



UNIVERSIDAD DE LEÓN

Departamento de Educación Física y Deportiva

Grupo de Investigación “VALFIS”

“Valoración de la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo”

Instituto de Biomedicina (IBIOMED)



TEST DE CAMPO (TIVRE Patín®) PARA VALORAR LA CUALIDAD AEROBICA DEL PATINADOR SOBRE RUEDAS



D. RAFAEL ENRIQUE LOZANO ZAPATA

LEON, 2010



UNIVERSIDAD DE LEÓN

Departamento de Educación Física y Deportiva

Grupo de Investigación “VALFIS”

“Valoración de la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo”

Instituto de Biomedicina (IBIOMED)

TEST DE CAMPO (TIVRE Patín®) PARA VALORAR LA CUALIDAD AEROBICA DEL PATINADOR SOBRE RUEDAS

Memoria que presenta:

D. Rafael Enrique Lozano Zapata

para la obtención del Grado de Doctor por la
Universidad de León

León, 2010



Universidad de León

ADMISIÓN A TRÁMITE DEL DEPARTAMENTO

(Art. 11.3 del R.D. 56/2005 y
Norma 7ª de las Complementarias de la ULE)

El Departamento de Educación Física y Deportiva en su reunión del día 29 de Junio de 2010, ha acordado dar la conformidad a la admisión a trámite de la lectura de la Tesis Doctoral titulada “TEST DE CAMPO PARA VALORAR LA CUALIDAD AEROBICA DEL PATINADOR SOBRE RUEDAS”, dirigida por el Dr. José Gerardo VILLA VICENTE y el Dr. Alfredo CÓRDOVA MARTINEZ, y presentada por D. Rafael Enrique LOZANO ZAPATA, y cuyo título en inglés es el siguiente: *“Field Test to measure of the quality aerobic skaters on wheels”*.

Lo que firmo para dar cumplimiento al ast. 11.3 del R.D. 56/2005, en León a día 15 de septiembre de 2010.

El Secretario del Departamento.

Fdo: D. Pedro Andrés Fernández

VºBº

El Director del Departamento



Universidad de León

**INFORME DEL DIRECTOR DE LA TESIS
(Art. 11.3 del R.D. 56/2005)**

El Dr. D. José Gerardo Villa Vicente, Prof. Titular de Universidad del Área de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León, y el Dr. D. Alfredo Córdova Martínez, Catedrático de Fisiología de la Escuela Universitaria de Fisioterapia de la Universidad de Valladolid, en calidad de Directores de la Tesis Doctoral titulada “TEST DE CAMPO PARA VALORAR LA CUALIDAD AEROBICA DEL PATINADOR SOBRE RUEDAS”, realizada en el Departamento de Educación Física y Deportiva por el Doctorando D. Rafael Enrique Lozano Zapata, autorizan la presentación de la citada Tesis Doctoral, dado que entienden que reúne las condiciones necesarias para su presentación y defensa.

Lo que firman, para dar cumplimiento al art. 11.3 del R.D. 56/2005, en León a 15 de septiembre de dos mil diez.

Los Directores de la Tesis Doctoral

Fdo.: Prof. Dr. J. Gerardo Villa Vicente

Prof. Dr. Alfredo Córdova Martínez

*A mis padres y hermanos,
a mi esposa Leydi y a mi querido hijo Manuel Esteban.*

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a la Universidad de León por la formación que me ha ofrecido como investigador, y de manera más concreta a mis Directores, el Dr. José Gerardo Villa Vicente y el Dr. Alfredo Córdova Martínez

Un agradecimiento muy especial al Dr. D. Juan Carlos Morante Rábago, y al Dr. D. José Antonio Rodríguez Marroyo, Profesores del Dpto de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León, quienes con su ayuda he podido llevar a acabo este trabajo al desarrollarme el software y al ayudarme en la valoración de los resultados tras la realización del test de campo.

Institucionalmente quiero mostrar mi agradecimiento a la Universidad de Pamplona (Colombia), por haberme dado esta oportunidad de mejorar mis conocimientos y profundizar en mi área como investigador; de igual manera a los clubes y selecciones en el departamento de Norte de Santander y Santander, con los cuales tuve el apoyo, para llevar a cabo mi investigación.

