandas funcionales del hockey hierba, analizando diferentes indicadores fisiológicos que nos ayuden a cuantificar la carga interna en situación competitiva. El análisis se complementa con una valoración de la dinámica temporal de la competición, como indicador de la carga externa, contribuyendo así a la valoración de los principales elementos en que basar un mejor control del entrenamiento y la competición.

La discusión del presente trabajo se ha realizado siguiendo el esquema de la exposición de los resultados, dividiendo el análisis de la sollicitación funcional de los jugadores de hockey hierba en laboratorio y competición, siguiendo los puntos descritos a continuación:

- Valoración funcional en laboratorio
- Frecuencia cardíaca
- Lactatemia
- Consumo de oxígeno por telemetría
- Gasto energético

5.6.1. Valoración funcional en laboratorio

Los datos de mayor interés son los ergoespirométricos. La media de consumo máximo de oxígeno obtenido en la muestra de jugadores fue de $5,14 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ($68,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), notablemente superior a la obtenida en otros estudios en muestras similares y coincidiendo sólo con los datos de Reilly y Seaton (1990) (ver tabla 5-18).

Las diferencias en el consumo máximo de oxígeno observadas entre las tres posiciones tácticas (tabla 5-3) no resultaron significativas, a pesar de observarse una media de $66,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en los delanteros, $72,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en los medios, y $67,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en los defensores.

Según estos resultados, consistentes con los del apartado 4 y de estudios anteriores (Ghosh y col. 1988), podría afirmarse que no existen demandas específicas según la demarcación táctica en lo relativo a la potencia aeróbica máxima. Dichos resultados contrastan con los de Mathur (1980) y Kansal (1980), quienes registraron valores más elevados en los delanteros, en comparación con los defensas.

Tabla 5-18: Consumo máximo de oxígeno ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) de jugadores de hockey hierba de alto nivel según diferentes autores, y del presente estudio.

| Autores | n | $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) | Método | Nivel deportivo |
|-------------------------------------|-----|---|------------------------|--------------------------------|
| Withers et al.(1977) | 9 | 64,1 (5,2) | Cinta rodante | Nacional (Australia) |
| Verma et al.(1980) | 12 | 50,6 (3,5) | Cicloergómetro | Internacional (India) |
| Kansal et al. (1980) | 27 | 48,3 (3,3) | Cicloergómetro | Universitario (India) |
| Roberts & Morton (1981) | 14 | 60,7 - | Cinta rodante | Nacional (Australia) |
| Hargreaves (1983) | 20 | 62,2 - | Cinta rodante | Nacional (G. Bretaña) |
| Mathur (1984) | 40 | 56,5 (2,9) | Escalón de Margaría | Nacional (Nigeria) |
| Rost (1987) | 5 | 63,5 - | Cinta rodante | Nacional (Alemania) |
| Scott et al. (1988) | 117 | 53,27 (1,9) | Cooper (12 min) | Nacional (Sudáfrica) |
| Ghosh et al. (1988) | 36 | 61,1 (7,3) | Cicloergómetro | Nacional (India) |
| Joussellin et al. (1990) | 30 | 55,4 (1,7) | Cinta rodante | Nacional (Francia) |
| Reilly & Seaton (1990) | 7 | 69,0 - | Cinta rodante | Nacional (G. Bretaña) |
| Boyle et al. (1992) | 9 | 61,8 (1,8) | Cinta rodante | Nacional (Irlanda) |
| Otros datos no publicados (1992) | 20 | 59,2 (5,1) | Cinta rodante | Internacional (Sel. ADO'92) |
| Presente estudio | 9 | 68,6 (6,0) | Cinta rodante | Internacional (Club Egara) |
| | 31 | 65,7 (5,2) | Cinta rodante | Internacional (Club Egara) |

Los resultados son: \bar{X} , (s)

Reilly y Seaton (1990) llevaron a cabo un estudio con siete jugadores de hockey hierba de alto nivel, que realizaron 5 min de carrera sobre una cinta rodante a 8 y 10 km·h⁻¹, realizando además la acción técnica del dribbling con bola. Los resultados obtenidos demostraban que el dribbling incrementa el gasto energético de 15-16 kJ·min⁻¹ en comparación con la carrera. Dichos jugadores obtuvieron una media de $\dot{V}O_{2max}$ de 69 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (ver tabla 5-2).

En los resultados obtenidos en la prueba máxima se confirma la relación lineal, estadísticamente significativa, entre el incremento de consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca en todos los sujetos. Esta elevada correlación ha sido determinada mediante una prueba continua y progresiva, por tanto, la relación existente entre FC y $\dot{V}O_2$ puede no coincidir con la resultante de un ejercicio intermitente y de intensidad variable, como es la actividad competitiva en hockey hierba.

5.6.2. Frecuencia cardíaca

Se valoró la FC en dos competiciones de hockey hierba: una de carácter oficial, con la participación de los dos mejores equipos a nivel nacional, y otra de carácter amistoso contra el segundo equipo del club Egara (E.H.C). En la competición oficial (Torneo Línea-22), la media de FC en los dos partidos (semifinal y final) fue de $165 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ ($s= 5,6$; $n= 9$), mientras que la correspondiente a los dos partidos amistosos, en los que se registró por primera vez el $\dot{V}\text{O}_2$ teleméricamente en situación real de juego, fue de $156 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ ($s= 3$; $n= 7$), inferior a la obtenida en el torneo oficial ($P= 0,026$). Estas medias representan valores de FC elevados en el desarrollo de toda la competición, que confirman las conclusiones de autores como Boyle (1994), para quien la FC es un indicador de los elevados requerimientos fisiológicos en la competición en hockey hierba.

La posibilidad de realizar un análisis directo de la FC en una competición oficial en la que los jugadores consideraban el resultado deportivo como muy importante debido a la participación del vigente campeón de liga, constituyó una ocasión excepcional para evaluar las exigencias funcionales de los jugadores de hockey hierba. Resulta lógico y significativo que la FC fuera superior en esta competición oficial en comparación con el partido amistoso de entrenamiento. El método utilizado en los registros FC y el tratamiento posterior de los datos, así como su valoración, supuso un trabajo muy laborioso pero garantizó unas condiciones ecológicas razonables (mínima interferencia en la situación competitiva).

El estudio longitudinal de las medias de FC en las dos partes de la competición revela un incremento progresivo durante los siete minutos iniciales de la competición (figuras 5-5, 5-6, 5-7) y una posterior estabilización de los registros, en los valores próximos al umbral aeróbico obtenido en el laboratorio.

Al comparar las demandas fisiológicas en las dos partes de la competición, se observó una media de FC ligeramente superior en las tres demarcaciones en la primera parte ($\bar{x} = 167-166 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$), en comparación con la segunda ($\bar{x} = 161-163 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$). La marcada variabilidad de los picos de FC registrados entre ($99 \text{ y } 199 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$) muestran demandas variables durante el juego, no observándose diferencias significativas entre las tres demarcaciones. Los valores medios registrados fueron de $165 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ para los delanteros y $164 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ para los medios y defensas (figura 5-4).

La variabilidad es el denominador común en los registros de FC en competiciones de hockey, pero podemos afirmar que existe una tendencia a incrementarse a medida que la primera parte avanza y a estabilizarse en las segundas partes. Muchos factores incidirán en la magnitud del incremento de las medias, así como de los valores extremos: la importancia de la competición, el hecho de ser o no eliminatoria, el nivel del rival, la dinámica competitiva, las interrupciones, etc.

La FC puede ser utilizado como indicador de la intensidad individual de entrenamiento de diferentes formas, existiendo distintos parámetros sobre los que basar dicho control individual: FC basal, máxima, en umbrales ventilatorios o de lactatos, en competición y en diferentes situaciones de entrenamiento. El uso de los valores de FC no nos ofrese una información que pueda ser aplicada de forma fiable a nivel individual. Como se ha visto, son muchas las variables que influyen en cada caso individual: mayor o menor braquicardia basal y de esfuerzo del jugador, nivel del rival y dificultad que opone, eliminatoria o fase del campeonato en que se encuentra, acumulación de la fatiga, factores externos con influencia del árbitro, etc. Esta dificultad en la generalización de los datos de FC nos llevó a analizar individualmente la intensidad del trabajo desarrollado en las competiciones, utilizando la FC como indicador de intensidad. Se determinaron en la prueba de esfuerzo los valores individuales de FC en los umbrales aeróbico y anaeróbico y, una vez obtenidos, se procedió a definir tres intervalos de intensidad de trabajo: FC superior al umbral anaeróbico, FC inferior al umbral aeróbico y FC entre los dos umbrales ventilatorios. Con esta estratificación de la intensidad conseguimos que la valoración de las demandas fisiológicas fuera individual, dando mayor sentido a la globalidad de los datos. Según los registros analizados, el conjunto de la muestra trabaja a una FC por encima de su umbral anaeróbico individual 9,8 % del tiempo de la primera parte y un 5,1 % del tiempo de la segunda parte. No obstante, el porcentaje de tiempo de trabajo en la zona de transición aeróbico-anaeróbica fue similar en las primeras partes con un 44,0 % y en las segundas partes, con 46,9 % de media.

En cuanto a las diferencias apreciadas entre las líneas tácticas de juego, podemos comprobar que los delanteros son los jugadores que más trabajan por encima de su umbral anaeróbico con un 17,7 % del tiempo de duración del partido. Dicho porcentaje disminuye considerablemente en las segundas partes (7,7 %), no habiendo encontrado diferencias significativas entre las tres posiciones tácticas ($P > 0,05$).

La caracterización de los niveles de intensidad relativos, sujeto a sujeto, según los diferentes parámetros de FC intraindividuales determinados en una prueba de esfuerzo proporcionan un interesante elemento de estudio, siendo generalizables en la sollicitación funcional de los jugadores en hockey hierba.

Para finalizar la discusión sobre la caracterización de la FC en competición oficial, reiteramos el interés que la valoración de la FC puede presentar como indicador del control del entrenamiento. Los componentes de la carga, volumen e intensidad, en deportes como el atletismo, la natación o la halterofilia, son fácilmente observables con parámetros físicos como las magnitudes de tiempo, peso o distancia, siendo su control cuantificable en las unidades de medida correspondientes a los parámetros físicos utilizados. En deportes de equipo o situación, como el hockey hierba, con carácter intermitente, en que las distancias y el tiempo son variables, y donde el rival condiciona la práctica a una determinada intensidad, la utilización de parámetros fisiológicos como la FC en el control del entrenamiento, puede ser

de gran ayuda para los entrenadores a la hora de cuantificar la magnitud de la carga de entrenamiento o competición.

En la programación de los contenidos de la preparación física de los jugadores de hockey hierba, dentro de la planificación general de los diferentes ciclos o períodos de entrenamiento, sería importante que el preparador físico o técnico responsable, conociese los niveles de intensidad desarrollada por el jugador en la realización de los distintos tipos de entrenamiento, o durante la competición. Con estos datos, el preparador físico o entrenador podrían determinar el tipo de trabajo a realizar, programar la intensidad del trabajo de resistencia en base a la respuesta específica mediante el control individual, y también cuantificar la intensidad de trabajo de una parte importante del volumen total de entrenamiento (60 al 80 %) que representa el entrenamiento específico de hockey (trabajo en parejas, tiro a portería, 2x1, 3x2, desplazamientos tácticos, partidos reducidos, etc.), en que generalmente se programa en base a factores técnico-tácticos de gran importancia, pero en los que el control de la intensidad funcional desaparece, o como mínimo, se ve relegado a las valoraciones subjetivas del nivel de fatiga.

La existencia de estudios que se centren en el análisis de la carga gracias a las modificaciones de la FC en los entrenamientos y la competición (Iglesias 1998; Rodríguez y col. 1994, 1995a, 1995b, 1995c) está contribuyendo a la mejora del control del entrenamiento, y es en esta línea en la que consideramos que los preparadores físicos y entrenadores deberían

procurar obtener más información sobre la incidencia que los diferentes trabajos específicos tienen en el organismo de sus jugadores. La confrontación de valores genéricos –no individualizados– de FC en diferentes deportistas no puede resultar válida, porque es conocido que los valores de reposo y de esfuerzo de FC no son universales (Hopkins 1991). Para reducir este error y con la intención de utilizar los valores de FC como un instrumento de trabajo en el entrenamiento se han diseñado diferentes métodos de evaluación. Una de las propuestas para la mejora de la valoración de la FC intersujetos es la basada en el cálculo de porcentajes de la frecuencia cardíaca de reserva (FCR), equivalente a la diferencia entre los valores individuales de FC máxima y la FC de reposo ($FCR = FC_{max} - FC_{reposo}$) (Karvonen y Vuorimaa 1988). La individualización de los controles, de la interpretación y análisis de los datos, así como de la aplicación de las diferentes cargas de entrenamiento puede ser una herramienta de gran utilidad que el entrenador puede utilizar para mejorar la selección y programación de los elementos a introducir en la construcción del entrenamiento del jugador de hockey hierba.

5.6.3. Lactatemia

La intervención de la glucólisis anaeróbica en la sollicitación metabólica del jugador de hockey hierba en competición era uno de los aspectos en los que la literatura ofrecía menor cantidad de información.

En este trabajo hemos valorado la evolución de la lactatemia de todos los jugadores en las dos partes de la competición, encontrando valores medios de $5,1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($s= 1,5$) y rango $10,8\text{-}1,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, no encontrando diferencias significativas entre las tres demarcaciones (tabla 5-6 y 5-9). Asumiendo que la lactatemia puede considerarse un reflejo del nivel de activación del metabolismo anaeróbico —una discusión sobre el tema excede los objetivos de este estudio—, una hipótesis para explicar la reducida intervención de la glucólisis anaeróbica es la gran variabilidad de la intensidad del ejercicio y las constantes pausas entre las diferentes acciones durante todo el partido, que permite a los jugadores de hockey hierba una recuperación parcial, y por tanto, una mayor alternancia entre el metabolismo aeróbico y anaeróbico, así como la posibilidad de resíntesis rápida del ATP entre picos de alta intensidad metabólica.

Hemos comprobado que muchas de las referencias sobre deportes de equipo coinciden con los valores de lactatemia descritos. Así, en baloncesto se han registrado valores medios de lactato sanguíneo en competición entre

3,3 y 4,5 mmol·L⁻¹ (Zaragoza 1996). Tranquilli y col. (1992) registraron valores entre los 6 y 7 mmol·L⁻¹ en el baloncesto, entre 8 y 10 mmol·L⁻¹ en el fútbol, y alrededor de los 4 mmol·L⁻¹ en el voleibol.

En la cuantificación de las demandas energéticas se ha introducido el cómputo del consumo de oxígeno neto (VO₂ neto) y el gasto energético total, en el que se evalúa el componente anaeróbico láctico. Saltin (1987) considera importante valorar la contribución anaeróbica láctica para evitar errores en el cálculo del gasto energético. No obstante, los valores medios de ácido láctico medidos en la sangre capilar de los jugadores de hockey hierba no comportan un incremento sustancial de los valores estimados del consumo de oxígeno, y por tanto del gasto energético total. En consecuencia, parece lógico calificar de discreta la contribución del metabolismo anaeróbico láctico durante el juego.

5.6.4. Consumo de oxígeno indirecto y mediante telemetría

En el diseño inicial del trabajo planteamos la realización de un estudio indirecto en el que pudieran estimarse las demandas aeróbicas en el hockey hierba en competición, considerando las dificultades de su valoración en situación real en un deporte de equipo intermitente. Como se expone en la metodología, la FC fue utilizada como un instrumento para la estimación del consumo de oxígeno en base a la obtención de ecuaciones individuales en las que se relacionaba de forma directa la respuesta cardíaca de los jugadores con sus demandas aeróbicas. La FC, a demás, se empleó para la estimación de las demandas energéticas totales, al transformar el $\dot{V}O_2$ estimado en parámetros de gasto energético y potencia energética (Rodríguez e Iglesias 1997, 1998; Rodríguez y col. 1994, 1995b, 1997; Iglesias 1997).

Durante el transcurso del estudio, se presentó la posibilidad de registrar directamente el consumo del $\dot{V}O_2$ en competición por telemetría. Dicho trabajo fue realizado por primera vez a nivel nacional y posiblemente a nivel internacional, según la bibliografía consultada. La posibilidad de comparar la estimación del consumo de oxígeno con los valores reales registrados teleméricamente nos proporcionó una información muy valiosa. La valoración directa es, hoy en día, inviable en el hockey hierba durante la competición real. Por eso, con la intención de conseguir mayor información sobre las demandas funcionales de este deporte, se estudió la validez de un método de estimación del consumo de oxígeno que se incluye en una línea de investigación sobre costo energético de actividades físicas de carácter

intermitente (Rodríguez y col. 1994; Rodríguez e Iglesias 1995a; Rodríguez y col. 1995b, 1995c; Iglesias 1997; Rodríguez e Iglesias 1998; Rodríguez y col. 1998a).

En base a los cálculos de estimación, observamos que los jugadores de hockey hierba consumen una media de $48,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ de oxígeno, que en términos absolutos representaría un consumo de $3,591 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, correspondiente al 70,7 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ (tabla 5-12). Dichos valores son similares a los descritos en un estudio previo realizado por: Boyle (1994), quien obtuvo valores medios estimados de $48,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (77,9 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$). En base a los resultados obtenidos, se observa que no hay diferencias significativas entre líneas ($P > 0,05$): los defensas presentan un consumo de oxígeno medio de $49,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (72,6 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$), los medios de $47,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (68,5% del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$), y los delanteros de $49 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (73,8% del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$).

La utilización de diferentes grupos musculares durante la competición —extremidades inferiores en los desplazamientos, extremidades superiores en el uso del stick y una gran intervención del tronco en la todas las acciones—, la intensidad de las mismas y la elevada carga emocional de la competición real, hacen que los jugadores de hockey hierba trabajen la mayoría del tiempo en condiciones sub-máximas pero de intensidad elevada, considerando que los picos de $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ alcanzan con valores medios de $65,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, que corresponden al 93,6 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ (tabla 5-12).