También muestro mi gratitud a los entrenadores de las selecciones de cada departamento, al Lic. Libardo Augusto Navarra y al Lic. Edgar Mantilla, por haberme prestado toda su atención y colaboración en la ejecución de las pruebas, igualmente su conocimiento y orientación hacia el proceso de formación y competición del patinaje de velocidad sobre ruedas.

Igualmente a la Federación del Patinaje en Colombia y las respectivas ligas nacionales, por todo su apoyo incondicional y colaboración con los atletas para el desarrollo de la investigación.

Mención especial a los patinadores participantes por su decidida colaboración y empeño al dar lo mejor de ellos en cada uno de los test y a lo largo de toda la investigación.

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas, clubes e instituciones que, de alguna manera, me han ayudado a llevar a cabo esta investigación, y en particular a todas aquellas personas que directa o indirectamente han hecho posible la realización de este trabajo.

ABREVIATURAS

%	Porcentaje
Σ	Sumatorio
ATP	Adenosín trifosfato
Cr	Creatina
C1	Test de campo uno de la fase experimental
C2	Test de campo dos de la fase experimental
C3	Test campo uno de la segunda fase experimental
C4	Test de campo dos de la segunda fase experimental
cm	centímetro
CP	Fosfocreatina
cols	Colaboradores
EEM	Error Estándar de la Media
Eq O ₂ (VE/V _{O₂})	Equivalente ventilatorio del Oxígeno
Eq CO ₂ (VE/V _{CO₂})	Equivalente ventilatorio del dióxido de carbono
FC	Frecuencia Cardíaca
FC máx.	Frecuencia cardíaca máxima
FCR	Frecuencia cardíaca de reposo
FC-VT2	Frecuencia cardíaca umbral anaeróbico ventilatorio
FC-UA	Frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico por metodología de inflexión de la frecuencia cardíaca
K	Test Continuo de Campo de Patinaje (Test de Conconi adaptado)
Kg	Kilogramo
Km/h	Kilómetros/hora
L15	Test de laboratorio discontinuo 1-1 ^a fase experimental
L25	Test de laboratorio discontinuo 2-2 ^a fase experimental
L6	Test de laboratorio en rampa – 2 ^a fase experimental
m	metros
ml/kg/min ó ml*Kg ⁻¹ *min ⁻¹	Mililitros por kilogramo por minuto
PFK	Fosfofructocinasa
ppm	Pulsaciones por minuto
QR	Cociente respiratorio

QR-VT2	Cociente respiratorio umbral anaeróbico ventilatorio
QRmáx.	Cociente respiratorio máximo
r	Coeficiente de correlación de Pearson
s	segundos
T VT2	Tiempo umbral anaeróbico ventilatorio
UA	Umbral anaeróbico
VE	Ventilación
Vel	Velocidad
VE-VT2	Ventilación en el umbral anaeróbico ventilatorio
VT2	Umbral anaeróbico Ventilatorio
VO ₂	Consumo de oxígeno
VO ₂ VT2	Consumo de oxígeno umbral anaeróbico ventilatorio
VO ₂ max.	Consumo máximo de oxígeno
Wmáx	Vatios máximos

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1 CONCEPTO DE ENERGIA	3
1.2 BIOENERGÉTICA DEL PATINAJE DE VELOCIDAD	7
1.2.1. Metabolismo Energético	7
1.2.1.1. Potencia Aeróbica	8
1.2.1.2. Metabolismo Anaeróbico	10
1.2.3. Importancia de su valoración	11
1.2.4. Métodos de Evaluación de la Energía Gastada	12
1.3 CONSUMO DE OXIGENO Y FRECUENCIA CARDIACA	13
1.3.1. Consumo de Oxígeno	13
1.3.1.1. Importancia y Utilidad	14
1.3.2. Ventilación Durante el Ejercicio	15
1.3.3. Frecuencia cardiaca	16
1.3.3.1. Frecuencia Cardiaca Durante el Esfuerzo Físico	17
1.3.3.2. Control de la Frecuencia Cardiaca en Ejercicio de Intensidad Creciente	18
1.3.3.3. Frecuencia Cardiaca y Ejercicios Intermitentes	19
1.3.3.4. Frecuencia Cardiaca y Ejercicio Prolongado	20
1.4.LAS INTENSIDADES PARA EL ENTRENAMIENTO	21
1.4.1. Zona Aeróbica	23
1.4.2. Zona de umbral anaeróbico	24
1.5. CAPACIDAD ANAERÓBICA	25
1.5.1. Importancia de la Estimación de la Capacidad Anaeróbica	26
1.5.2. Cómo se mide la Potencia y la Capacidad Anaeróbica	27
1.6. UMBRALES VENTILATORIO, LACTICO Y RESISTENCIA	28
1.6.1. Umbral de Potencia y Respuestas Fisiológicas	29
1.6.1.1. Umbral anaeróbico	33
1.7. CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	35
1.7.1. Criterios de calidad de los Test Fisiológicos	36
1.7.2. Condiciones que deben Reunir los Test Fisiológicos	36

1.8. ASPECTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS DE LOS TESTS DE CAMPO	39
1.8.1. Definición de los Test de Campo	39
1.8.2. Ventajas de los Tests de Campo	40
1.9. ENTRENAMIENTO EN PATINAJE DE VELOCIDAD	41
1.10. TEST ESPECÍFICOS EN PATINAJE DE VELOCIDAD	45
1.10.1. Test de Potencia Aeróbica en patinaje de velocidad	45
1.10.2. Test de Potencia Anaeróbica en patinaje de velocidad	45
1.11. LA RECUPERACION TRAS EL EJERCICIO	46
1.11.1. Acumulación de Ácido Láctico, Fatiga y Dolor Muscular	47
1.12. HIPOTESIS DE TRABAJO.	52
2. OBJETIVOS	55
2.1. GENERAL	57
2.2. ESPECIFICOS	57
3. MATERIAL Y METODOS	59
3.1 POBLACION EVALUADA	61
3.2 MATERIAL	62
3.2.1. Mediciones Antropométricas	62
3.2.2. Test ergométricos	62
3.3 METODOS	65
3.3.1. Cineantropometría	65
3.3.2. Test en Primera y Segunda Fase Experimental	68
3.3.2.1. Test en Primera Fase Experimental	69
3.3.2.1.1. Test de Laboratorio Interválico (L15 – L25)	70
3.3.2.1.2. Test de Campo Interválico (C1 – C2)	71
3.3.2.2. Tests en Segunda Fase Experimental	74
3.3.2.2.1. Test de Campo Continuo (K)	74
3.3.2.2.2. Test de Laboratorio Continuo (L6)	76
3.3.2.2.3. Test de Campo Interválico (C3 – C4)	76
3.4 CRITERIOS VENTILATORIOS Y FRECUENCIA CARDIACA EN LA DETERMINACION DEL UMBRAL ANAEROBICO	80
3.5 ANALISIS ESTADISTICO	82

4. RESULTADOS	85
4.1 ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO	87
4.2 RESULTADOS DE LOS TESTS EN PRIMERA FASE EXPERIMENTAL CON LOS PATINADORES	93
4.2.1 Resultados Tests de Laboratorio (L15 – L25)	93
4.2.2 Resultados Test de Campo (C1 – C2)	98
4.2.3 Diferencias de Género en los Test de Laboratorio	109
4.2.4 Diferencias de Género en los Test de Campo	115
4.2.5 Tests de Laboratorio vs Test de Campo 1ª Fase Experimental	139
4.2.6 Diferencias de Genero entre los tests de laboratorio y campo en la primera fase experimental	159
4.2.7 Análisis de la Frecuencia Cardiaca en Entrenamientos y Competición	176
4.3 RESULTADOS SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL	182
4.3.1. Resultados Test de campo Continuo (K) y Test de Campo Interválico (C3) en todos los Patinadores	184
4.3.1.1. Resultados Test de Campo Continuo (K) y Test de Campo Interválico (C3) de los Patinadores Hombres	188
4.3.1.2. Resultados Test de Campo Continuo (K) y Test de Campo Interválico (C3) de las Patinadoras.	192
4.3.2. Resultados Test de Laboratorio Continuo (L6) y Test de Campo Interválico (C3) de todos los Patinadores	196
4.3.2.1. Resultados Test de Laboratorio Continuo (L6) y Test de Campo Interválico (C3) con los patinadores hombres	203
4.3.2.2. Resultados Test de Laboratorio Continuo (L6) y Test de Campo Interválico (C3) con las Patinadoras	208
4.3.3. Resultados de los Test de Campo Interválicos (C3) y (C4) en los Patinadores	214
4.3.3.1. Diferencias de Género en los Test de la Segunda Fase Experimental de los patinadores	224
4.3.4. Análisis de la Frecuencia Cardiaca en Competición de los Patinadores	233