El registro telemétrico de la FC permite estimar las demandas energéticas de muchas actividades físicas y deportivas que, sin la ayuda de dicho indicador de carga interna, serían difícilmente valorables (Fox y col. 1989; Rodríguez y col. 1994, 1995a, 1995b, 1995c; Iglesias 1998). La relación individual de la FC con el $\dot{V}O_2$ ha sido utilizada por diferentes autores en la mejora del conocimiento de la respuesta funcional en algunos deportes y actividades físicas (Acheson y col. 1980^(*); Ekblom 1986; Washburn y Montoye 1986^(*); Kalkwarf y col. 1989^(*); Cucullo y col. 1987; Yzaguirre y col. 1989; Pinnington 1988, 1990; Livingston y col. 1990^(*); Bangsbo 1994; Rodríguez y col. 1994; Rodríguez e Iglesias, 1995a; Rodríguez y col. 1995b; Rodríguez y col. 1995c, 1998a; Montoye y col. 1996).

Cucullo y col. (1987) aplicaron fórmulas para determinar el consumo máximo de oxígeno en pruebas de esfuerzo utilizando la potencia de trabajo y la FCmax individual como principales variables. Los resultados pusieron de manifiesto buenos niveles de significación en la estimación, pero con niveles variables de correlación, que mejoraban con la utilización de los valores reales de FCmax sobre valores teóricos (por ejemplo $FC_{max} = 220 - \text{edad}$).

(*) Citado en Montoye y col. 1986.

La estimación del consumo máximo de oxígeno dio valores cercanos, aunque subestimados, en comparación con los valores reales obtenidos en los registros directos. Pinnington y col. (1988,1990) aplicaron un modelo de

estimación del consumo de oxígeno en waterpolo en base a los registros de FC durante los partidos. Este sistema de estimación se basaba en la aplicación de una relación lineal entre el $\dot{V}O_2$ y la FC en una prueba de esfuerzo previa en medio acuático (nado estático). Dicha estrategia permitía la determinación de diferentes niveles de intensidad en competición, y especificando los valores de FC que correspondían a diferentes porcentajes de $\dot{V}O_{2max}$, vincularlos a los registros de competición. La misma estrategia se ha seguido en otros estudios (Rodríguez e Iglesias 1997, 1998; Iglesias 1997).

El cálculo del consumo de oxígeno en competición es la principal variable sobre la que se basa la estimación del gasto energético de los jugadores de hockey hierba en el presente estudio. En competición oficial (Torneo Línea-22) se estimó el volumen total de oxígeno consumido durante los dos partidos disputados, observándose valores medios de 266 LO₂. De estos resultados se calcularon los valores netos que correspondían al gasto energético producido por la propia competición, eliminando el correspondiente al consumo de oxígeno basal. El consumo de oxígeno neto en competición fue de 259 L de O₂ de media. La cinética del consumo de oxígeno provoca, en la actividad física de elevada intensidad, una deuda de oxígeno motivada por la desproporción existente entre el suministro y las demandas de oxígeno en el curso de la actividad. Esta deuda presenta dos fracciones: la láctica y la aláctica (Margaria y col. 1933). Considerando los bajos niveles de lactatemia registrados en las competiciones de hockey, hemos de suponer que la mayor parte de la deuda de oxígeno producida por la actividad corresponde a la

fracción aláctica del mismo, si bien es cierto que la alta tasa oxidativa probablemente reduce rápidamente los niveles de lactato en sangre. Esto sin olvidar la influencia del volumen muscular implicado en las acciones propias del juego y sus características temporales, que permiten períodos de intensidad baja alternados con momentos de elevada intensidad (actividad intermitente).

Los niveles de consumo de oxígeno en competición fueron analizados registrando el $\dot{V}O_{2max}$ estimado en dos partidos de competición oficial, obteniéndose valores estimados que oscilan entre 58 y 75 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (correspondientes al 86 y 98% del $\dot{V}O_{2max}$, respectivamente), lo que confirma el importante grado de sollicitación aeróbica del hockey hierba en competición.

La semejanza de los valores de consumo de oxígeno en competición con los registrados en el laboratorio coinciden con los resultados de Ekblom (1986) en jugadores de fútbol. En este mismo deporte, hay autores (Vogelaere y col. 1985) que no comparten el criterio de validez de la utilización de la FC como variable para la valoración indirecta del consumo de oxígeno, al considerar variables extrañas, como el estrés o la temperatura, que pueden influenciar la estimación. El fútbol, definido como actividad física de carácter discontinuo e intermitente con alternancia de períodos de trabajo y reposo relativo (Ekblom 1986, Rodríguez y col. 1996,1998), puede compararse al hockey hierba ya que coinciden en la intermitencia, variabilidad y magnitud de las demandas metabólicas durante la competición. Así, en

ambos deportes, en que los esfuerzos intensos alternan con tiempos de pausa incompletas o de acciones de mayor predominio aeróbico, se verían implicados también el metabolismo aláctico y láctico en la ejecución de las acciones explosivas (arrancar, frenar, acelerar, reaccionar, etc.).

La valoración directa del consumo de oxígeno mediante un analizador telemétrico permitió dos interesantes vías de estudio: por un lado pudo valorarse el consumo de oxígeno en situación competitiva directamente por primera vez en la literatura relativa al hockey hierba; y por otro, abrió la posibilidad de estudiar la validez del método indirecto empleado en otras investigaciones.

Los registros reales de consumo de oxígeno en los partidos amistosos de entrenamiento ($\bar{x} = 33,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) resultaron netamente inferiores a los estimados en competición ($\bar{x} = 48,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Los valores extremos registrados no fueron tan elevados, situándose entre 25,6 y 42,1 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, lo que representaba una intensidad media de trabajo del 58,9 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$. En relación a los niveles máximos de consumo de oxígeno registrados en los partidos, se registraron valores del 81,4 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$ (entre el 70,4 y 101 %) similares a los descritos en la literatura para diferentes deportes de equipo como el fútbol (80 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$: Tranquilli y col. 1992; 69-102 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$: Rodríguez y col. 1995a; Rodríguez e Iglesias 1997, 1998), el baloncesto (70 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$: Tranquilli y col. 1992), el voleibol (50 al 60 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$: Tranquilli y col. 1992), el hockey hierba (90,6 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$: Silla y

Rodríguez 1995) o el hockey sobre patines (83 % del $\dot{V}O_{2max}$: Rodríguez e Iglesias 1995b).

La estrecha relación existente entre el $\dot{V}O_2$ y la FC queda demostrada en los diferentes registros gráficos de evolución de estos parámetros en los partidos amistosos (Anexo 11). También se aprecia al observar la media de FC en los registros telemétricos de los partidos amistosos de entrenamiento ($\bar{x}=156 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$), aunque los valores, al igual que en relación al consumo de oxígeno, son inferiores a los descritos en la competición oficial ($\bar{x}=164 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$).

La coincidencia en la menor magnitud de los valores medios y extremos de la valoración directa en relación a los valores estimados puede obedecer a diferentes factores, uno de los cuales podría ser la dificultad que supone para los sujetos entrar en juego con el analizador telemétrico. La incomodidad que representaba la máscara y el resto del equipo, sin duda pudieron influir en la dinámica del juego, al mismo tiempo que se daban condiciones emocionales (motivación, estrés competitivo, etc.) distintas a las que caracterizan la competición oficial y no amistosa.

La valoración indirecta del consumo de oxígeno presentada forma parte de un estudio de mayor alcance, que comprende el análisis de diferentes actividades físicas de carácter intermitente. Consecuentemente, el estudio de validación del método indirecto no tuvo como propósito ratificar la validez de un nuevo método de valoración del consumo de oxígeno para el

hockey hierba, sino establecer el nivel de validez y especificidad de tal estimación en este deporte de equipo.

Diferentes autores han realizado estudios principalmente en actividades cotidianas sobre la estimación del consumo de oxígeno y el gasto energético en base a la utilización de métodos de valoración indirecta con la FC como variable principal. Los resultados presentaban en algunos casos subestimaciones (Washburn y Montoye 1986, Montoye y col. 1996) y en la mayor parte de los estudios, resultados sobrestimados del gasto energético (Livingston y col. 1990; Acheson y col. 1980; Kalkwarf y col. 1989; Washburn y Montoye 1986, en Montoye y col. 1996; Rodríguez y col. 1995b, 1997, 1998; Iglesias 1997). Ya en la dinámica de la actividad física, en una prueba de esfuerzo con cicloergómetro, Cucullo y col. (1987) estudiaron el consumo de oxígeno en base a diferentes métodos de cálculo basados en la FC, obteniendo en sus resultados una sobreestimación del $\dot{V}O_2$. Por otro lado, en el presente estudio los resultados obtenidos demuestran una evidente sobreestimación del consumo de oxígeno en la aplicación del método de valoración indirecta.

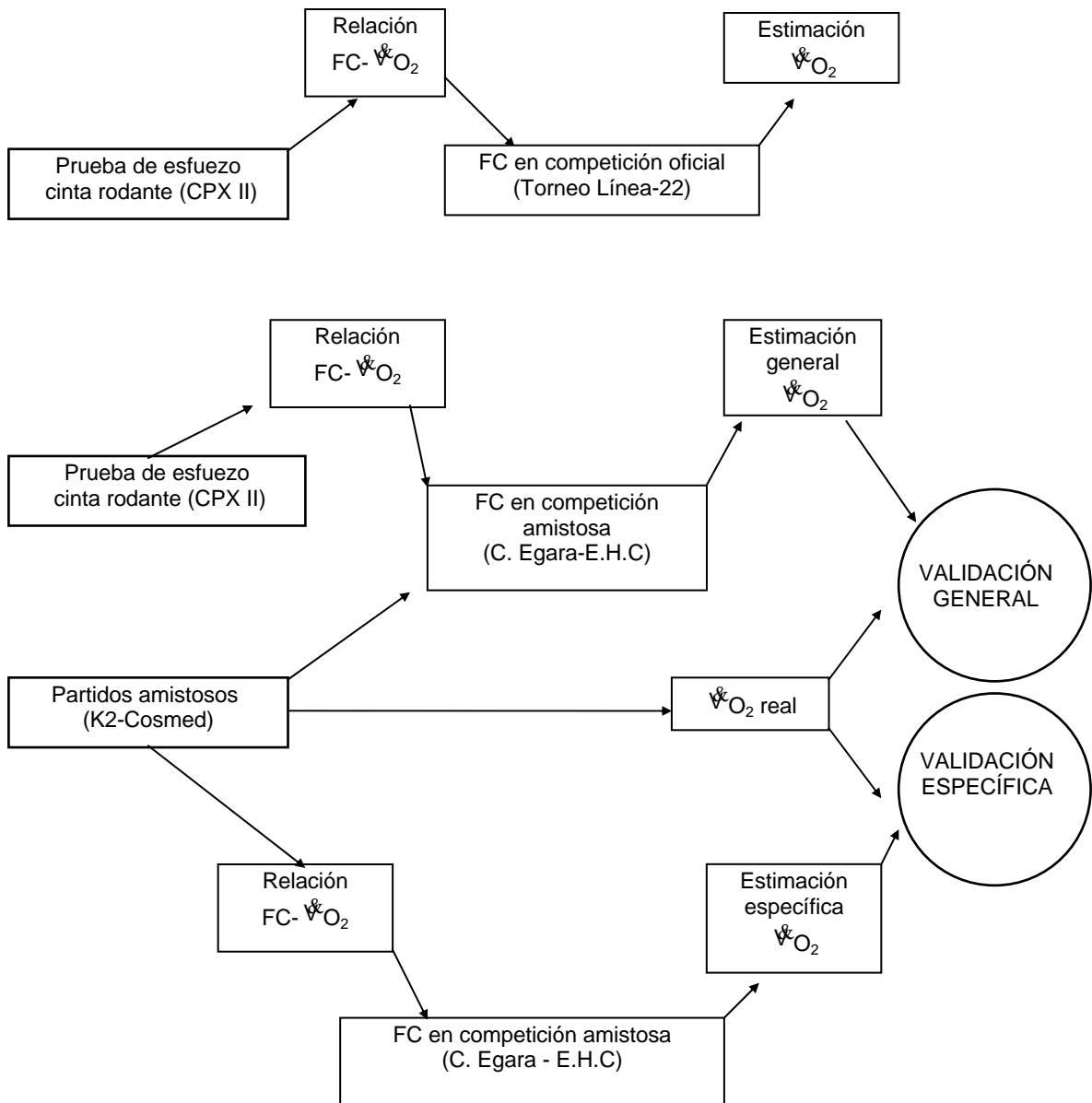


Figura 5-16: Esquema de los diferentes estudios de estimación del consumo de oxígeno y validación del método relacionados en el presente trabajo.

Como se puede apreciar en el esquema de la figura anterior (figura 5-16) se realizaron dos pruebas de validación:

- En primer lugar se realizó el proceso de estimación del consumo de oxígeno en los partidos amistosos de entrenamiento (C.Egara - E.H.C), utilizando la ecuación $FC - \dot{V}O_2$ resultante de la prueba de esfuerzo, y aplicándola a los registros de FC registrados con el K-2 durante los partidos (estimación general). Todos los sujetos de la muestra presentaron niveles inferiores del $\dot{V}O_2$ en los registros directos —reales— en relación a los estimados. El error estándar de la estimación fue del 15 % ($378 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) de los valores reales. Los resultados obtenidos en competición amistosa y expuestos en la validación del método de estimación del consumo de oxígeno, nos dan una diferencia significativa en la validación indirecta del consumo de oxígeno sobre el consumo real, con medias de $3,328 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ y $2,475 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ respectivamente (ver tabla 5-17). La cuantificación de la sobreestimación por el método indirecto en los 7 sujetos fue de $853 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, es decir una sobreestimación media del 34 % sobre los valores reales, lo cual limita las conclusiones sobre las que se pueden llegar en el análisis de los datos basados en la estimación.

- En segundo lugar, y una vez analizados los datos de la primera estimación, decidimos aplicar el mismo método utilizando la relación $FC - \dot{V}O_2$ registrada en los mismos partidos amistosos de entrenamiento, para poder calcular la ecuación de regresión entre ambos valores y aplicarla a los registros de FC (estimación específica). Siguiendo el mismo proceso que en la estimación general, cuantificamos las diferencias existentes entre el consumo real y el estimado en los partidos amistosos, obteniéndose valores medios coincidentes. Este segundo método de valoración mejora radicalmente la

estimación del consumo de oxígeno y, por tanto, podrá ser objeto de un análisis más puntual en futuras investigaciones. Así, podría diseñarse un protocolo de trabajo específico que sustituya o perfeccione la prueba de esfuerzo, o más concretamente, la relación $FC-\dot{V}O_2$ derivada de ésta.

El análisis puso de manifiesto diferencias muy significativas ($P < 0,0005$) en la comparación de la totalidad de los registros estimados y reales para los 434 pares de valores. La comprobación estadística de las diferencias, así como la cuantificación de la sobreestimación nos obligó a analizar caso por caso la relación existente entre los valores reales y estimados, encontrando altos niveles de significación de ($P < 0,001$) y correlaciones entre los valores reales y estimados de consumo de oxígeno de $r = 0,72$ y $r = 0,90$.

No obstante la validación de cualquier método requiere de una generalización de las conclusiones que permita su aplicación en diferentes poblaciones, considerando que la importancia de la validación indirecta radica precisamente en su individualización. Los valores extremos observados en la sobreestimación del consumo de oxígeno confirman que las diferencias son demasiado grandes para validar el método, pero como mínimo, la cuantificación individual del error, y el ajuste de la ecuación con estudios en que los jugadores realicen un esfuerzo más específico que una prueba ergométrica en cinta, posibilitarán el uso del método en la mejora del conocimiento de la sollicitación funcional individual en hockey hierba.

Coincidiendo en algunas de las conclusiones generales a las que se llega en el análisis de la validación del método (Rodríguez y col. 1994; Iglesias 1997; Rodríguez e Iglesias 1997) y profundizando en la discusión de los

resultados observados en este trabajo, la sobreestimación del consumo de oxígeno que se produce en la aplicación de la valoración indirecta podría obedecer, entre otras, a las diferencias en la relación $FC-\dot{V}O_2$ motivadas por los siguientes factores:

- La carga emocional. Autores como Hoch y col. (1988) y Markowska y col. (1988) han demostrado un significativo incremento en la secreción de catecolaminas debido al incremento del componente emocional que produce la competición. Esta activación del sistema adrenérgico puede motivar valores relativamente superiores de FC (Åstrand y Rodahl 1992) en proporción a las demandas cardiocirculatorias y, por tanto, un desajuste en la relación individual $FC-\dot{V}O_2$ encontrada en situaciones no competitivas.

- La actividad mental. Hitchen y col. (1980) (en Åstrand y Rodahl 1992, p.384) demostraron que la FC media se incrementa durante la demanda de una actividad mental. En deportes de equipo (intermitentes) y en situaciones de competición, resulta obvio que se produce una actividad cerebral intensa debido a la constante interacción existente entre jugadores, que requiere de un análisis continuo de la situación de juego.

- El estrés térmico. El aumento de la temperatura corporal y de la humedad ambientales modifican la FC elevándola (Montoye y col. 1996).

- Diferencias intraindividuales existentes en la relación $FC-\dot{V}O_2$ en diferentes actividades físicas. La ecuación que relaciona la FC y el consumo de oxígeno se obtiene gracias al emparejamiento de sus valores en una prueba de esfuerzo de carácter continuo y progresivo, mientras que la competición de hockey hierba es una actividad física de carácter intermitente y de intensidad variable. En la estimación realizada con los mismos registros

de FC de los partidos se observa cómo la sobreestimación se reduce drásticamente. Montoye y col. (1996) determinan diferentes relaciones individuales de FC- $\dot{V}O_2$ para los ejercicios con participación de los brazos, o bien, para aquellos en los que la intervención muscular es superior (brazos y piernas), estableciendo que la relación entre la FC y el consumo de oxígeno en cada sujeto presenta diferentes relaciones en función del tipo de actividad muscular implicada. Dicha observación queda demostrada en el trabajo realizado por Reilly y col. (1990), en el que los jugadores de hockey incrementan el gasto energético cuando realizan acciones técnicas como el dribbling sobre cinta rodante en laboratorio.