5. DISCUSION	237
5.1 Características Antropométricas	237
5.2 Valoración inicial del test de campo específico TIVRE-Patín	241
5.3. Validación del test de campo específico TIVRE-Patín	
6. CONCLUSIONES	267
7. BIBLIOGRAFIA	271
8. ANEXOS	297



I. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

La evaluación de la aptitud física y las diferentes intensidades del entrenamiento por medio de test se ha convertido en un aspecto fundamental en la preparación de los deportistas (Keskinen y cols., 2006). Su valoración permite individualizar y optimizar la planificación de los programas de entrenamiento. (Gutmann y cols., 2006)

Por lo tanto en cuanto se entra en contacto con el entrenamiento del deportista de alto nivel, se percibe que no es suficiente estudiar al deportista solamente en el laboratorio, sino que también es muy conveniente estudiarlo cuando está en su terreno de entrenamiento y competición. (Gorostiaga, 1999). Considerándose los resultados de estos test repetidos a lo largo de la temporada, una información significativa acerca de la mejora de la capacidad física suponen un asesoramiento de calidad a la hora de la planificación del entrenamiento.

El patinaje de velocidad sobre ruedas, ha tenido un gran impacto a nivel mundial. A pesar de ello, se trata de un deporte poco conocido desde el punto de vista médico, siendo muy escasos los trabajos científicos que lo abordan. Es considerado como un deporte de resistencia, ya que a pesar de tener pruebas netamente anaeróbicas, se fundamenta específicamente en una gran base aeróbica, imprescindible para los procesos de recuperación. De hecho se compite en pruebas de velocidad de 300 metros y de resistencia aeróbica como los 42 kilómetros, entre ambas existe una amplia gama de competencias para las cuales son indispensables la resistencia a la velocidad, control motor, visual, muscular y el equilibrio, entre otros (Marino, F. 1998); factores imprescindibles en el desarrollo de la técnica y táctica, para el buen desempeño en la competición.

1.1. CONCEPTOS DE ENERGIA.

Cualquier forma de trabajo biológico sólo es posible, al principio, mediante la transferencia directa de energía química en energía mecánica. Todos los

gestos deportivos se realizan gracias a nuestra capacidad para extraer la energía de los nutrientes en especial los glúcidos, lípidos y próticos, que se extraen de la alimentación para transferirlos a las proteínas contráctiles de los músculos implicados.

Existen diversas formas de energía (química, térmica, mecánica, eléctrica, etc. En el hombre se transforma la energía química de los alimentos en energía eléctrica (impulso eléctrico), energía mecánica (movimiento) y en energía calorífica (mantener la temperatura corporal).

Al ser el trabajo la expresión de la energía, su medida se expresa en unidades idénticas, y su unidad en el Sistema Internacional de Medida es el Julio (J), que por definición: $1 \text{ J} = 1 \text{ Newton (N)} \times 1 \text{ metro (m)}$.

Es importante conocer las equivalencias energéticas de unas unidades de medida a otras no congruentes (Tabla 1), dadas las diferentes formas de expresar esta en los diferentes trabajos (Westerterp KR, y col., 2004; Monod, H.; Flandrois, R., 1986).

1 Kcal	4.18 KJ	0.207 l. O ₂	426.4 Kgm
1 l. O ₂	20.17 KJ	4.825 Kcal	2057 Kgm
1 Kgm	9.82 J	2.35 cal	0.49 ml. O ₂
1 KJ	0.239 Kcal	49.52 l. O ₂	120 Kgm

Tabla 1. Equivalencias Energéticas con sus respectivas unidades de medida.