- Diferencias de la relación FC- $\dot{V}O_2$ en esfuerzos breves de alta intensidad. La FC es más sensible a registrar rápidos incrementos en esfuerzos breves, siendo el sistema respiratorio más lento en reaccionar. El hecho de que el hockey se centre en un conjunto de acciones rápidas y cortas, realizadas de forma intermitente con demandas del metabolismo anaeróbico junto con largos períodos de energía aeróbica suministrada por múltiples variantes (faltas, situación de juego, nivel del rival, resultados, etc.), hace que se produzcan constantemente acciones breves, de alta intensidad, acompañadas de situaciones de riesgo (entradas, lanzamientos, ganar o perder) que provocan repentinamente incrementos de los valores de FC no siempre relacionados con cambios paralelos en la cinética de oxígeno.

- Trabajo isométrico. El trabajo isométrico provoca incrementos de la FC y la tensión arterial. Montoye y col. (1996) afirman que el ejercicio estático puede incrementar la FC por encima de los niveles esperados en base a demandas de consumo de oxígeno. Durante los partidos se producen acciones en las que los jugadores mantienen posiciones estáticas de

diferentes grupos musculares de forma repetida (penalty corners, corners, faltas, strokes, etc.) susceptibles de causar el citado incremento de la FC, que en situación de laboratorio no se presenta al tratarse de una prueba de carrera continua y progresiva.

- La fatiga y el estado de hidratación. Ambos factores influyen en la relación FC- $\dot{V}O_2$ (Montoye y col.1996). Estos factores están presentes con gran incidencia en la competición de hockey hierba: el primero por la duración de los partidos —entre 1:06 y 1:30 horas de media— y el segundo por las pérdidas hídricas ocasionadas por el esfuerzo.

5.6.5. Gasto energético

La musculatura humana transforma, mediante procesos bioquímicos y fisiológicos conocidos en gran parte, la energía química en mecánica (Hill y col.1924; di Prampero 1981; Lehninger 1984; Guyton 1985; Åstrand y Rodahl 1992). Podemos recordar, sin entrar en detalles, que existen tres grandes vías de resíntesis del ATP necesario para la contracción muscular:

a) la vía anaeróbica aláctica, que utiliza principalmente los fosfatos de alta energía almacenados en el músculo para la refosforilización de ADP en ausencia de oxígeno;

b) la vía anaeróbica láctica en la que, también sin intervención del oxígeno, se obtiene energía mediante la glucólisis, con producción de ácido láctico;

c) finalmente, la vía aeróbica, con intervención directa del oxígeno en la producción de energía, y en la que se utilizan como sustrato la glucosa y los ácidos grasos principalmente, pudiendo las proteínas, participar de este mecanismo en situaciones muy limitadas (Åstrand y Rodahl 1992).

El hockey hierba es un juego rápido con demandas intermitentes del metabolismo anaeróbico junto con largos períodos de suministro de energía

aeróbica (Fox 1981; Cooper y col. 1982; Thoden y col. 1982 y McArdle, 1986). En este apartado se ha realizado un análisis global del gasto energético en el hockey hierba, con la finalidad de cuantificar el nivel de sollicitación a que el jugador es sometido en condiciones reales de competición, posibilitando también su comparación con otras actividades deportivas.

En actividades de carácter continuo, el gasto energético puede estimarse basándose en parámetros como la velocidad de carrera (di Prampero 1981; Costill y Fox 1969), pero en un deporte como el hockey hierba, de carácter intermitente, la única opción técnicamente viable consiste en el cálculo del gasto energético en base a la valoración del consumo de oxígeno, realizado indirectamente en base a la relación con la FC, como se ha discutido en anteriores apartados.

Descritas las diferencias de consumo de oxígeno existentes en las situaciones competitivas y de entrenamiento, nos centramos en la estimación del gasto energético y potencia energéticas en competición oficial, como exponente de la máxima sollicitación. Como se ha comentado, el gasto energético se calculó en base a los valores de consumo de oxígeno estimados en competición real y en el equivalente calórico del oxígeno cifrado en 5,047 kcal por litro de O₂ (asumiendo un R= 1,0, según Zuntz 1901).

Una vez discutido el grado de intervención de los diferentes tipos de metabolismo en las dos partes de las que consta un partido, es preciso calcular el gasto energético que suponen. Los valores obtenidos en este

estudio presentan una media de 1.345 kcal (5.628 kJ) durante las partes de la competición, sin que se observen diferencias significativas entre jugadores según su demarcación (tabla 5-13).

También podemos valorar la potencia energética durante las partes de la competición, obteniendo unos resultados globales de 18,1 kcal·min⁻¹ (75,8 kJ·min⁻¹). Estos valores resultan comparables a los publicados por Boyle (1994), que registró una media de 83 kJ·min⁻¹ para los jugadores del medio campo y de 61 kJ·min⁻¹ para los delanteros, sobre un total de nueve jugadores estudiados. Las diferencias posicionales pudieron ser debidas a las variantes tácticas durante el partido.

En relación con la variabilidad del gasto energético, los jugadores estudiados presenta unos picos de 83,3 kJ·min⁻¹ y 66,4 kJ·min⁻¹ (lateral e interior izquierdo respectivamente), perteneciendo ambos jugadores a la misma banda de juego y distribuidos en la franja de medio campo hacia su propia portería (tabla 5-15).

Según Reilly y Seaton (1990), los jugadores de hockey incrementan el gasto energético cuando realizan acciones técnicas como el dribling, siendo la media del gasto energético por el dribling entre 44,5 y 60,8 kJ a 8 km·h⁻¹, y entre 53,9 a 68,6 kJ a 10 km·h⁻¹. En cada velocidad la energía empleada fue significativamente más elevada en el dribling que en carrera. Los resultados obtenidos demostraron que el dribling incrementa el gasto

energético de 15 a 16 $\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$, comparado con el observado en carrera continua.

En la competición amistosa, el valor medio de potencia energética estimado en base al consumo de oxígeno indirecto fue de $17,2 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ($72,2 \text{ kJ}$) en el conjunto de la muestra ($n= 7$). Cuando se calculó en base a los registros directos de consumo de oxígeno, la media fue de $12,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ($52,4 \text{ kJ}$), sensiblemente inferior.

Del análisis comparativo de los datos experimentales existentes en la literatura respecto de la potencia energética podemos extraer las siguientes consideraciones:

- El presente estudio es el único realizado en competición real. La competición provoca unos niveles de exigencia física incrementados por la carga emocional, ausente, o de menor incidencia, en pruebas simuladas y entrenamientos. Además, cabe destacar el alto nivel deportivo de los jugadores que participan en el estudio. Ambas circunstancias explican la superior demanda energética registrada en el presente estudio con métodos similares a los utilizados por Boyle (1994).

- La estimación del consumo de oxígeno, con la sobreestimación expuesta y justificada anteriormente, es la base sobre la que se ha calculado el gasto energético, por lo cual, a toda sobreestimación del $\dot{V}\text{O}_2$ le corresponderá una sobreestimación del gasto y la potencia energética.

Cuando el consumo de oxígeno es registrado directamente –por telemetría, en nuestro estudio y en laboratorio en el de Reilly y Seaton (1990)–, los valores obtenidos resultan inferiores.

- Otros factores, como las condiciones ambientales no coincidentes en los diferentes estudios, han podido influir en los resultados. Viru (1994) destaca que la FC está influenciada por factores emocionales y ambientales como la temperatura y la humedad.

En cualquier caso, estos resultados ratifican las importantes demandas cardiorespiratorias y metabólicas del hockey sobre hierba de alto nivel, similares a las de otros deportes de equipo como el fútbol, y confirman su carácter aeróbico–anaeróbico intermitente, pero con un componente metabólico aeróbico importantísimo. Dicho análisis es base fundamental en la programación del entrenador y del preparador físico

5.7. Conclusiones

Valoración funcional en laboratorio

- El consumo máximo de oxígeno de los jugadores de la muestra (n= 9) en pruebas de esfuerzo sobre cinta rodante (\bar{x} = 68,6 mL·kg⁻¹·min⁻¹; s= 6,0) fue superior al registrado en otros estudios y en muestras similares, coincidiendo sólo con los publicados por Reilly y Seaton (1990). No se observaron diferencias significativas en función de la demarcación táctica de los jugadores (P> 0,05). Dichos valores medios resultan muy superiores a los de otros deportes colectivos intermitentes como el fútbol, el baloncesto, el rugby y el hockey sobre patines.

- Existe una elevada correlación entre los valores de frecuencia cardíaca y de consumo de oxígeno en las pruebas de esfuerzo progresivas sobre cinta rodante en el laboratorio ($0,97 \leq r \leq 0,99$), confirmándose la predictibilidad del consumo de oxígeno en base a la respuesta cardíaca en un esfuerzo continuo y progresivo.

Frecuencia cardíaca

- La frecuencia cardíaca media en partidos oficiales en el grupo de nueve jugadores investigados fue de $165 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ ($s= 5,6$). Se constata una gran variabilidad en la FC a lo largo de la competición, con valores extremos entre 99 y $199 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$, no observándose diferencias significativas en función de la demarcación táctica ($P > 0,05$).

- Durante la competición oficial, la frecuencia cardíaca permaneció una media del 50 % del tiempo de juego por debajo del umbral aeróbico ventilatorio y un 43 % del tiempo en la zona de transición aeróbico-anaeróbica. La intensidad correspondiente a una FC superior al umbral anaeróbico ventilatorio se alcanzó sólo durante un 7,3 % del tiempo de competición.

- La utilización de la frecuencia cardíaca como indicador de la intensidad de trabajo debería efectuarse de forma individualizada, al existir una gran variabilidad en la respuesta ante un mismo esfuerzo para diferentes deportistas, así como en la respuesta de cada jugador frente a diferentes situaciones –variabilidad intrasujeto–. No obstante, la relativa homogeneidad

de la frecuencia cardíaca en competición de los sujetos de la muestra, compuesta por nueve jugadores de nivel internacional en las tres demarcaciones, puede facilitar una guía de referencia para la programación de las cargas y sus intensidades en los entrenamientos.

Lactatemia

- Los valores de lactatemia registrados a lo largo de la competición oficial en el conjunto de los jugadores estudiados se situaron entre 1,2 y 10,8 mmol·L⁻¹ (\bar{x} = 5,1 mmol·L⁻¹; s = 1,5). Estos valores, similares a los registrados en otros deportes de equipo, confirman la variabilidad de la intensidad del esfuerzo durante el juego, así como la discreta activación global del metabolismo anaeróbico láctico, vinculada a la rápida oxidación del lactato producido. No se observaron diferencias significativas entre las tres demarcaciones (P > 0,05).

Consumo de oxígeno

- El consumo de oxígeno medio estimado durante las partes de un partido de competición oficial de hockey hierba fue de 3,591 L·min⁻¹, correspondiente a un consumo de oxígeno relativo de 48,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (70,7 % del $\dot{V}O_{2\max}$ individual). Estos resultados son similares a los registrados por Boyle (1994). El consumo de oxígeno neto total durante los

partidos de competición se estimó en 259 L de media. No se apreciaron diferencias significativas entre demarcaciones ($P > 0,05$).

- Los valores máximos de consumo de oxígeno estimados en base a la FC en la competición oficial ($\bar{x} = 65,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; $s = 5,9$) son similares –algo inferiores– a los valores máximos registrados en la prueba de laboratorio. No se observaron diferencias significativas en función de la demarcación táctica de los jugadores ($P > 0,05$).

- Los parámetros registrados en la prueba de esfuerzo, así como los resultantes de los registros de frecuencia cardíaca y de la estimación del consumo de oxígeno en competición oficial, nos llevan a considerar como muy relevante la contribución del metabolismo aeróbico en las competiciones de hockey hierba.

- El consumo de oxígeno medio –medido por telemetría– en partidos amistosos de entrenamiento resultó netamente inferior ($\bar{x} = 33,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 58,9 % del $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$) al estimado en competición oficial. Dichas diferencias en los consumos de oxígeno medios y máximos se debieron, probablemente, a factores emocionales –ausentes en los partidos amistosos de entrenamiento–, a la impedimenta implicada en la medición telemétrica y a la sobreestimación del método indirecto.

- Todos los sujetos de la muestra presentaron niveles inferiores de $\dot{V}O_2$ en los registros directos —telemétricos—, en relación a los obtenidos mediante la estimación general, con un error estándar de la estimación del 15 % (378 mL·min⁻¹). La sobreestimación media del consumo de oxígeno fue del 34 % sobre los valores reales, medidos por telemetría.

- El error estándar de la estimación específica fue del 10 % (250 mL·min⁻¹). La cuantificación de las diferencias entre el consumo medio real y estimado en los partidos amistosos puso de manifiesto una sobreestimación media despreciable (0,2 %).

- La estimación del consumo de oxígeno en base a la relación entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno en la prueba de esfuerzo en el laboratorio (estimación general), significó una mayor sobreestimación que la derivada de la estimación en base a los registros durante la propia actividad competitiva (estimación específica). Por tanto, el método de estimación basado en la relación FC- $\dot{V}O_2$ durante la actividad específica –situación de juego real– mejora substancialmente la estimación del consumo de oxígeno y, por tanto, podrá ser objeto de un análisis más detallado en futuras investigaciones.

- La sobreestimación del método general puede atribuirse a las diferencias en la relación FC- $\dot{V}O_2$ causadas por los siguientes factores: influencia de la carga emocional en el comportamiento de la FC;

modificaciones de los registros cardíacos por el efecto de la actividad mental; diferencias intraindividuales en la respuesta cardiovascular en diferentes actividades físicas y en la relación FC- $\dot{V}O_2$ en esfuerzos breves de alta intensidad; aumento de la FC en fases de trabajo isométrico; e influencia de la fatiga y los diferentes estados de hidratación en entrenamientos y competición.

Gasto energético

- El gasto energético medio global estimado durante las partes de la competición oficial (E^{partes}) fue de 1.345 kcal (5.628 kJ). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en función de la demarcación ($P > 0,05$).

- La potencia energética estimada en los partidos de competición oficial (\dot{E}) presentó valores medios de 18,1 kcal·min⁻¹ (75,7 kJ·min⁻¹), similares a los obtenidos por Boyle y col. (74,2 kJ·min⁻¹).

- Los valores medios de potencia energética en partidos amistosos de entrenamiento calculados en base al registro telemétrico del consumo de oxígeno ($\bar{x} = 12,5$ kcal·min⁻¹; 52,4 kJ) fueron inferiores a los estimados en competición oficial. Los niveles de sobreestimación son análogos a los discutidos en el apartado anterior.

- Considerando la variabilidad de la sollicitación funcional en hockey hierba, concluimos que la potencia energética requerida es similar o algo superior a la de otros deportes intermitentes como el fútbol, el baloncesto, el tenis, el voleibol, la esgrima o el hockey sobre patines. Los resultados expuestos son consistentes con los de la literatura, definiendo para el hockey hierba demandas energéticas moderadamente elevadas –pero mantenidas en el tiempo– del sistema aeróbico, y discretas –aunque con picos de alta intensidad– del sistema anaeróbico. Dichas demandas energéticas pueden considerarse globalmente elevadas si se consideran la duración del esfuerzo y la alternancia en su intensidad.

6. VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA

| | |
|--|------------|
| 6. VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA..... | 234 |
| 6.1. Introducción..... | 235 |
| 6.1.1. Concepto de condición física..... | 235 |
| 6.1.2. Las cualidades físicas en los jugadores de hockey..... | 239 |
| 6.1.3. Pruebas de valoración de la condición física..... | 249 |
| 6.1.4. Pruebas de valoración de la condición física en jugadores de hockey..... | 258 |
| 6.2. Objetivos..... | 263 |
| 6.3. Material y método..... | 264 |
| 6.3.1. Sujetos..... | 264 |
| 6.3.2. Material..... | 265 |
| 6.3.3. Método..... | 267 |
| 6.4. Resultados..... | 270 |
| 6.5. Discusión..... | 276 |
| 6.6. Conclusiones..... | 278 |

6.1. Introducción

6.1.1. Concepto de condición física

La preparación física es, juntamente con la preparación técnico-táctica, uno de los pilares fundamentales del entrenamiento del jugador de hockey. La duración de los partidos, la intensidad y repetición de las acciones condicionan la necesidad de un entrenamiento específico orientado a mantener el ritmo de la competición al máximo nivel.

Según Weineck (1988), la capacidad potencial de entrenamiento expresa la capacidad de un individuo para adaptarse a sucesivas cargas de entrenamiento durante un cierto número de años. Esta noción depende de factores endógenos (morfología, edad, sexo, etc.) y exógenos (nutrición, medio ambiente, etc.). La capacidad de rendimiento deportivo expresa el grado de mejora posible de un rendimiento de orden motriz, en una actividad deportiva determinada. Las estructuras complejas que la condicionan dependen de cierto número de factores específicos.

Factores de la capacidad de rendimiento deportivo

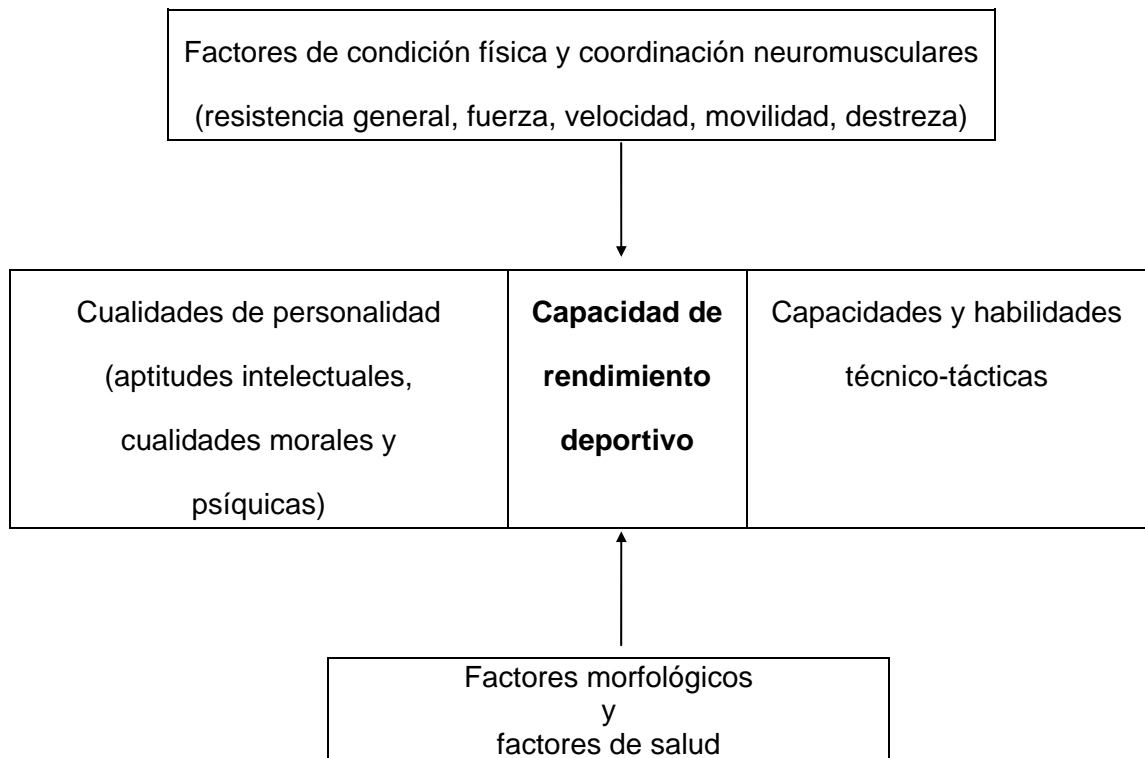


Figura 6-1: Esquema de los factores de rendimiento deportivo según la capacidad de un individuo (Weineck 1988).

Para Blázquez (1990), en el campo de la Educación Física y el Deporte se utilizan términos o conceptos dirigidos a valorar el potencial del individuo de cara a su rendimiento tales como condición física, aptitud física y condición motriz, que aparecen constantemente como sinónimos.

Para Morehouse (1965), el término "aptitud" implica una relación entre la tarea a realizar y la capacidad para ejecutarla. Por el contrario, el término "condición física" es genérico y reúne las capacidades que tiene el organismo para ser apto o no, en una tarea determinada.

Para Clarke (1967), condición física ("physical fitness") es la capacidad para realizar un trabajo físico con vigor y efectividad, retardando la aparición de la fatiga, buscando la máxima eficiencia (menor gasto energético) y evitando lesiones. El término "physical fitness" es traducido por "condición física" por unos autores y como "aptitud física" por otros.

Las capacidades para realizar una tarea según Clarke (1967), son:

- Fuerza muscular
- Resistencia muscular
- Resistencia cardiovascular

Una prueba de condición motriz deportiva es un procedimiento realizado bajo condiciones estandarizadas, de acuerdo con criterios científicos, para la medida de unas características delimitadas empíricamente del nivel individual de la condición.

Para Zimmermann (1985, citado por Grosser y col., 1989), la condición física, juntamente con la técnica, las capacidades táctico-cognitivas, las capacidades psíquicas, las condiciones básicas y las

condiciones externas, son los elementos determinantes del rendimiento deportivo.

Según este mismo autor, la condición física se dividiría en:

- capacidades mayoritariamente energéticas como la fuerza (máxima, explosiva, rápida) y la resistencia (de fuentes energéticas aeróbicas-anaeróbicas). Constituyen la base de los componentes de todas las demás cualidades.

- capacidades coordinativas, como la velocidad (velocidad de reacción, de movimiento y cíclica) y la flexibilidad articular (estática y dinámica). Son el soporte físico de otras cualidades más complejas como la coordinación, la habilidad o la destreza motriz, término éste que engloba a las dos primeras.

Para algunos autores, la clasificación es más restringida, considerando la flexibilidad como una cualidad física de base, y no como un elemento facilitador de las otras.

La preparación física trata de desarrollar las habilidades físicas básicas tales como la resistencia, la velocidad, la fuerza, la destreza y la flexibilidad.

6.1.2. Las cualidades físicas de los jugadores de hockey

Según Dal Monte (1980, 1983, 1987), en su clasificación fisiológica-biomecánica de las actividades deportivas, el hockey hierba forma parte del conjunto de actividades deportivas de de tipo aeróbico-anaeróbico alterno.

Para realizar la planificación y desarrollo del rendimiento deportivo en el hockey hierba, tendríamos que observar el perfil de las exigencias deportivas, es decir:

- ¿Qué objetivos motrices requiere el deporte?
- ¿Qué técnicas motrices requiere el deporte?
- ¿Cuáles son las cargas fisiológico-temporales?
- ¿Qué tipo de superficie se utiliza?
- ¿Qué tipo de material utilizan los jugadores?
- ¿Qué condiciones sociales se requieren?

Según Aggis (1985), el hockey utiliza todos los sistemas energéticos del organismo con cortos e intensos estallidos de velocidad, alternados con carrera mantenida. Hasta ahora no se tiene evidencias del nivel de sollicitación energética aeróbico-anaeróbico, que sería según dicho autor del 70/30 %, respectivamente.

También Cibich (1991) sostiene, en base a los resultados obtenidos en un estudio de campo mediante registro de la FC, que los jugadores en las cuatro posiciones requieren un alto nivel de forma aeróbica para la competición. Dicho autor describió que el componente de descanso y recuperación es mínimo, constituyendo, de hecho, menos del 20 % del total del tiempo de juego.

Según Schladitz (1979), como cualquier otro deporte de equipo, el hockey tiene carácter acíclico, o sea que el empleo de la fuerza y de la concentración se realiza a intervalos diferentes. Este carácter de interválico se observa especialmente en la preparación física. El jugador debe destacarse en sus acciones por su velocidad y flexibilidad. Los análisis de las competiciones dieron como resultado que el perfil físico del hockey se caracterizaría por muchas carreras cortas, combinadas con paradas, cambios de dirección, giros y pasos hacia la bola, definiendo las siguientes cualidades a desarrollar especialmente:

- Velocidad (capacidad de reacción, movimiento, velocidad pura, aceleración y frenada).
- Coordinación del movimiento y movilidad.
- Resistencia especial.

- Agilidad y velocidad. La agilidad y la velocidad (reacción, movimiento, sprint y aceleración) son cualidades coordinativas y condicionales importantes. Crean las bases para transformar la complicada técnica del hockey. La agilidad y la velocidad deben desarrollarse como el factor central.

- Movilidad. Es otra cualidad importante, siendo esencial para la adecuada articulación de la mano y de la cadera, como también la capacidad de extensión de las piernas.

- Resistencia. La resistencia es una cualidad muy importante en todo jugador y su desarrollo es primordial. La resistencia especial del juego se diferencia de la resistencia general, y por eso debe desarrollarse de forma específica. La resistencia pertenece a las cualidades condicionales.

- Fuerza. El incremento de la fuerza necesaria para el jugador de hockey es una cuestión del desarrollo corporal y debe ser observada de forma diferenciada. Un entrenamiento excesivo de fuerza, que en parte influye negativamente en la elasticidad, obra en contra de la soltura en las acciones motrices de precisión y hace al jugador pesado y torpe.

Según Lokerman y col. (1984), en el campo de hockey se cubren distancias esprintando y corriendo entre 5 y 20 metros. Esto ocurre en pocos segundos. En este corto tiempo se utiliza la mayor parte de la energía almacenada de ATP y fosfocreatina. Los autores plantean como objetivo del entrenamiento y la competición los siguientes:

1. Incrementar el almacenamiento de ATP.

2. Recuperar el ATP utilizado lo más rápido posible. Aunque más que recuperar el ATP en el entrenamiento, el objetivo sería mejorar la velocidad de recuperación.

Estas distancias son similares a las obtenidas en nuestro trabajo previo sobre las cualidades físicas en el hockey hierba (Silla 1988), donde las distancias recorridas en uno de los siete partidos disputados por un jugador de medio campo fueron de 10 a 20 m, la mayoría de ellas sin la posesión de la bola, siendo los desplazamientos más largos de 30 metros, y cubriendo un total de 2,5 km (sin contar los desplazamientos de faltas, saques de esquina, bandas, etc.).

En el hockey es muy importante entrenar las capacidades aeróbicas con objeto de acelerar la recuperación. El grado de eliminación del ácido láctico depende de la intensidad relativa del trabajo aeróbico y de la condición física del jugador. Por ejemplo, después de repetir unos "sprints" se produce una acumulación de ácido láctico. Éste desaparece rápidamente si el esfuerzo se mantiene. Sin embargo, los jugadores de hockey hierba no están corriendo continuamente, sino que realizan un trabajo físico de tipo intermitente. Estas actividades hacen más lenta la desaparición del ácido láctico. De aquí que las pausas deberían realizarse de forma activa para facilitar la metabolización del ácido láctico y evitar su acumulación en el músculo y fuera de él.

Según Lokerman y col. (1984), en el hockey se realizan desplazamientos rápidos en todas las direcciones, utilizando siempre diferentes zonas musculares, con diferentes fuerzas y velocidades. Esto permitiría que en cada fracción de segundo el flujo de sangre que recorre el músculo se detuviera y se renovase. Para aportar la energía necesaria, el flujo no podría adaptarse muy rápidamente, por lo que la contribución anaeróbica en el hockey sería mayor que en las actividades deportivas de resistencia de tipo continuo, incluso cuando las pulsaciones tuviesen el mismo valor.

Según Arcelli (1992), si se dispone de un mecanismo aeróbico más eficiente, se paga más rápidamente la deuda de oxígeno concreta en los momentos de máximo esfuerzo y se mantiene durante más tiempo una eficacia mayor. Tener un óptimo mecanismo aeróbico depende esencialmente de la posibilidad de hacer llegar una gran cantidad de oxígeno a los músculos que trabajan y depende también de la capacidad de los músculos para utilizar un porcentaje elevado de este gas como aceptor final de electrones de la fosforilación oxidativa.

Shepard (1978) hace una clasificación basada en la duración del esfuerzo, en deportes de equipo e individuales. Para este autor las características más importantes serían:

1. La fuerza explosiva, como la capacidad principal determinada por los siguientes factores:

- (a) el número total de fibras musculares que pueden ser reclutadas (predominantemente fibras de contracción lenta, con mayor cantidad de fibras de contracción rápida que pueden ser reclutadas para un cierto nivel de esfuerzo);
- (b) la magnitud de la fuerza, por encima de un 50% del máximo nivel de esfuerzo (principalmente influenciado por el número de fibras rápidas utilizadas); y
- (c) la actividad del enzima ATP-asa y el ratio resultante de energía transferido desde los depósitos de fosfatos a la unión de las proteínas actina y miosina en la musculatura.

2. Las fuerzas mecánicas contrarias que existen en nuestro organismo:

- (a) la viscosidad muscular (la cual está en gran parte afectada por la temperatura central y, de manera menos importante, por el grado de hidratación del organismo);
- (b) el grado de relajación en la musculatura antagonista; y
- (c) la inercia de las partes del cuerpo empleadas en la acción (éstas tienen una influencia directa en los segmentos del cuerpo cuando se inicia un movimiento, por ejemplo, cuanto más rápidas son las necesidades segmentarias, mayor coste energético para movilizar ese segmento).

3. Las capacidades de rendimiento, en las que se implican la biomecánica y el aprendizaje de la habilidad. Son: reacción, habilidad y agilidad. Estas se combinan para formar un movimiento suave y coordinado que produce una eficiente fuerza explosiva en movimientos deportivos competitivos muy breves (menos de 10 segundos). Las características más importantes son:

3.1. La potencia anaeróbica disponible, la cual se ve afectada por:

- a) la habilidad de transferir energía de ATP y CP a la unión de la actina y la miosina en la contracción muscular;
- b) el número total de fibras musculares utilizadas;
- c) la proporción de fibras rápidas en cada acción, en la totalidad del movimiento;
- d) en el límite superior de este tipo de actividad puede existir alguna demanda sobre el sistema energético láctico, para que se forme algo de ácido láctico, aunque éste no llegue a niveles muy altos.

3.2. Las fuerzas mecánicas que ofrecen resistencia dentro del cuerpo son:

- a) la viscosidad muscular;
- b) el grado de relajación de la musculatura antagonista;
- c) la inercia de las diferentes partes del cuerpo en movimiento.

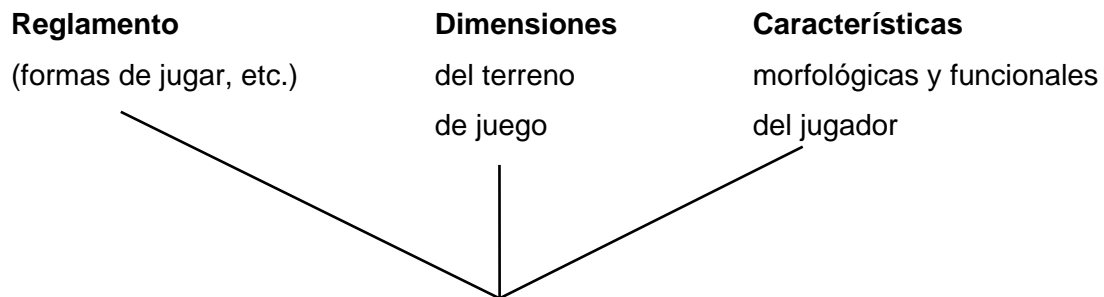
3.3. Las fuerzas mecánicas que ofrecen resistencia fuera del cuerpo son:

- a) la pérdida de energía debida a la fricción con el suelo y el medio en el cual se produce el rendimiento (agua o aire);
- b) la resistencia aerodinámica;
- c) la elevación del centro de gravedad (cuanto menor, menos coste energético).

4. Las capacidades de rendimiento en las que se implican la biomecánica y el aprendizaje de la habilidad. Son: reacción, habilidad y agilidad. Estas se combinan para formar un movimiento coordinado y suave, el cual produce una eficiente fuerza explosiva. Cada acción individual necesita desarrollarse de una manera cíclica para que el movimiento repetido sea más eficaz y eficiente. Esto requiere mucho entrenamiento de naturaleza muy específica, para aprender a aplicar la fuerza de manera eficiente y a la máxima intensidad.

En el deporte actual, hay una serie de factores que son determinantes para conseguir un estado físico óptimo, agrupables según el esquema de la Figura 6-2 (Silla 1988), que el preparador físico debe ser capaz de integrar. Esta simple observación no determina con toda claridad cuáles son las cualidades físicas específicas del hockey, pero sí nos centra en un marco de actuación –por parte del entrenador o preparador físico– para poder determinar unas bases para el desarrollo de las cualidades físicas en el hockey hierba.

FACTORES DETERMINANTES



Preparador físico:

- estudio y observación
- planteamiento de las necesidades físicas más específicas
- programación para la consecución de los objetivos propuestos al inicio de temporada

Figura 6-2: Esquema de una serie de factores determinantes para conseguir un estado de forma física óptima (Silla 1988).

Partiendo de la idea anterior sobre los factores determinantes para el estudio de cualquier deporte, comprobaremos que el jugador de hockey hierba debe reunir una serie de características:

- resistente al trabajo realizado en un terreno de juego cuyas dimensiones oscilan entre 90-100 m y 50-55 metros.

- rápido en las acciones técnico-tácticas:
 - penalty corner
 - conducción
 - cambios de dirección
 - etc.

- ágil en los movimientos:
 - defensivos (marcajes, anticipaciones, etc.)
 - ofensivos (remates, contraataques, etc.)

- preciso en los movimientos:
 - disparar a portería
 - rematar a portería
 - pasar la bola y pararla
 - parar la bola en el penalty córner
 - etc.

- fuerte en las acciones de todo tipo:
 - chutar
 - defender
 - atacar
 - pasar
 - parar
 - etc.

Estas cinco características físicas están enmarcadas en las siguientes cualidades físicas clásicas:

1. Resistencia
2. Fuerza
3. Velocidad
4. Flexibilidad
5. Coordinación específica (técnica específica de juego).

6.1.3. Pruebas de valoración de la condición física

Existen numerosas técnicas y protocolos para valorar la condición física desde la utilización de sofisticados, complicados y costosos aparatos como ergómetros específicos para cada especialidad deportiva, hasta las sencillas pruebas de campo con cronómetro y cinta métrica.

El proceso de evaluación del rendimiento motor se puede remontar en términos fundamentalmente antropométricos, a las épocas clásicas de Egipto y Grecia. La valoración de las habilidades o de la eficiencia del movimiento mediante una serie de medidas con una base científica no se produjo hasta el siglo XIX. Prat (1985) propone el siguiente esquema cronológico:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1. Medidas antropométricas | 1860-1890 |
| 2. Tests de fuerza | 1880-1910 |
| 3. Tests cardio-vasculares | 1900-1925 |
| 4. Tests de habilidad atlética | 1900-1930 |
| 5. Medidas sociales | 1920 |
| 6. Tests de habilidades deportivas | 1920 |
| 7. Procesos de evaluación | 1930 |
| 8. Tests de condición física | 1940 |

Algunas de estas mediciones intentaban definir una parte analítica del rendimiento motor del cuerpo. Otros estudios buscaban definir sólo un valor de la capacidad o aptitud física general del sujeto. Entre los últimos, mencionaremos las valoraciones de aptitud física de Lian, Martinet, Ruffier, Dyson, Brouha, etc., quienes definen la aptitud física del sujeto en base a la aptitud cardiovascular. Los expertos desarrollaron diferentes ejercicios para medir cada una de las cualidades. Como consecuencia, aparecieron diferentes baterías de pruebas con el objetivo de valorar cada uno de los niveles que componen la pirámide del rendimiento motor de Broenkoff (1976, modificado por Prat, 1985) y que se resume en la figura 6-3.