En personas normales, el 60% del total de la energía gastada corresponde a la derivada del metabolismo basal (MB) entendiendo este como el gasto energético que exige un organismo para el sostenimiento de su vida, sin realizar un trabajo externo (Zavala, D.C., (1989). El 70% del total corresponde a la energía de reposo (REE) que es un 10% más elevada que el metabolismo basal (MB). El 30% restante de la energía total representa la suma de la energía gastada debida a la termogénesis y la debida a la actividad física realizada, sin embargo este porcentaje último variará ampliamente de unos individuos a otros. (Henry CJ., 2005).

El metabolismo aporta la energía suficiente y necesaria de acuerdo a la intensidad y duración con que se realice el ejercicio o sesión de entrenamiento. Cuando estos sistemas se comparan en cuanto al rendimiento, los valores relativos serán los siguientes:

- a) Sistema Anaeróbico Aláctico = 10 a 15 segundos.
- b) Sistema Anaeróbico Láctico = 30 a 40 segundos.
- c) Sistema Aeróbico = Tiempo ilimitado de acuerdo a la duración de los nutrientes.

Si se realizara un ejercicio prolongado a diferentes intensidades, la utilización de una vía de producción de energía u otra estaría en función de la intensidad del momento, de manera que un ejercicio puede comenzar a ser aeróbico, para pasar al cabo de 1 hora a ser anaeróbico.

a) La energía para la resíntesis del ATP proviene rápidamente de la transferencia de la energía química de otro compuesto de alta energía que es la fosfocreatina (CP). La concentración de CP en la célula es alrededor de tres veces mayor que la del ATP. (McArdle, W., y cols., 2004; Billat, V., 2002) (Figura 1).

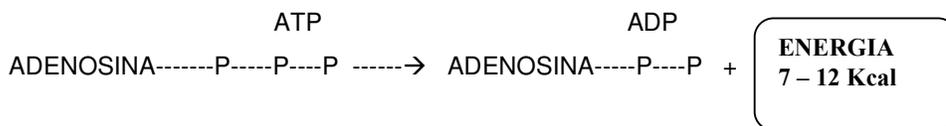


Figura -1: Reacción de la degradación de un mol. ATP.

Cuando se rompe el enlace entre la creatina (Cr) y el fosfágeno (P) de la CP se libera gran cantidad de energía que es utilizada para la resíntesis de ATP junto con el fosfágeno liberado.

b) Esta vía utiliza la glucólisis para la resíntesis de ATP y anaerobio porque tampoco necesita presencia de oxígeno y láctico porque el metabolismo

final es el ácido láctico; como sustrato energético se utiliza la glucosa. La glucólisis degrada la glucosa (único sustrato que utiliza) hasta ácido pirúvico sin presencia de oxígeno (O_2) y para ello se necesitan 12 reacciones. La transferencia neta de energía de la glucólisis es de 2 moléculas de ATP. Mientras que la degradación completa de la glucosa en presencia de O_2 sería de 38 moléculas de ATP. (McArdle, W., y cols., 2004; Billat, V., 2002).

c) En este caso la resíntesis de ATP (Figura 2) se produce en presencia de O_2 . Cuanto más oxígeno llegue al músculo, más energía va a producir por medio de este sistema y mayor rendimiento va a desarrollar.

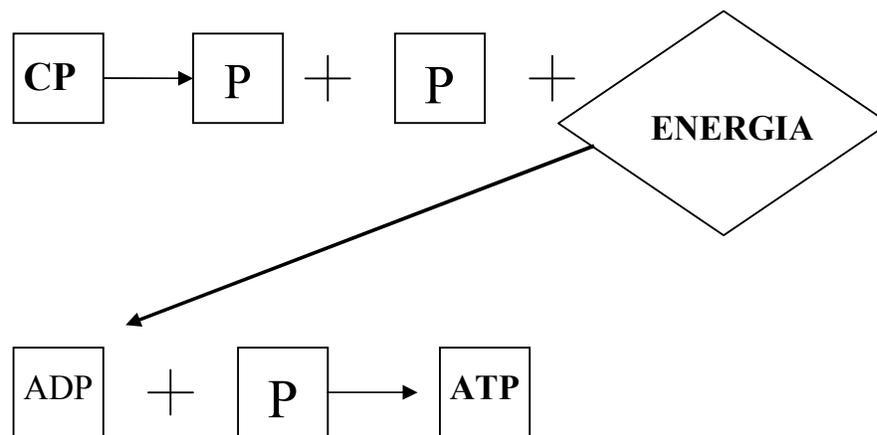


Figura - 2: Resíntesis de ATP a partir de la energía liberada de la PC.