En el año 1958, la AAHPER (“American Alliance for Health, Physical Education and Recreation”)* confeccionaron una batería con siete apartados para valorar la condición física de los jóvenes americanos de 5 a 12 años. Esta batería fue revisada y reducida el año 1976.

En el año 1977, un comité de expertos para la investigación en materia de deportes del Consejo de Europa, inició el desarrollo de una batería de pruebas similar para evaluar la condición física de los jóvenes europeos en edad escolar, que concluyó en el año 1983 dando lugar a la batería de pruebas Eurofit.

*Asociación Americana para la salud, la Educación Física y Recreación.

Algunas baterías de pruebas de condición física son:

1) American Alliance for Health, Physical Education and Recreation (AAPHER, 1976).

| Prueba | Cualidad condicional |
|---|--|
| 1. Tracción de brazos (niños) Flexión mantenida brazos (niñas) | Resistencia muscular extremidad superior |
| 2. Abdominales (1 minuto) | Resistencia muscular tronco |
| 3. Carrera con cambios de dirección (10x5m) | Agilidad |
| 4. Salto de longitud sin impulso | Potencia de piernas |
| 5. 50 yardas | Velocidad |
| 6. 600 yardas | Resistencia cardiovascular |

2) International Committee for Physical Fitness Research (ICPFR, 1974) (Larson 1974, citado por Shepard 1983).

| Prueba | Cualidad condicional |
|---|--|
| 1. Tracción de brazos (niños) Flexión mantenida brazos (niñas) | Resistencia muscular extremidad superior |
| 2. Abdominales (30 s) | Resistencia muscular tronco |
| 3. Carrera con cambios de dirección | Agilidad |
| 4. Salto de longitud sin impulso | Potencia muscular |
| 5. 50 metros | Velocidad |
| 6. 600 metros (niños < 12 años) | Resistencia cardiovascular |
| 7. Flexión del tronco en posición sentada y ortostática | Flexibilidad |
| 8. Dinamometría manual | Fuerza muscular máxima |

3) International Physical Performance Tests Profile, IPPTP (1985), Boss 1985.

| Prueba | Cualidad condicional |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Carrera de 20 metros | Velocidad |
| 2. Flexión de brazos (30 s) | Resistencia muscular brazos |
| 3. Abdominal (30 s) | Resistencia muscular tronco |
| 4. Lanzamiento de pelota medicinal | Potencia absoluta |
| 5. Salto de longitud sin impulso | Potencia relativa |
| 6. Carrera de 6 minutos | Resistencia cardiovascular |

4) "Canadian Association for Health, Physical Education and Recreation" (CAHPER, 1986).

| Prueba | Cualidad condicional |
|--|-----------------------------|
| 1. Flexión mantenida de brazos | Resistencia muscular brazos |
| 2. Carrera de agilidad | Agilidad |
| 3. Flexión de tronco | Flexibilidad |
| 4. Salto horizontal a pies juntos | Potencia de piernas |
| 5. 50 metros de velocidad | Velocidad |
| 6. 800 m niños/as de 6 a 9 años | Resistencia cardiovascular |
| 7. 1.600 m niños/as de 10 a 12 años | Resistencia cardiovascular |
| 8. 2.400 m niños/as y adolescentes de 12 a 17 años | Resistencia cardiovascular |

5) Batería de valoración de la condición física saludable, AFISAL-INEFC (Rodríguez y col. 1998).

| Prueba | Cualidad Condicional |
|--|---------------------------------|
| 1. Flexibilidad anterior del tronco | Flexibilidad |
| 2. Fuerza máxima de prensión | Fuerza máxima |
| 3. Fuerza máxima del tren inferior (salto vertical) | Potencia |
| 4. Fuerza resistencia abdominal (flexión de tronco) | Fuerza-resistencia muscular |
| 5. Equilibrio estático monopodal sin visión | Equilibrio |
| 6. Prueba submáxima de predicción del consumo máximo de oxígeno (caminar 2 km) | Resistencia cardiorrespiratoria |

La batería de pruebas Eurofit

La batería europea de pruebas Eurofit, basada en el principio de deporte para todos del Consejo de Europa, tiene como principal objetivo motivar a los niños para que participen con regularidad y placer de las actividades físicas y deportivas. Las pruebas que se describen en la batería Eurofit, administradas a más de 50.000 escolares europeos, son simples, poco costosas y de fácil realización ya sea en la escuela, o bien fuera del ámbito de la enseñanza como por ejemplo, en clubs deportivos, etc.

De acuerdo al esquema presentado por Broenkoff (1976) y modificado por Prat (1985), la conducta motriz del sujeto se podría interpretar como la suma o interacción de todos los componentes analizados. Cada nivel se representa como una condición diferente, la interacción de las cuales nos dará el rendimiento motor del sujeto.

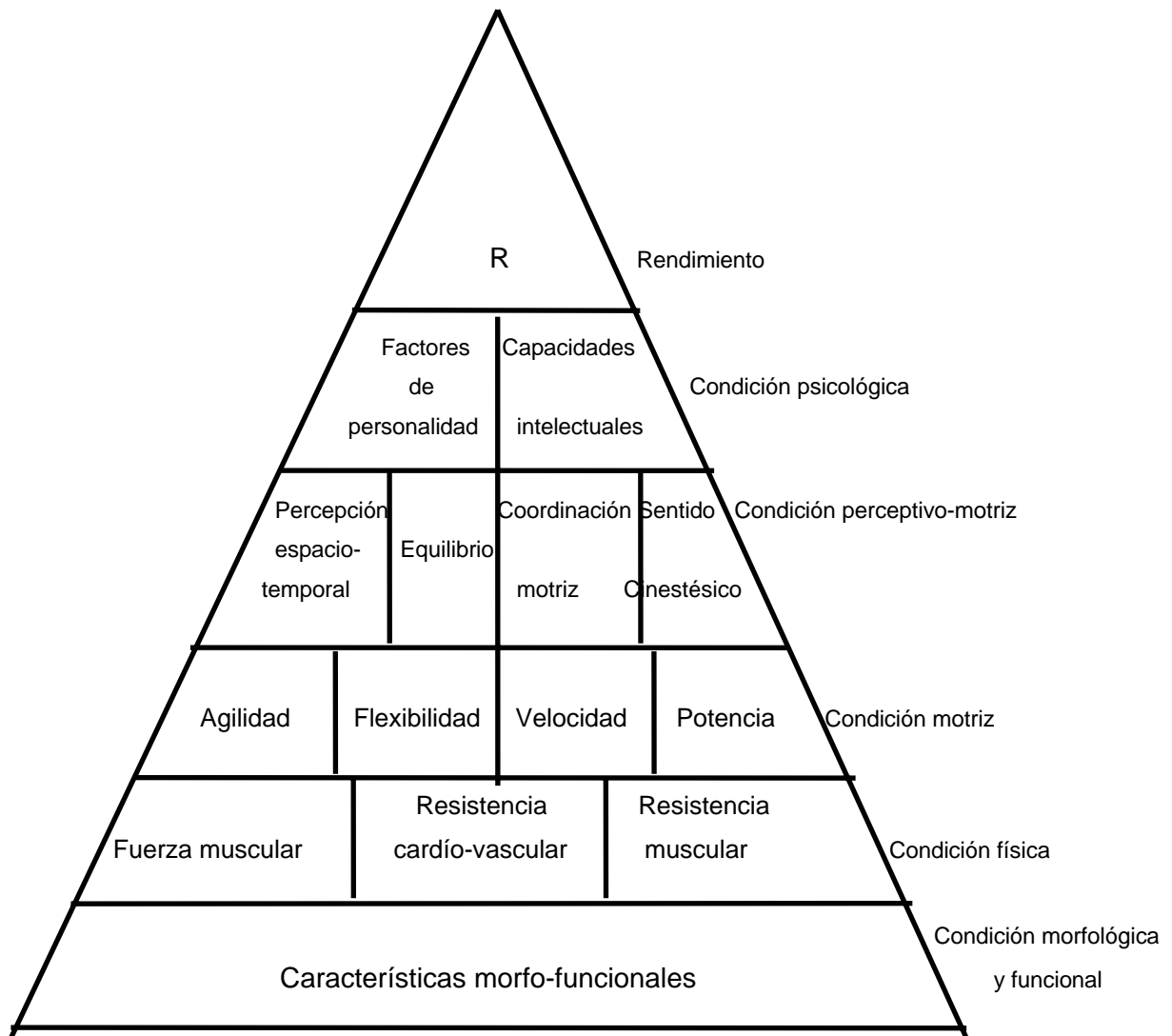


Figura 6-3: Pirámide del rendimiento motor (Broenkoff 1976, modificado por Prat 1985).

El primer nivel corresponde a una serie de características morfológicas (valores antropométricos, composición corporal, somatotipo, etc.) así, como también a los aspectos fisiológicos diferenciados más relevantes e interesantes (funciones metabólicas, actividades enzimáticas, demanda de oxígeno, umbrales anaeróbicos, etc.).

La base sobre la cual se constituyen estos niveles de condición, susceptibles de mejora mediante el trabajo, se la denomina condición física, e incluye el estudio de la:

- fuerza muscular;
- resistencia cardiovascular;
- resistencia muscular.

Teniendo como base estas cualidades se puede construir el tercer nivel de la pirámide, que hemos denominado condición motriz y que incluye la condición física, más:

- velocidad;
- agilidad;
- potencia;
- flexibilidad.

La pirámide continúa en dos niveles o estratos superiores: la condición perceptivo-motriz y la condición psicológica del sujeto, cada una de las cuales integrada por diferentes factores de análisis. Para conseguir la cúspide, que viene representada por la perfecta interacción de todos los niveles inferiores, se desarrolla lo que podríamos denominar el rendimiento motor, que posteriormente se verá afectado por el entorno social o el medio en el cual se manifiesta la conducta del sujeto.

Centrándonos en el nivel de condición física, más la condición motriz, encontraremos que estas dos condiciones aglutinan lo que comúnmente se denominan cualidades físicas, que pueden ser relacionadas con el rendimiento o con la salud.

Tabla 6-1: Esquema de las cualidades físicas valoradas por la batería Eurofit (Consejo de Europa 1983).

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Aptitud física relacionada con el rendimiento | Coordinación | |
| | Potencia | |
| | Resistencia cardiorrespiratoria | |
| | Fuerza | Aptitud física |
| | Resistencia muscular | relacionada |
| | Medidas antropométricas* | con la salud |
| | Flexibilidad | |
| | Velocidad | |
| | Equilibrio | |

* Se refiere especialmente a la composición corporal.

Se escogieron las pruebas de mayor fiabilidad y validez. Los resultados de la Batería Eurofit referentes a la población catalana (Prat y col. 1985), que tenía como principal objetivo establecer normas sobre la condición física para la población catalana (10-18 años) fueron los siguientes:

-Dinamometría de la mano

-Velocidad

-Flexibilidad

-Fuerza explosiva

-Resistencia

6.1.4. Pruebas de valoración de la condición física en jugadores de hockey

A pesar de que el hockey ha formado parte en los programas de educación física en Europa y América del Norte desde principios de siglo, se ha prestado poca atención al diseño de pruebas de campo específicas.

Reilly y Bretherton (1986), diseñaron dos pruebas de campo para evaluar a jugadores de élite. Estas pruebas consisten en realizar el máximo de veces un circuito en forma de 'T', durante 2 minutos. De acuerdo con Åstrand y Rodahl (1986), los deportes en los cuales se necesita utilizar grandes masas musculares en un minuto o más, pueden medir el $\dot{V}O_2\text{max}$; por lo tanto estas pruebas implican un alto nivel aeróbico. El rendimiento en la prueba está correlacionado de forma significativa, aunque discreta, tanto con la potencia aeróbica ($r= 0,48$), como con la potencia anaeróbica ($r= 0,60$), diferenciando entre jugadores de élite e inferiores.

Otro tipo de valoración es la propuesta por Reilly y col. (1986), que constaba de pruebas de distancia y precisión. Algunos autores, en contra de la opinión predominante entre los jugadores, creen conveniente eliminar los elementos de habilidad en las pruebas de campo para evaluar el estado de

forma física, considerando más recomendable, por ejemplo, los sprints de 50 m y las carreras de ida y vuelta de 20 m para predecir el $\dot{V}O_2$ max.

Aparte de una potencia aeróbica alta, el hockey exige que el jugador tenga capacidad de acelerar y desacelerar rápidamente; de hecho, lo que resulta crítico para el hockey es la aceleración, más que la velocidad máxima. Para valorar la potencia de piernas, Scott (1991) utilizó la prueba de salto horizontal en jugadores de élite de clubs en Sudáfrica. El valor medio fue considerado muy bueno según datos de referencias bibliográficas 2,30 m (s= 0,18).

Draper y Lancaster (1985), en un intento de desarrollo de una nueva medida de agilidad en el plano horizontal, examinan varias pruebas incluyendo el test de Illinois de agilidad, de 20 m de velocidad, y dos nuevas pruebas, el test "up and back" y el test "505". Ambas incluyen un pequeño sprint y un cambio de dirección. Estas pruebas fueron realizadas por 18 personas seleccionadas al azar. Utilizando vídeo y cronómetro para registrar los datos de los desplazamientos de cada sujeto sobre intervalos dados en ambas pruebas. Estos datos fueron redondeados utilizando polinomios cuadráticos y diferenciales para calcular valores de velocidad y aceleración. Los mismos sujetos realizaron también el test de agilidad de Illinois y la prueba de sprint de 20 m. Los resultados de las cuatro pruebas y los valores derivados de la velocidad y la aceleración fueron sometidos a un estudio de correlación, encontrándose correlaciones significativas entre el test "505" y los valores de aceleración, pero no con los valores de velocidad.

Los autores concluyeron que el test “up and back” y el test de Illinois no son realmente pruebas puras de agilidad, a causa de su relación significativa con el sprint de 20 m. El test “505”, no obstante no tiene correlación con la velocidad, sino más bien con la aceleración. Por tanto, el test “505” es considerado como la prueba que mejor valora aisladamente la agilidad en el plano horizontal.

La agilidad es la habilidad de realizar cambios rápidos de dirección y posición con el cuerpo (Eckert 1974; Meyers 1974; Johnson and Nelson 1974; Verducci 1980, en Draper y col. 1985).

Según Geijsel y col. (1991), las pruebas rutinarias de consumo de oxígeno sirven a menudo para determinar la potencia aeróbica máxima de los jugadores, pero por razones metodológicas, el consumo máximo de oxígeno de un jugador puede medirse con un error aproximado del 4 %, lo que equivale a los cambios esperados durante una temporada de entrenamiento en jugadores de alto nivel. Aparte de estos problemas, que cuestionan la validez de la medida del consumo de oxígeno en una prueba progresiva, el hockey hierba es un deporte claramente acíclico e intermitente. En las pruebas convencionales de potencia aeróbica se realizan movimientos de carrera cíclicos.

Dichos autores seleccionaron, de acuerdo con los sistemas fisiológicos energéticos, tres pruebas de carrera con cambios de dirección para la preparación y control del equipo nacional holandés, en el período previo a la Copa del Mundo celebrada en Pakistán en 1990:

a. **“sprint power”**: 10 x 5 metros sprint de ida y vuelta. Esta prueba se deriva del “MOPER fitness test” para niños y niñas de colegios.

b. **“pace power”**: de 10 metros hasta 50 metros de ida y vuelta en intervalos progresivos, hasta un total de 300 m.

c. **“endurance power”**: 20 metros ida y vuelta, para estimar la potencia aeróbica (“course navette”). La validación de la prueba se realizó midiendo la concentración de lactato en sangre, la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno.

Todas las pruebas fueron realizadas en un campo de hierba artificial, obteniendo los resultados de la tabla 6-2:

Tabla 6-2: Parámetros la condición física de la selección holandesa en la preparación de la Copa del Mundo de Pakistán 1990 (Geijsel y col. 1991).

| Nivel | Agilidad 10 x 5 m (s) | Potencia anaeróbica 10-20-30-40-50 m (s) | Potencia aeróbica “course navette” (1min) (min:s) |
|---------|-----------------------------|--|---|
| Alto | <12"69 | <57"64 | >13'51 |
| Bueno | 12"70 - 13"14 | 57"65 - 58"54 | 13'00 - 13'50 |
| Medio | 13"15 - 13"50 | 58"85 - 59"90 | 12'50 - 13'00 |
| Regular | 13"51 - 13"90 | 59"91 - 61"10 | 12'00 - 12'50 |
| Bajo | >13"91 | >61"11 | <12'00 |

6.2. Objetivos

Los objetivos del estudio de valoración de la condición física fueron los siguientes:

-Elaborar un perfil condicional que contribuya a la formación deportiva de los jugadores de hockey hierba de alto rendimiento.

-Establecer, con criterios estadísticos, el perfil condicional según la demarcación táctica (porteros, defensas, medios y delanteros).

-Establecer las posibles diferencias condicionales entre equipos de distinta categoría (primera división y división de honor).

-Comparar el perfil de condición física de los jugadores de hockey hierba estudiados con el de otras muestras de jugadores de nivel internacional.

6.3. Material y método

6.3.1. Sujetos

Participaron en el presente estudio un total de 31 jugadores de nivel nacional e internacional, con edades comprendidas entre los 18 y 28 años. Los jugadores participantes en el estudio se hallaban en el período preparatorio de la misma temporada deportiva. La mayoría tenían experiencia en este tipo de estudio ya que habían realizado diferentes pruebas de campo con anterioridad.

Los jugadores fueron agrupados en categorías, según su participación en competición oficial:

- Club Egara, categoría senior de División de Honor (n=16).

- Egara 1935, categoría senior de Primera División (n=15).

Todos los jugadores pertenecen al Club Egara de hockey hierba de Terrassa.

De los 31 jugadores, 3 eran porteros, 10 defensas, 9 medios y 9 delanteros. Entre ellos se contaban 12 jugadores del equipo de División de Honor que habían sido seleccionados para formar parte del equipo nacional español senior y sub-21 en competiciones internacionales. Cinco jugadores participaron además en los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992 y Atlanta 1996, consiguiendo un quinto puesto en Barcelona y la medalla de plata en Atlanta.

6.3.2. Material

El material necesario para administración de la batería EUROFIT es el que se expone a continuación:

- Manual del usuario;
- Material para la aplicación de las pruebas, que incluye:
 - Golpeo de placas (“plate tapping”):
 - Tabla de altura regulable, con dos círculos de 20 cm de diámetro separados 60 cm (con los centros a 80 cm uno de otro). Entre los dos círculos, una placa rectangular de 10 x 20 cm.

- Cronómetro digital con precisión de décimas de segundo (en el caso de medición manual).

- Velocidad (agilidad) 10 x 5 m:
 - Cronómetro digital con precisión de décimas de segundo.
 - Cinta métrica y tiza para marcar las líneas.
 - Conos señalizadores, colocados en los extremos de cada línea.

- Sprint de 50 y 30 m:
 - Cronómetro digital con precisión de décimas de segundo.
 - Tiza y conos.
 - Estímulo visual para la salida (al bajar la mano).

- Salto Horizontal:
 - Una colchoneta de judo.
 - Cinta métrica con precisión de centímetros.
 - Tiza.

- Abdominales 30 s y 1 minuto:
 - Cronómetro digital con precisión de décimas de segundo.

- Flexión del tronco:
 - Un cajón con las siguientes medidas:
 - largo 35 cm, ancho 45 cm y alto 32 cm.
 - una placa superior de 55 cm de largo y 45 cm de ancho que sobre sale 15 cm de largo del cajón.
 - una regla de 0-50 cm (con precisión de centímetros) adosada a la placa.

- Carrera de ida y vuelta (“course navette”):
 - Cinta magnetofónica con el registro del protocolo.
 - Reproductor magnetofónico.

Ficha de recogida de datos. La valoración de la condición física de los jugadores se hizo en el campo de hockey hierba del club Egara (Terrassa).

6.3.3. Método

Para valorar la condición física de los jugadores se utilizó la batería Eurofit como instrumento de medida. Si bien no puede considerarse como una herramienta específica para este deporte, permitió comparar resultados con la bibliografía consultada de otros países en los que el hockey es un deporte relevante en el contexto socio-deportivo.

La batería Eurofit consta de las pruebas que aparecen en la tabla 6-3. En la tabla 6-4 se comparan las pruebas empleadas en este trabajo con las propuestas en el estudio Eurofit (1983) y Eurofit Catalunya (1985), en el cual tuvimos ocasión de participar.

Tabla 6-3: Pruebas de la batería Eurofit (Consejo de Europa 1983).

| Prueba | Objetivo | Unidades |
|-------------------------|---|--------------------|
| Peso | Medir el peso corporal | kg |
| Altura | Medir la altura corporal | cm |
| Flamingo | Medir del equilibrio corporal total | nº de intentos |
| Golpeo placas* | Medir la velocidad segmentaria de la extremidad superior | s |
| Flexión del tronco | Medir la flexibilidad del tronco | cm |
| Velocidad 10x5m | Medir de la velocidad de desplazamiento y agilidad | s |
| Flexión de brazos | Medir la fuerza resistencia de los brazos | s |
| Salto horizontal | Medir la potencia de piernas | cm |
| Abdominales 30 s | Medir la fuerza resistencia de los músculos abdominales | nº de repeticiones |
| Dinamometría de la mano | Medir la fuerza estática | kg |
| Salto vertical | Medir la potencia de los músculos extensores de las piernas | cm |
| Sprint de 50 m | Medir la velocidad de desplazamiento | s |
| Course navette 20 m | Medir la potencia aeróbica máxima | períodos (etapas) |

*En esta prueba se añadieron los componentes de ensayo con la mano no dominante para determinar las posibles diferencias entre dominante y no dominante.

Tabla 6-4: Tabla resumen de las pruebas Eurofit utilizadas en diferentes estudios.

| | CONCEPTO | FACTORES | EUROFIT | CATALUNYA (1985) | PRESENTE ESTUDIO |
|---|--|---|--|--|--|
| 1 | Resistencia cardiorrespiratoria | Resistencia cardiorrespiratoria | -PWC 170 -Carrera cont. 6' -Opciones pruebas en sala: carrera 480 m, "course navette" 20 m | "Course navette" 20 m con períodos de 1 min | "Course navette" 20 m con períodos de 1 min |
| 2 | Fuerza | Fuerza estática | Tracción de brazos Opción: dinamometría manual | Dinamometría manual | ----- |
| | | Fuerza dinámica | Salto de longitud sin impulso. Opción salto en altura pies juntos | Salto longitud pies juntos | Salto longitud pies juntos |
| 3 | Resistencia muscular | Fuerza dinámica funcional | Suspensión en barra | Flexión mantenida de brazos | ----- |
| | | Fuerza dinámica del tronco | Flexiones-extensiones del tronco 30 s | Abdominales 30 s | Abdominales 30 s Abdominales 1 min |
| 4 | Flexibilidad | Flexibilidad, amplitud, movilidad articular | Flexibilidad tronco de sentado | Flexibilidad tronco de sentado | Flexibilidad tronco de sentado |
| 5 | Velocidad | Velocidad de los miembros | golpeo de placas | golpeo de placas | golpeo de placas 2 manos |
| | | Velocidad de carrera (agilidad) | Carrera con cambios de dirección 10x5m | Carrera con cambios de dirección 10x5 m | Carrera de 10 x 5 m, 50 m y 30 m |
| 6 | Equilibrio | Equilibrio corporal total | Flamengo sobre un pie 1 min | ----- | ----- |
| 7 | Otros | Edad (años, meses, sexo, talla, peso) | | | |

6.4. Resultados

En la tabla 6-5 se presentan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas por los dos equipos participantes en el estudio. El equipo de división de honor (DH) obtuvo un mejor rendimiento en las pruebas de potencia aeróbica máxima, resistencia y potencia abdominal, velocidad (30 y 50 m) y potencia de piernas (salto horizontal de parado).

En la tabla 6-6 y 6-7 se presentan los valores obtenidos por los jugadores según su demarcación, no observándose diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$).

Los valores obtenidos en la prueba de velocidad segmentaria (tabla 6-8), presentan diferencias significativas en la mano derecha entre las diferentes posiciones tácticas, siendo los defensas los que tienen mayor velocidad de ejecución con la mano derecha, consiguiendo una media de 8,64 segundos ($s = 0,7$), seguidos por los medios con 8,92 segundos ($s = 0,8$). No encontramos diferencias estadísticamente significativas en la mano izquierda según la posición táctica.

Tabla 6-5: Resultados de las pruebas de condición física en jugadores de división de honor (n= 16) y primera división (n= 15). Se indica la significación (P) de las diferencias entre ambos grupos

| Parámetros físicos | División de honor (n= 16) | Primera división (n= 15) | Diferencias |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Velocidad 30 m | 4,27 (0,25) | 4,59 (0,29) | 0,004 |
| Velocidad 50 m | 6,59 (0,21) | 7,09 (0,24) | 0,0001 |
| Carrera ida y vuelta etapas de 1 min | 12,31 (1,28) | 10,93 (1,13) | 0,002 |
| Salto horizontal parado | 2,44 (0,13) | 2,33 (0,09) | 0,019 |
| Vel. Segmentaria -mano derecha | 9,49 (1,30) | 8,93 (0,70) | ns |
| Vel. Segmentaria -mano izquierda | 10,28 (1,17) | 11,12 (1,70) | ns |
| Resistencia abdominal (1') | 62,81 (6,79) | 44,47 (4,94) | 0,0001 |
| Potencia abdominal (30") | 34,31 (3,46) | 28,33 (4,58) | 0,0001 |
| Agilidad 10x5 m. | 16,21 (1,20) | 16,17 (0,32) | ns |
| Flexibilidad sentado | 24,25 (6,86) | 18,64 (7,29) | ns |

Los resultados son: \bar{x} ; (s).

Tabla 6-6: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de velocidad 30 y 50 m, salto horizontal a pies juntos y agilidad 10x5 m, según demarcación (delanteros, defensas, medios y porteros). Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$).

| | Velocidad 30 m (s) | Velocidad 50 m (s) | Salto horizontal a pies juntos (m) | Agilidad 10x5 m (s) |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--|---------------------------|
| <i>Delanteros</i> | | | | |
| (n= 9) | 4,33 (0,20) | 6,73 (0,42) | 2,38 (0,09) | 15,89 (1,02) |
| <i>Defensores</i> | | | | |
| (n= 10) | 4,39 (0,37) | 6,83 (0,27) | 2,36 (0,11) | 16,68 (0,85) |
| <i>Medios</i> | | | | |
| (n= 9) | 4,54 (0,28) | 6,94 (0,36) | 2,39 (0,16) | 16,05 (0,70) |
| <i>Porteros</i> | | | | |
| (n= 3) | 4,35 (0,06) | 6,77 (0,09) | 2,43 (0,15) | 16,13 (1,12) |
| <i>Global</i> | | | | |
| (n= 31) | 4,42 (0,31) | 6,83 (0,34) | 2,39 (0,12) | 16,20 (0,89) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

Tabla 6-7: Resultados comparativos obtenidos en las pruebas de carrera de ida y vuelta (1 min), abdominales en 30 s, y 1 min y flexibilidad. Las diferencias no son significativas ($P > 0,05$).

| | Carrera ida y vuelta Etapas (1') | Potencia abdominal (30 s) | Resistencia abdominal (1 min) | Flexibilidad sentado (cm) |
|-------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Delanteros</i> | | | | |
| (n=9) | 11,7 (1,4) | 31,1 (4,3) | 50,5 (10,5) | 32,3 (20,7) |
| <i>Medios</i> | | | | |
| (n=9) | 12,0 (1,6) | 29,8 (7,2) | 53,9 (12,7) | 23,0 (4,3) |
| <i>Defensores</i> | | | | |
| (n=10) | 11,7 (0,9) | 32,9 (3,6) | 56,4 (10,7) | 20,5 (7,1) |
| <i>Porteros</i> | | | | |
| (n=3) | 10,3 (1,9) | 32,3 (3,2) | 56,0 (11,1) | 29,0 (9,2) |
| <i>Global</i> | | | | |
| (n=31) | 11,6 (1,4) | 31,4 (5,0) | 53,9 (11,0) | 21,6 (7,5) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

Tabla 6-8: Resultados comparativos de la prueba de velocidad segmentaria de ambas manos.

| Demarcación táctica | Velocidad segmentaria mano derecha (s) | Velocidad segmentaria mano izquierda (s) |
|---------------------|--|--|
| <i>Delanteros</i> | | |
| (n=8) | 10,1* | 10,2 |
| | (1,4) | (1,1) |
| <i>Medios</i> | | |
| (n=9) | 8,9* | 10,7 |
| | (0,7) | (1,1) |
| <i>Defensas</i> | | |
| (n=10) | 8,6* | 10,8 |
| | (0,7) | (2,1) |
| <i>Porteros</i> | | |
| (n=3) | 9,8* | 11,2 |
| | (0,5) | (1,3) |
| <i>Global</i> | | |
| (n=30) | 9,2* | 10,7** |
| | (1,1) | (1,5) |

Los resultados son: \bar{x} , (s).

*Diferencia significativa según demarcación táctica en la mano derecha (P= 0,038).

**Diferencia significativa entre la media de ambas manos (P= 0,029).

En el análisis de las diferencias en velocidad segmentaria de ambas manos, hay que considerar en primer lugar que todos los jugadores de la muestra de este estudio (n= 30), empuñan el stick según marca el reglamento: mano izquierda en la parte superior del stick y mano derecha en la parte media del mismo. Es por esa razón que los resultados obtenidos no están influenciados por aprendizajes específicos diferentes del juego o en posibles formas de agarre y manejo del stick.

Por último, resaltar que existen diferencias significativas ($P= 0,038$) entre las demarcaciones tácticas en la mano derecha, siendo los delanteros los mayor tiempo obtienen en la ejecución del golpeo de placas. No se han encontrado diferencias entre las demarcaciones tácticas en la mano izquierda ($P>0,05$). En la valoración de los valores medios en cada una de las demarcaciones, al comparar la velocidad segmentaria de la mano derecha con la mano izquierda, se obtienen diferencias significativas ($P= 0,029$), siendo la mano derecha la que obtiene el mejor resultado.

6.5. Discusión

El equipo de DH presenta valores medios en la prueba de potencia aeróbica (carrera de ida y vuelta de 1 min) similares a selección nacional de Holanda (Geijsel y col. 1991), mientras que el equipo de PD obtiene valores ligeramente inferiores.

En la prueba de agilidad de 10 x 5 metros los dos equipos de la muestra obtuvieron valores medios inferiores a los de la selección nacional de Holanda (Geijsel y col. 1991). No obstante, teniendo en cuenta que la superficie empleada para realizar la prueba es determinante en la valoración final debido a la importancia de la frenada y arrancada (campo de hierba artificial con arena o sólo con agua) dichas diferencias podrían explicarse por el terreno en que se realizaron ambas valoraciones. Así, los equipos del presente estudio realizaron la prueba de agilidad sobre una superficie de hierba artificial con arena (\bar{x} = 16,2 s), mientras que la selección nacional holandesa realizó la prueba en un campo de hierba artificial sin arena (\bar{x} = 13,5 s).

La valoración de la potencia de piernas en salto horizontal es un exponente del trabajo para la arrancada y la frenada en el desarrollo de la competición (Scott 1991). Dicho autor registró valores medios inferiores en jugadores de élite de clubs en Sudáfrica (2,30 m, s= 0,2), en comparación con los obtenidos por el equipo DH (2,44 m; s= 0,13) y el equipo PD (2,33 m; s= 0,09) en el presente estudio. Consideramos la potencia muscular de las extremidades inferiores de los jugadores de hockey hierba como un factor que favorece el movimiento rápido, dado que las principales acciones en hockey hierba requieren de explosividad, aunque no la consideramos como un factor limitante.

Haciendo una valoración general de los resultados obtenidos por los dos equipos en las pruebas físicas de campo, atribuimos las diferencias significativas existentes al mayor nivel de exigencia física del equipo de DH, considerando las diferencias significativas más importantes aquellas relativas a la velocidad, potencia aeróbica, potencia de piernas, resistencia y potencia muscular abdominal.

No se encontraron diferencias significativas en cuanto al nivel de rendimiento físico entre las cuatro posiciones tácticas (delanteros, defensas, medios y porteros). Interpretamos que existe un alto grado de homogeneidad en el nivel de rendimiento físico y por tanto, en las demandas a nivel táctico en el hockey hierba moderno (tabla 6-6).

6.6. Conclusiones

Del estudio de valoración de la condición física podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Los resultados obtenidos en la prueba de potencia aeróbica (carrera de ida y vuelta con etapas de 1 min) por el equipo de división de honor (\bar{x} = 12,3 etapas; s = 1,3), similares a los de la selección holandesa en 1990 (Geijsel 1991), resultaron superiores a los conseguidos por los jugadores de primera división (\bar{x} = 10,9 etapas; s = 1,1).

- Los resultados obtenidos en la prueba de agilidad (10 x 5 m) por ambos equipos (DH y PD) fueron inferiores a los de la selección holandesa en 1990, aunque dicha diferencia es atribuible al terreno sobre el que se desarrolló la prueba.

- Los jugadores del presente estudio obtuvieron mejores resultados en la prueba de potencia de piernas (salto horizontal), en comparación con los jugadores de clubes sudafricanos de élite estudiados por Scott (1991).

• Al comparar los resultados de ambos equipos (DH y PD), se observaron diferencias muy significativas a favor de los jugadores del equipo de división de honor, en las pruebas siguientes:

- potencia aeróbica;
- velocidad en 30 y 50 m;
- resistencia y potencia muscular abdominal; y
- potencia de piernas.

• No se observaron diferencias significativas en el resultado de las pruebas de condición física en función de las diferentes demarcaciones tácticas en el terreno de juego: defensas, delanteros, porteros y medios ($P > 0,05$).

• En la prueba de velocidad segmentaria se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas manos, siendo la globalidad de los jugadores más rápidos con la mano derecha ($P = 0,03$). Los defensas obtuvieron los mejores registros en la ejecución de la prueba ($P = 0,04$).

• Consideramos de gran interés el uso de los diferentes protocolos estudiados como instrumentos de control sistemático y longitudinal del entrenamiento deportivo. Los resultados de las pruebas descritas no deben ser utilizados como predictores del rendimiento físico a lo largo de la temporada, pero, bien interpretadas por entrenadores y preparadores físicos, pueden convertirse en indicadores individuales y de grupo respecto del

momento de forma deportiva, o ser incluidos en baterías de pruebas para el estudio y selección de futuros talentos.

- La homogeneidad en los resultados obtenidos en las diferentes posiciones tácticas nos induce a plantear la utilización de sistemas homogéneos de entrenamiento físico, buscando así la polivalencia física en la mayoría del grupo para el rendimiento en la competición.

7. CONCLUSIONES

| | |
|---|------------|
| 7. CONCLUSIONES. | 282 |
| 7.1. Conclusiones Finales | 283 |
| 7.2. Perspectivas de investigación | 288 |

7.1. CONCLUSIONES FINALES

- Los jugadores de nivel nacional e internacional estudiados pueden describirse como sujetos jóvenes (\bar{x} = 21,3 años), de altura y peso medios (\bar{x} = 175,5 cm; 72,3 kg), poco adiposos (\bar{x} = 8,7 % de grasa corporal estimada), musculados (\bar{x} = 50,5 % de masa muscular estimada) y con un somatotipo medio mesomórfico equilibrado (\bar{S} = 2,3 - 4,8 - 2,3).