Como la glucólisis solamente extrae de las moléculas de glucosa el 5% de su energía, existe otra forma adicional de extraer la energía restante que es el Ciclo de Krebs y la cadena respiratoria. Este se realiza cuando las moléculas de ácido pirúvico se convierten irreversiblemente a acetyl-CoA, este último compuesto es el que pasa al ciclo de Krebs degradándose hasta formar finalmente dióxido de carbono y agua. (McArdle, W., y cols., 2004; Billat, V., 2002). Esta vía además utiliza como sustratos elementos procedentes de glúcidos, lípidos y de proteínas.

1.2 BIOENERGÉTICA APLICADA AL PATINAJE DE VELOCIDAD

A partir del modelo diseñado por Ingen Schenau y col. (1989), el gasto energético, la potencia externa y las pérdidas por la resistencia del aire y de la pista forman parte de una transformación de energía química a mecánica, que está influenciada por diversas variables internas y externas. Entre ellas hay que tener en cuenta la técnica, el estado psicológico, el entrenamiento, la morfología corporal y el consumo de oxígeno (Ingen Schenau y Bakker, 1980; Ingen Schenau, 1982).

1.2.1 Metabolismo Energético

La base del control bioquímico y de los mecanismos que limitan la producción de energía para los músculos durante el patinaje de velocidad viene representada por la participación del metabolismo aeróbico y anaeróbico (De Groot y col., 1987).

Durante las pruebas de una duración de 30 a 60 segundos, que corresponde en patinaje de velocidad a 300 m. y 500 m., la mayor parte de la energía liberada proviene de la utilización de las reservas de fosfátenos (ATP-CP) y de los hidratos de carbono (glucógeno) a través del metabolismo anaeróbico aláctico y láctico (McArdle, W., y cols., 2004; Billat, V., 2002; McArdle y col., 1991).

Durante las pruebas de fondo, de una distancia mayor de 1500 m., las fuentes de energía son fundamentalmente aeróbicas, a través de la oxidación de los hidratos de carbono y los lípidos. Solamente en el inicio de la prueba (arrancada) y en las aceleraciones durante la prueba o en el final de la carrera, los sistemas de los fosfágenos y de la glucólisis anaeróbica contribuyen decisivamente a la producción de energía (Bower, R., y Fox L., 1997).

En estas pruebas de larga duración, a medida de que aumenta la intensidad de la prueba, aumenta también la cantidad de energía

proporcionada por los sistemas anaeróbicos. En las pruebas de 1500 m. los sistemas anaeróbicos producen la mayor parte de la energía durante la salida y en el final de la carrera, mientras que el sistema aeróbico predomina durante el período de estado estable de la carrera (Bower, R., y Fox L., 1997). La marca deportiva en patinaje de velocidad está determinada, en gran medida, por la producción de energía a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos.

1.2.1.1. Potencia Aeróbica

Un método preciso para medir el índice del metabolismo aeróbico total y la capacidad física de un deportista, consiste en la estimación del consumo máximo de oxígeno mediante la realización de un test de esfuerzo. El consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2 \text{ max}$) se corresponde con la mayor cantidad de oxígeno que un sujeto puede utilizar durante un tiempo dado al realizar un ejercicio a una elevada intensidad que le permita alcanzar el agotamiento en un período de 3 a 15 minutos (Astrand y Rodahl, 1992). Este oxígeno respirado por los pulmones es transportado por el sistema cardiocirculatorio y consumido a nivel muscular.

El consumo máximo de oxígeno se determina en el laboratorio, habitualmente corriendo en tapiz rodante o pedaleando en cicloergómetro y en el terreno realizando la actividad deportiva específica (Astrand y Rodahl, 1992; Glassford y col., 1965; Hermansen y Saltin, 1969; Pechar y col., 1974; Stromme y col., 1977 y Shepard, 1984). Es importante señalar que el consumo máximo de oxígeno se puede alcanzar con una carga de trabajo que no sea necesariamente la máxima (Astrand y Rodahl, 1992).