- Al comparar jugadores que compiten en dos equipos de distinta categoría (DH y PD), los jugadores de mayor categoría resultaron ser casi tres años mayores, algo más musculados y con un componente ectomórfico menor, pero no se observaron diferencias significativas en las características antropométricas de los jugadores en función de sus respectivas demarcaciones tácticas en el terreno de juego.

- Los jugadores de nivel nacional e internacional estudiados presentaron niveles elevados de potencia aeróbica máxima (consumo máximo de oxígeno), con valores medios globales (\bar{x} = 65,7 mL·kg⁻¹·min⁻¹), comparables a los valores de mayor nivel descritos en la literatura internacional en jugadores de hockey de élite, pero claramente superiores a los descritos en jugadores de alto nivel practicantes de otros deportes colectivos intermitentes como el fútbol, el baloncesto, el rugby y el hockey

sobre patines. También su nivel de resistencia aeróbica –umbrales ventilatorios– puede considerarse muy elevado. No se observaron diferencias significativas en función de la demarcación táctica de los jugadores, y los parámetros ergoespirométricos máximos no discriminan, en términos generales, entre jugadores de distinta categoría (PD y DH).

- Los datos ergoespirométricos obtenidos, por las características de la muestra estudiada y por los elevados valores funcionales registrados en comparación con otros datos de la literatura, pueden ser considerados como valores de referencia para jugadores de hockey hierba de alto nivel nacional e internacional.

- La frecuencia cardíaca media en partidos oficiales en un grupo de nueve jugadores fue de $165 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ ($s= 5,4$), aunque se constató una gran variabilidad a lo largo de la competición, con valores extremos entre 99 y 199 $\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$. La frecuencia cardíaca permaneció una media del 50 % del tiempo de juego por debajo del umbral aeróbico ventilatorio, un 43 % del tiempo en la zona de transición aeróbico-anaeróbica y sólo un 7,3 % por encima de la correspondiente al umbral anaeróbico. No se observaron diferencias significativas en función de la demarcación táctica.

- Los valores de lactatemia registrados a lo largo de la competición oficial en el conjunto de los jugadores estudiados se situaron entre 1,2 y 10,8 mmol·L⁻¹ (\bar{x} = 5,1 mmol·L⁻¹; s= 1,5), valores similares a los registrados en otros deportes de equipo que confirman la variabilidad de la intensidad del esfuerzo durante el juego, así como la discreta activación global del metabolismo anaeróbico láctico, vinculada a la rápida oxidación del lactato producido. No se observaron diferencias significativas entre las demarcaciones.

- El consumo de oxígeno medio estimado durante las partes de un partido de competición oficial de hockey hierba fue de 3,591 L·min⁻¹, correspondiente a un consumo de oxígeno relativo de 48,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (70,7 % del $\dot{V}O_2$ max individual). No se apreciaron diferencias significativas entre demarcaciones. Dichos resultados nos llevan a considerar como muy relevante la contribución del metabolismo aeróbico en las competiciones de hockey hierba.

- El consumo de oxígeno medio –medido por telemetría– en partidos amistosos de entrenamiento resultó netamente inferior al estimado en competición oficial. Dichas diferencias en los consumos de oxígeno medios y máximos se debieron, probablemente, a factores emocionales –ausentes en los partidos amistosos de entrenamiento–, a la impedimenta implicada en la medición telemétrica y a la sobreestimación del método indirecto.

- La estimación del consumo de oxígeno en base a la relación entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno en la prueba de laboratorio (estimación general), significó una sobreestimación mucho mayor (34 % sobre los valores reales) que la derivada de la estimación en base a los registros durante la propia actividad competitiva (estimación específica). Dicha sobreestimación puede atribuirse a cambios en la relación $FC-\dot{V}O_2$ relacionados con factores como la carga emocional y la actividad mental, las diferencias en la respuesta cardiovascular en distintos tipos de esfuerzo, a la mayor taquicardización en fases de trabajo isométrico y a la influencia de la fatiga y la deshidratación. El método de estimación específico –relación $FC-\dot{V}O_2$ en situación de juego real– mejora substancialmente la estimación y podrá ser objeto de un análisis más detallado en futuras investigaciones.

- El gasto energético medio global estimado durante los partidos de competición oficial fue de 1.345 kcal (5.628 kJ), y la potencia energética media estimada fue de 18,1 kcal·min⁻¹ (75,7 kJ·min⁻¹). Los valores medios de potencia energética en partidos amistosos de entrenamiento en base al consumo de oxígeno directo fueron inferiores a los estimados en competición oficial (12,5 kcal·min⁻¹; 52,4 kJ).

- Considerando la variabilidad de la sollicitación funcional en hockey hierba, concluimos que la potencia energética requerida es similar o algo superior a la de otros deportes intermitentes como el fútbol, el baloncesto, el tenis, el voleibol, la esgrima o el hockey sobre patines. Los resultados

expuestos son consistentes con los de la literatura, definiendo para el hockey hierba demandas energéticas moderadamente elevadas –pero mantenidas en el tiempo– del sistema aeróbico, y discretas –aunque con picos de alta intensidad– del sistema anaeróbico.

- Las pruebas de condición física (batería Eurofit) no discriminaron entre jugadores de distinta demarcación táctica, pero sí pusieron de manifiesto mejores resultados en los jugadores del equipo de superior categoría (división de honor) en las pruebas siguientes:

- potencia aeróbica;
- velocidad en 30 y 50 m;
- resistencia y potencia muscular abdominal; y
- potencia de piernas.

- Consideramos de gran interés el uso de los diferentes protocolos estudiados como instrumentos de control sistemático y longitudinal del entrenamiento en jugadores de hockey. Los resultados de las pruebas descritas no deberían ser utilizados como predictores del rendimiento físico a lo largo de la temporada, pero sí como indicadores individuales y de grupo respecto del momento de forma deportiva y como pruebas de referencia para el estudio y selección de futuros talentos.

- La homogeneidad en los resultados funcionales y condicionales obtenidos en las diferentes posiciones tácticas en jugadores de alto nivel nos induce a plantear la aplicación de sistemas homogéneos de entrenamiento físico, buscando la polivalencia física en la mayoría del grupo para el rendimiento en la competición.

7.2. PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo del proyecto y el análisis de los datos a lo largo de la investigación —más de 8 años— nos ha permitido mejorar considerablemente nuestro conocimiento sobre los requerimientos funcionales del hockey hierba en competición. El estudio ha evolucionado, incorporando elementos, corrigiéndose y adaptándose a las nuevas tecnologías que avanzan rápidamente. En estos momentos, podemos plantearnos diseños de estudios concretos que complementen esta tesis y compensen las limitaciones que seguramente surgirán al analizar el contenido de este trabajo en profundidad.

Los estudios futuros que proponemos podrían centrarse en la investigación y desarrollo de los siguientes puntos:

- 1) Perfeccionamiento del método de estimación del consumo de oxígeno basado en el registro de la frecuencia cardíaca durante la competición y en la calibración individual de la relación $FC-\dot{V}O_2$, centrando el estudio en la disminución de la sobrestimación mediante un mayor control de la especificidad de las actividades que determinen la relación individual.

2) Establecer mejores métodos de cuantificación de las demandas fisiológicas y energéticas individuales, basados en la frecuencia cardiaca como indicador funcional, en los diferentes tipos de actividad realizada por el jugador de hockey, que puedan ser utilizados como instrumentos de campo para el preparador físico o el entrenador en la programación de las cargas y el control del entrenamiento.

3) Realizar un análisis longitudinal de la evolución de los diferentes indicadores funcionales y condicionales para comparar su evolución en la progresión del nivel del jugador.

El presente trabajo ha dejado de lado el análisis de factores que consideramos de gran importancia para el rendimiento del hockey hierba y que sería de gran interés estudiar:

1) Los factores técnico-biomecánicos: posiciones, acciones, aspectos de economía y optimización técnica, etc.

2) Los factores técnico-tácticos: situaciones de partido, automatización, táctica, etc.

3) Los factores neurológicos y motrices: tiempo de reacción, tiempo de acción, lateralidad, destreza, etc.

4) Los factores pedagógicos: formas de aprendizaje, métodos didácticos, optimización del aprendizaje técnico y táctico, etc.

5) Los factores psicológicos: motivacionales, afectivos, emocionales, etc.

6) Los factores socioculturales: procedencia de los jugadores de hockey hierba, nivel social, etc.

La realización de este trabajo ha servido, sobre todo, para revelarnos la magnitud de la complejidad de las demandas físicas –entre otras– que condicionan el rendimiento en este viejo, y a la vez cambiante, deporte del hockey hierba.

8. BIBLIOGRAFIA

Anderson GS, Rhodes EC (1989): A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sports Medicine* 8:43-55.

Angulo J, Terreros JL, Aragonés MT, Sánchez E, López C, Arnaudas C (1990): Kàrate. Valoració funcional en laboratori. *Apunts*, vol. 27, pp 201-207.

Aragonés MT, Casajús JA, Rodríguez FA, Cabañas MD (1989): Protocolo de medidas antropométricas. En: Grupo Español de Cineantropometría (GREC), *Manual de Cineantropometría. Monografías FEMEDE nº3*. Pamplona; pp 35-66.

Åstrand PE, Rodhal K (1992): *Fisiología del trabajo físico*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.

Bhanot JL, Sidhu LS (1983): Maximal anaerobic power in Indian national hockey players. *British Journal of Sports Medicine* 17 (10):34-39.

Bangsbo J (1994): Physiological demands. En: Ekblom B (de.): *Handbook of sports medicine and science. Football (soccer)*. IOC Medical Commission. London: Blackwell Scientific Publications.

Barbany JR (1986): Fisiología del esfuerzo. Barcelona: INEFC.

Bisquerra R (1989a): Métodos de investigación educativa. Barcelona: CEAC.

Bisquerra R (1989b): Introducción conceptual al análisis multivariable. Barcelona: PPU.

Blanco A, Enseñat A, Balagué N (1995): Valoració telemètrica d'un test progressiu i màxim en pista en jugadors d'hoquei sobre patins. Apunts Medicina de l'Esport 125:165-174.

Bongbele J (1990): L'ATP et la fatigue musculaire pendant l'exercice. Science & Sports 5:1-10.

Boyle PM, Mahoney CA, Wallace WFM (1994): The competitive demands of elite male field hockey. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 34(3):235-24.

Brikci, A (1991): Profil physiologique des athlètes de haut niveau. Description et outils d'évaluation. Médecine du Sport (Algérie): pp 194-199.

Brisswalter J, Legros P (1994): Daily stability in energy cost of running, respiratory parameters and stride rate among well-trained middle distance runners. Int J Sports Med 15:238-241.

Brooks GA, Fahey TD (1985): Exercise physiology. New York: Macmillan.

Burke RK, Rasch PJ (1980): Kinesiología y anatomía aplicada. Barcelona: El Ateneo.

Carter JEL (1984): Somatotypes of olympic athletes from 1948 to 1976. En: Carter JEL (de.), Physical structure of olympic athletes. Part II: Kinantropometry of olympic athletes. Medicine Sports Sci, vol. 18, pp 80-109.

Carter JEL, ed (1986): Physical structure of Olympic athletes. Part I: The Montreal Olympic Games Antropological Project. Med Sport, vol 16. Karger: Basel.

Carter JEL, Heath BH (1990): Somatotyping - development and applications. Cambridge: Cambridge University Press.

Carter JEL (1980): The Heath Carter somatotype method. San Diego: San Diego State University, Syllabus Service.

Carter JEL, Aubri DA, Sleet DA (1982): Somatotypes of Montreal Olympic athletes. Medicine and Sport 16:125-80.

Cerretelli P, Piiper J, Mangili F, Ricci B (1964): Aerobic and anaerobic metabolism in exercising dogs. J Appl Physiol 19:29-32.

Chapanis A (1967): The relevance of laboratory studies to practical situations. Ergonomics 10:557-577.

Cibich B (1991): Application of sport science to hockey. Measurement by heart rate of the intensity and volume of training sessions and games. Sports Coach 14(2):3-6.

Clayton J (1982): Strength training for track and field. Bloomington, Indiana: Annual Indiana University Track and Field Clinic; pp 57-62.

Colton T (1993): Estadística en medicina. Barcelona: Ediciones científicas y Técnicas.

Costill DL, Fox EL (1969): Energetics of marathon running. Med Sci Sports 1:81-86.

Cucullo JM, Terreros JL, Layus F, Quílez J (1987): Prueba ergométrica indirecta. Metodología para el cálculo óptimo del $\dot{V}O_2\text{max}$ en ciclistas. Apunts Medicina de l'Esport 93:157-162.

Dal Monte A (1983): La valutazione funzionale dell'atleta. Firenze: Sansoni.

Dal Monte A, Gallozi C, Lupo S, Marcos E, Menchinelli C (1987): Evaluación funcional del jugador de baloncesto y balonmano. Apunts Medicina de l'Esport 94:243-253.

Dal Monte A, Lupo S, Seriacopi D, Pigozzi F (1989): Maximum oxygen consumption by telemetry. *Rivista di Cultura Sportiva* 15:3-12.

Day JA (1984): Perspectives in kinanthropometry. Olympic Scientific Congress Proceedings (volume 1). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

De Bruyn-Prevost P, Thillens R (1983): Évolution de la fréquence cardiaque et du taux d'acide lactique sanguin lors de rencontres de football. *Médecine du Sport* 2(57):48-51.

De Garay AL, Levine L, Carter JEL (1974): Genetic and anthropological studies of Olympic athletes. New York: Academic Press.

De Rose EH, Guimaraes AC (1980): A model for optimization of somatotype in young athletes. In: Ostry M, Beunen G, Simons J (eds) *Kinanthropometry II*. Baltimore: University Park Press.

Diem C (1966a): *Historia de los deportes*. Vol. I. Barcelona: Luis de Caralt.

Diem C (1966a): *Historia de los deportes*. Vol. II. Barcelona: Luis de Caralt.

di Prampero PE (1981): Energetics of muscular exercise. *Rev Physiol Biochem Pharmacol* 89:143-222.

Doménech JM (1982): Bioestadística. Métodos estadísticos para investigadores. Barcelona: Herder.

Doménech JM, Portell M (1992): Proceso de datos con el sistema SPSS. Bellaterra: UAB.

Donskoi D, Zatsiorky V (1988): Biomecánica de los ejercicios físicos. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.

Draper JA, Lancaster MG (1985): The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. The Australian Journal of Science and Medicine in Sport 17(1):15-18.

Echegaray EM (1971): Estudio Dirigido. Vol. 1. Técnicas del trabajo intelectual. Buenos Aires: Kapelusz.

Echegaray EM (1972): Estudio Dirigido. Vol. 2. Métodos y técnicas de investigación. Buenos Aires: Kapelusz.

Echevarría B (1982): Estadística aplicada a las ciencias humanas. Barcelona: Daimon.

Eklom B (1986): Applied physiology of soccer. Sports Medicine 3:50-60.

Faccini P, Faina M, Scarpellini E, Dal Monte A (1989): Il costo energetico nel tennistavolo. Rivista di Cultura Sportiva 17:38-42.

Faina M, Gallozzi C, Marini C, Colli R, Fanton F (1989): Energy cost of several sport disciplines by miniaturized telemetric O₂ intake measurement. Colorado Springs: IOC World Congress on Sport Sciences 38:1-2.

Fernández AS (1980): Aproximaciones técnico-tácticas al hockey hierba y sala. Madrid: Esteban Sanz.

Fernández AS (1980): Fundamentos del hockey sobre hierba. Madrid: Esteban Sanz.

Fox E (1984): Fisiología del deporte. Buenos Aires: Ed. Medica Panamericana.

Fox E, Mathews D (1983): Interval training. Paris: Vigot.

Fox EL, Bowers RW, Foss ML (1989): The physiological basis of physical education and athletics. Dubuque, Brown Publishers.

Gadoury C, Léger L (1986): Validité de l'épreuve de course navette de 20m avec paliers de 1 minute et du Physitest canadien pour prédire le $\dot{V}O_{2max}$ des adultes. Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives 7: 13.

Galilea B, Roca J (1983): Temps de reacció i esport: una aproximació empírica. Apunts Medicina de l'Esport 20(78):119-123.

Garfield CA, Bennet HZ (1987): Rendimiento máximo. Barcelona: Martínez Roca.

General Asde: Manual usuario Eurofit. Programa de análisis de la condición deportiva para jóvenes atletas. Valencia: General Asde.

Geijsel S (1985): On the value of Athletic ability in hockey, measuring and improving this ability (physiological aspects). Holland: Olympic Solidarity Course.

Geijsel S, Jorritsma H, Kemper HCG (1991): Shuttle run tests for field hockey top players. The Haque Zuid-Holland. Academy/College for Sports and Physical Education; p 245.

Ghosh AK, Khanna GL, Ahuja A, Mazumdar P, Mathur DN (1988): Maximal O₂ consumption and O₂ debt of elite Indian hockey players at different positions. Hungarian Review of Sports Medicine 29(2):131-137.

Godik M (1989): El control de las cargas competitivas y de entrenamiento. En: Zatsiorski VM: Metrología Deportiva. La Habana: Pueblo y Educación.

González Gallego J (1992): Fisiología de la actividad física y del deporte. Madrid: Interamericana McGraw-Hill.

Grosser M, Neumaier A (1986): Técnicas de entrenamiento. Barcelona: Martínez Roca.

Grosser M, Starischka S (1988): Test de la condición física. Barcelona: Martínez Roca.

Guyton AC (1992): Tratado de fisiología médica. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.

Heath BH, Carter JEL (1967): A modified somatotype method. Am J Phys Anthropol 27:57-74.

Hendricks R (1988): Wills book of excellence, Hockey. Calcutta: Edition Orient Longman.

Hill AV (1927): Muscular movement in man: the factors governing speed and recovery from fatigue. New York: MacGraw-Hill.

Hill AV, Long CNH, Lupton H (1924): Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. Proc R Soc Lon (Biol) 97:84-138.

Hoch F, Werle E, Weicker H (1988): Sympathoadrenergic regulation in elite fencers in training and competition. *Int J Sports Med* 9:141-145.

Hopkins WG (1991): Quantification of training in competitiva sports. *Sports Medicine* 12:161-163.

Iglesias X, Cano D (1990): El perfil de l'esgrimista a Catalunya. *Apunts Educació Física i Esports* 19:45-54.

Iglesias X, Rodríguez FA (1991a): Perfil funcional del esgrimista de alto rendimiento. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte* 18:37-52.

Iglesias X, Rodríguez FA (1991b): Physiological testing and profiling of elite fencers. *Proceedings Second IOC World Congress on Sport Sciences. International Olympic Committee. Barcelona: COOB'92, pp 142-143.*

Iglesias X, Rodríguez FA (1995): Caracterización de la frecuencia cardíaca y la lactatemia en esgrimistas durante la competición. *Apunts Medicina de l'Esport* 123:21-23.

Iglesias X (1997): Valoració funcional específica en l'esgrima. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya.

Ikegami Y, Hiiruta S, Ikegami H, Miyamura M (1988): Development of a telemetry system for measuring oxygen uptake during sports activities. Eur J Appl Physiol 57:622-626.

Janssen PGJM (1989): Training, lactate, pulse-rate. Finlandia: Polar Electro Oy.

Joussellin E, Desnus B, Fraisse F, Handschuh R, Legros P, Strady M, Thomaidis M (1990): La consommation maximale d'oxygène des équipes nationales françaises de 1979 à 1988 (sportifs de plus de 20 ans). Science & Sports 5:39-45.

Kansal DK, Verma SK, Sidhu LS (1980): Intrasportive differences in maximum oxygen uptake and body composition of Indian players in hockey and football. The Journal of Sports Medicine 20:309-316.

Kansal DK, Verma SK, Sidhu LS, Sohal MS (1983): Physique of hockey, kabaddi, basketball and volleyball players. The Journal of Sports Medicine 23:194-200.

Karvonen J., Vuorimaa T (1988): Heart rate and exercise intensity during sports activities. Sports Medicine 5:302-313.

Kawakami Y, Nozaki D, Matsuo A, Fukunaga T (1992): Reliability of measurement of oxygen uptake by a portable telemetric system. Eur J Appl Physiol 65:409-14.

Keul J (1973): The relationship between circulation and metabolism during exercise. Med Sci Sports Exerc 5:209-219.

Kindermann W, Keul J (1977): Lactate acidosis with different forms of sports activities. Can J Appl Sports Sci 2:177-182.

Lamb DR (1985): Fisiología del ejercicio. Madrid: Augusto E. Pila Teleña.

Layus PF, Muñoz LMA, Quilez SJ, Terreros BJL (1990): Distribución por deportes de datos ergoespirométricos de referencia. Zaragoza: Centro de Medicina del Deporte de la DGA; pp 339-343.

Léger L, Montpetit RR, Lambert J, Chantrand D (1980): Retroextrapolation of submaximal $\dot{V}O_2$ values from the O_2 recovery curve. Med Sci Sports 12:24-27.

Lehninger AL (1984): Principios de bioquímica. Barcelona: Omega.

López de Viñaspre P (1994): Hidratació i carbohidrats en esports intermitents. Apunts Medicina de l'Esport 119:37-46.

López Ferreyra F (1913): Manual de educación física. Barcelona: Hispano-Americana.

Lucia A, Fleck SJ, Gostshall RW, Kearney JT (1993): Validity and reability of the Cosmed K2 instrument. *Int J Sports Med* 14:380-386.

Luhtanen P (1984): Evaluación física de los jugadores de fútbol. *Apunts Medicina de l'Esport* 82:99-102.

Mader A, Heck H (1986): A theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 7:45-46.

Marcé A, Muntañola L (1988): España en los Juegos Olímpicos. Terrassa: Real Federación Española de Hockey.

Margarita R, Edwards HT, Dill DB (1933): The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *Am J Physiol* 106:689-714.

Margarita R, Cerretelli P, di Prampero PE, Massari C, Torrelli G (1963): Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. *J Appl Physiol* 18:371-377.

Markowska L, Stupnicki R, Golec L, Nagiec E, Bednarski J, Grzegorek K (1988): Urinary catecholamines in fencers during competition and training fights. *Biology of Sports* 2(5):93-99.

Matiegka J (1921): The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol* 4:223-230.

Mathews DK, Fox EL (1976): *The physiological basis of physical education and athletics*. Philadelphia: Saunders.

Mathur DN (1984): Morphological and physiological differences among Nigerian hockey players in relation to their field position. *Asian Journal of Physical Education* 7(3):64-71.

Matveiev L (1982): *El proceso del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Stadium.

McLellan TM (1985): Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. *Int J Sport Med* 6:30-35.

Mellerowicz H (1984): *Ergometría*. Buenos Aires: Médica Panamericana.

Mercado S (1990): *¿Cómo hacer una tesis?*. México: Limusa.

Mokha R, Sidhu LS, Kaur G, Singh J (1990): Effect of training on weight and certain physiological parameters of Indian female hockey players with respect to their field positions. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness* 4:377-381.

Montoye HJ, Kemper HCG, Saris WHM, Washburn RA (1996): *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Morehouse L, Miller A (1965): *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Ateneo.

Moreno R, López Ruiz J (1985): *Análisis metodológico de investigaciones experimentales*. Barcelona: Alamex.

Parlebas P, Cyffers B (1992): *Statistique appliquée aux activités physiques et sportives*. Paris: INSEP, Collection Études et Formation.

Peel C, Utsey C (1992): Oxygen consumption using the K2 telemetry system and a metabolic cart. *Med Sci Sports Exerc*: 396-340.

Pinnington H, Dawson B, Blanksby BA (1987): Cardiorespiratory responses of water polo players performing the head-in-the-water and the head-out-the-water front crawl swimming technique. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*: 15-19.

Pinnigton H, Dawson B, Blanksby BA (1988): Heart rate responses and the estimated energy requirements of playing water polo. *Journal of Human Movement Studies* 15:101-118.

Pinnigton H, Dawson B, Blanksby BA (1990): Conditioning training for water polo. En: *Sport Coach*: pp 17-22.

Pinnigton H, Dawson B, Blanksby BA (1990): The energy requirements of water polo. En: Draper J (ed): *Third report on the National Sports Research. Program July 1988 – June 1990*: p 36.

Platonov VN (1991): *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.

Popov SN (1988): *La cultura física terapéutica*. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación.

Prat JA (1985): *La batería Eurofit a Catalunya*. Esplugas de Llobregat, Barcelona: Direcció General de l'Esport, Generalitat de Catalunya.

Prat JA (1986): *La batería Eurofit en población catalana*. Esplugas de Llobregat, Barcelona: Direcció General de l'Esport, Generalitat de Catalunya.

Prat JA, Cedrun B, Montesinos R (1982): *Función cardiorrespiratoria submáxima, en respuesta a un entrenamiento intenso, en jugadores de*

hockey sobre hierba. Apunts Educació Física i Medicina de l'Esport 74:101-107.

Reilly T, Thomas V (1979): Estimated energy expenditure of professional association footballers. Ergonomics 22:541-548.

Reilly T, Bretherton S (1984): Multivariate analysis of fitness of female field hockey players. England: Liverpool Polytechnic; pp 135-141.

Reilly T, Seaton A (1990): Physiological strain unique to field hockey. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 30(2):142-146.

Reilly T, Borrie A (1992): Physiology applied to field hockey. Sports Medicine 14(1):10-25.

Renom J (1992): Diseño de tests. Barcelona: Engine.

Riera J (1985): Introducción a la psicología del deporte. Barcelona: Martínez Roca.

Riera J (1989): Aprendizaje de la técnica y la táctica deportiva. Barcelona: INDE.

Riviere D, Crampes F, Beauville M, Garrigues M (1988): Étude des fibres musculaires striées chez l'home. Médecine du Sport 2(62):59-63.

Roca J (1983): Temps de reacció i esport. Barcelona: INEFC.

Rocha MSL (1975): Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a25 anos. Arquivos de Anatomía e Antropología (Rio de Janeiro) 1:445-51.

Rochcongar P, Dassonville J, Lessard Y (1981): Consommation maximale, lactacidémie et football. Médecine du Sport 3(55):141-144.

Rodríguez FA (1986): Umbral anaeróbico y entrenamiento. Archivos de Medicina del Deporte 10(3):145-156.

Rodríguez FA (1987): Estructura física de los remeros de peso ligero de nivel internacional. Archivos de Medicina del Deporte 15:243-249.

Rodríguez FA (1987): Fisiopatología del entrenamiento deportivo: fatiga y sobreentrenamiento. Apunts Medicina de l'Esport 92:71-80.

Rodríguez FA (1989): Fisiología y valoración funcional y deporte de alto rendimiento. Apunts d'Educació Física i Esports 15:48-56.

Rodríguez FA (1989): Valoración funcional y perfil fisiológico de remeros de nivel internacional. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

Rodríguez FA (1991): Valoració funcional del jugador d'hoquei sobre patins. Apunts Educació Física i Esports 23:51-62.

Rodríguez FA (1994): Physiological testing of swimmers and water polo players in Spain. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richards AB (eds), Medicine and Science in Aquatic Sports. Medicine and Sport Science; pp 172-177.

Rodríguez FA (1997): Metabolic evaluation of swimmers and water polo players. Kinesiology 1:19-29.

Rodríguez FA (1999): Bases metodològiques de la valoració funcional. Ergometría. En: Monografías FEMEDE, Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales. Pamplona: FEMEDE; pp 229-271.

Rodríguez FA, Aragonés MT (1992): Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En: González J (ed.): Fisiología de la actividad física y del deporte. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill; pp 237-278.

Rodríguez FA, Iglesias X (1995a): Consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca durante el juego en hockey sobre patines. Libro de resúmenes, 8th Fims European Sports Medicine Congress, Granada; p 58.

Rodríguez FA, Iglesias X (1997): The energy cost of soccer: telemetric oxygen uptake measurements versus heart-rate $\dot{V}O_2$ estimations. Book of

Abstracts, Second Annual Congress of the European College of Sport Science. Copenhagen: ECSS; pp 322-323.

Rodríguez FA, Iglesias X (1998): The energy cost of soccer: telemetric oxygen uptake measurements versus heart rate-VO₂ estimations. Journal of Sports Sciences 16(5):484-485.

Rodríguez FA, Drobnic F, Galilea PA, Pons V (1989): Bases científicas y metodológicas de la fisiología y la medicina aplicadas al deporte de alto rendimiento. En: Seminario Internacional de Biomedicina Aplicada al Deporte. Madrid: Comité Olímpic Español; pp 1-14.

Rodríguez FA, Banquells M, Pons V, Drobnic F, Galilea PA (1992): A comparative study of blood lactate analytic methods. Int J Sports Med 13(6):462-466.

Rodríguez FA, Iglesias X, Artero V (1995b): Consumo de oxígeno durante el juego en futbolistas profesionales y aficionados. Libro de resúmenes, 8th Fims European Sports Medicine Congress, Granada; p 119.

Rodríguez FA, Iglesias X, Marina M, Fadó C (1995c): Demandas cardiorrespiratorias y metabólicas del aeróbico de competición: ¿aeróbico o anaeróbico?. Libro de resúmenes, 8th Fims European Sports Medicine Congress, Granada; p 60.

Rodríguez FA, Iglesias X, Tapiolas J (1995d): Gasto energético y valoración metabólica en el fútbol. Jornadas Internacionales de Medicina y Fútbol (Premundial 94), Victoria/Gasteiz: SHEE/IVEF; pp 47-46.

Rodríguez FA, Iglesias X, Marina M, Fadó C (1998a): Physiological demands of elite competitive aerobic. Journal of Sports Sciences 16(5):510-511.

Rodríguez FA, Gusi N, Valenzuela A, Nàcher S, Nogués J, Marina M (1998b): Valoració de la condició física saludable en els adults (I): Antecedents i protocols de la bateria AFISAL-INEFC. Apunts Educació Física i Esports 52:54-75.

Rodríguez FA, Valenzuela A, Gusi N, Nàcher S, Gallardo I (1999): Valoració de la condició física saludable en els adults (III): fiabilitat, aplicabilitat i valors normatius de la bateria AFISAL-INEFC. Apunts Educació Física i Esports 54:54-65.

Ross WD, Marfell-Jones MJ (1991): Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ (eds): Physiological testing of the high-performance athlete. 2nd Edition. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Saltin B (1987): Capacità aerobica ed anaerobica. Rivista di Cultura Sportiva 10:2-11.

Schladitz, W (1979): Hockey sobre césped. Argentina: Stadium.

Schmidt RF, Thews G (1993): Fisiología humana. Madrid: Interamericana McGraw-Hill.

Scott PA, Manley , Willians M (1988): Aerobic and anaerobic analyses of elite male field hockey players. New Zealand Journal of Sports Medicine 27:31-34.

Secher NH, Vaage O (1983): Rowing performance: a mathematical model based on analysis of body dimensions as exemplified by body weight. Eur J Appl Physiol 52:88-93.

Seliger V (1968): Energy metabolism in selected physical exercises. Intern Z Angew Physiol 2:104-118.

Serra LL, Aranceta J, Mataix J (1995): Nutrición y salud pública. Barcelona: Masson.

Siconolfi SF, Garber CE, Lasater TM, Carleton RA (1985): A simple valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. Am J Epidemiol 121:382-390.

Silla D (1988): Las cualidades físicas en el hockey sobre hierba. Revista de Entrenamiento Deportivo 2(4):33-39.

Silla D, Rodríguez FA (1995): Demandas cardiorrespiratorias y metabólicas de la competición de hockey sobre hierba de alto nivel. Libro de resúmenes, 8th Fims European Sports Medicine Congress, Granada; p 59.

Singer (1968): Speed and accuracy of movement as related to fencing success. Res Q Exerc Sport 39:1080-1083.

Singh SP, Sidhu LS (1982): Physique and morphology of Jat-Sikh cyclists of Punjab. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 22(2):185-190.

Sharma SS, Shukla BRK (1988): Somatic constitution of athletes in India. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 28(2):194-199.

Shepard RJ (1978): Aerobic versus anaerobic training for success in various athletic events. Canadian Journal of Applied Sport Sciences 3:9-15.

Shigeru K, Kaoru T, Kazunori A, Hajime O (1988): Methodos of measurement and evaluation of physical fitness in japanese hockey players by means of field tests. A tentative plan for the methodos. Tokyo: Comittee for hockey Sciencie, Japan Hockey Association; pp 1-14.

Solanellas F, Rodríguez FA (1991): Physiological, kinanthropometric and attentional profile of tennis players. Proceedings, Second IOC World Congress on Sport Sciences. Barcelona: COOB'92; pp 265-266.

Solanellas F (1995): Valoració funcional de tennistes de diferents categories. Tesi Doctoral. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona. Barcelona.

SPSS Inc, Norusis MJ (1984): SPSS/PC, SPSS for the IBM PC/XT. Chicago: SPSS Inc.

Thomas JR, Nelson JK (1990): Research methods in physical activity. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Tranquilli C, Ilardi M, Colli R, Grossi A (1992): Aspetti metabolici e nutrizionali nell'allenamento degli sport di squadra. Rivista di Cultura Sportiva 24:10-16.

Ulmer HV (1993): Metabolismo energético. En: Schmidt RF, Thews G, Fisiología humana. Madrid: Interamericana - McGraw-Hill.

Valle F (1985): El problema de la validez ecológica. Madrid. Estudios de Psicología.

Verma SK, Mohindroo SR, Kansal DK (1979): The maximal anaerobic power of different categories of players. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 19:55-62.

Verma SK, Kansal DK (1980): A study of maximum oxygen uptake and body composition of top level Indian athletes. *Hungarian Review of Sports Medicine* 21(4):255-261.

Viru A (1984): La valutazione del carico allenante. *Rivista di Cultura Sportiva* 31:2-8.

Vogelaere P, Balagué N, Martínez M (1985): Fútbol: una aproximación fisiológica. *Apunts Medicina de l'Esport* 86:103-107.

Wasserman K (1989): Determinants i detecció del llindar anaeròbic i conseqüències de la realització d'exercici per damunt del llindar anaeròbic. *Informació Tècnica y Científica -Fisiologia-*. Esplugas de Llobregat. Secretaria General de l'Esport, Generalitat de Catalunya.

Wasserman K, Beaver WL, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL (1973): Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise, *J Appl Physiol* 35:236-243.

Wein H (1978): *See and learn hockey*. Switzerland: Swiss Hockey Association.

Wein H (1991): *Hockey*. Madrid: Comité Olímpico Español.

Wein H (1980): Iniciación al hockey. Barcelona: Instituto Nacional de Educación Física, Real Federación Española de Hockey.

Weir JB de V (1949): New methods for calculating metabolic rate with specific reference to protein metabolism. J Physiol 109:1-9.

Withers RT, Roberts RGD, Davies GJ (1977): The maximum aerobic power, anaerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 17(4):391-400.

Yuhasz MS (1974): Physical fitness manual. London, Canada: University of Western Ontario.

Zaragoza J (1996): Baloncesto: conclusiones para el entrenamiento a partir del análisis de la actividad competitiva. Revista de Entrenamiento Deportivo (10)2:21-27.

Zatsiorski VM (1989): Metrología deportiva. La Habana: Pueblo y Educación.

Zuntz N (1901): Über die Bedeutung der verjchiedenen Nährstoffe als Erzeuger der Muskelkraft. Pflugers Arch Physiol 83:557-571.