La valoración fisiológica de los deportistas en su ambiente deportivo (sobre el terreno) proporciona una valiosa información sobre las adaptaciones agudas a las actividades deportivas específicas. Sin embargo, estas respuestas fisiológicas en el terreno deportivo pueden verse modificadas por las condiciones ambientales (temperatura, humedad, viento y altitud). Dichas adaptaciones pueden ser diferentes a las encontradas en los test de laboratorio, en cicloergómetro y en tapiz rodante.

Wilmore y Costill (2004) han efectuado una revisión de los consumos máximos de oxígeno de deportistas de élite mundial en diferentes deportes, situando el de los patinadores de velocidad entre los valores medios. En la revisión de la literatura, se observa una gran variación del consumo de oxígeno para diferentes grupos de patinadores sobre hielo: valores desde 46,1 ml/kg/min (en mujeres: Maksud y col., 1970), hasta los valores más altos de 72,9 ml/kg/min (en hombres: Rusko y col., 1978). No se conocen las razones de esta gran variabilidad en los valores del consumo máximo de oxígeno, sin embargo, es muy posible que una parte de las diferencias encontradas pueda estar relacionada con diferencias en los protocolos, los diferentes potenciales genéticos, los test ergométricos, los tipos de entrenamiento y el estado de entrenamiento en resistencia de los patinadores. Además pueden estar influidos por la experiencia previa del sujeto al test y al ergómetro utilizando para evaluar su potencia aeróbica máxima (Glassford y col., 1965).

Uno de los mayores valores de consumo máximo de oxígeno encontrados en la literatura entre diversos tipos de ejercicios corresponde al tapiz rodante con una inclinación de 3° al compararlo con el cicloergómetro (Hermansen y Saltin, 1969; Pechar y col., 1974; Shepard, 1984), utilizado simultáneamente con brazos y piernas (Astrand, 1961) y con la natación (Holmer, 1979). Muchos estudios fisiológicos demuestran que el consumo máximo de oxígeno está fuertemente influenciado por el tipo de ejercicio utilizado (McArdle y col., 2004; Daub y col., 1983; Saltin y col., 1976; Pechar y col., 1974).

El tipo de actividad física específica del sujeto en relación a la modalidad de ejercicio utilizado en el test es un importante factor para valorar la magnitud del consumo máximo de oxígeno (Wilmore y Costill, 2004; Daub y col., 1983; Pechar y col., 1974;). El entrenamiento de grupos musculares específicos puede incrementar el consumo máximo de oxígeno, al facilitar el transporte de oxígeno e incrementar la actividad enzimática de las fibras musculares (Saltin y col., 1976).

Verstapen y col., (1982) han observado que los ciclistas profesionales alcanzan iguales consumos máximos de oxígeno en cicloergómetro y en tapiz rodante. Stromme y col., (1977) encuentran que en pruebas efectuadas en esquí de fondo, remo, ciclismo y en carrera, los valores de consumo máximo de oxígeno en deportistas específicamente entrenados son de 3 a 12% mayores en su actividad deportiva específica que corriendo en tapiz rodante inclinado. Sin embargo, tres estudios llevados a cabo con patinadores de velocidad específicamente entrenados demuestran lo contrario: Ekblom y col., (1967) estimaron un 15% mayor el consumo de oxígeno en tapiz rodante en comparación con el patinaje de velocidad; Ingen Schenau y col., (1983) y Kandou y col., (1987), obtuvieron un 7.8% y un 6.1% mayor consumo de oxígeno, respectivamente, en cicloergómetro que en patinaje de velocidad. Estos resultados parecen indicar que el consumo máximo de oxígeno en patinaje de velocidad sobre hielo es inferior que en tapiz rodante y en cicloergómetro.

1.2.1.2 Metabolismo Anaeróbico

El estudio de la capacidad máxima muscular para generar potencia en ejercicios dinámicos de corta duración (potencia anaeróbica máxima) ha sido bastante descuidado en comparación a los procesos aeróbicos. Actualmente, no es posible realizar una medición directa de la contribución del metabolismo anaeróbico. Sin embargo, una indicación indirecta puede obtenerse a través de la concentración del lactato sanguíneo, aunque es necesario tener precaución al utilizar estos datos para la valoración del metabolismo muscular (Brooks, 1985).

Como es bien conocido, la concentración de lactato sanguíneo, es el balance neto de los mecanismos de producción, transporte y eliminación. Por consiguiente, la concentración de lactato en sangre proporciona una información parcial acerca de la tasa de producción de lactato en el músculo.

También es conocido como el acumulo de lactato sanguíneo puede influir incrementando el cociente respiratorio (RQ) y en el equivalente ventilatorio (VE/V_{O_2}) (Farrel y col., 1979; Wasserman y col., 1973). La combinación de estos factores se utiliza para indicar el inicio de la producción de energía anaeróbica.

Algunos autores han valorado la producción de la potencia anaeróbica utilizando un test de carrera en escalera (Margaria y col., 1966) y en cicloergómetro (Bar-or y col., 1980). En relación al test en cicloergómetro, De Groot y col. (1985) muestran cómo las diferencias de la marca en patinaje, en una prueba de 500 m. y 1500 m. pueden ser atribuidas en más de un 60% a las diferencias en la potencia anaeróbica en cicloergómetro y a la frecuencia de zancada.

Ingen Schenau y col. (1983) utilizan el coeficiente entre la producción de potencia media y el equivalente de energía aeróbico (P_o/V_{O_2}) expresado en porcentaje, como otro indicador de la contribución relativa de la potencia anaeróbica. Muestra valores por encima del 20% en patinadores de élite. Dicho coeficiente parece indicar que el rendimiento en patinaje de velocidad también está relacionado con el nivel de fuerza que representa en anaerobiosis. Por tanto, el patinaje de velocidad parece tener una significativa contribución del metabolismo anaeróbico en las pruebas de corta duración (Di Prampero y col., 1976; De Groot y col., 1985).

1.2.3. Importancia de su valoración

Fox & Mathews (1984) establecen 5 grandes campos de adaptación de la bioenergética al ejercicio físico en los que la cuantificación de la energía gastada es importante para mejorar el rendimiento deportivo y para mantener buenos niveles de salud:

- Nutrición y rendimiento. Ligado a programas de nutrición y rendimiento donde se adecua el aporte energético al gasto energético. También incluyen ayudas o fármacos que mejoran distintas cualidades físicas.
- Prevención de la fatiga. Conociendo las características del metabolismo que requiere una actividad física o deporte se puede prevenir y demorar la fatiga además de favorecer la recuperación.
- Control de peso corporal. El peso corporal como resultado del equilibrio entre la ingesta y el gasto energético puede ser controlado al conocer este último.
- Especificidad de los programas de entrenamiento. Al conocer los requerimientos energéticos del deporte o actividad física y las características y cualidades musculares y metabólicas del individuo se puede orientar a este en su entrenamiento hacia aquellos deportes que más se adecuan a sus características para que alcance mayor rendimiento.
- Control del equilibrio térmico: Durante la realización de ejercicio físico.

1.2.4. Métodos de Evaluación de la Energía Gastada: calorimetría Indirecta

Este método asume que todo el metabolismo energético del cuerpo depende finalmente del uso del O_2 . Por lo tanto si se mide dicho O_2 se puede obtener una evaluación indirecta de aquél (McArdle, y cols., 2004). Es por ello por lo que es necesario el análisis del intercambio gaseoso en la respiración, midiendo el volumen de la respiración y la concentración de los gases respirados.

A partir de dicho análisis se conoce la relación producción de dióxido de carbono (VCO_2) / consumo de oxígeno (VO_2), llamada cociente respiratorio (QR). Este QR varía dependiendo del sustrato energético metabolizado

(Hidratos de carbono, grasas o proteínas) (Rodríguez Guisado, F.A. y Aragonés Clemente, M.T., 1992). En función del QR se calcula el equivalente energético para el O₂ (Número de kilocalorías obtenidas a partir de la utilización de 1 litro de O₂) (Zavala, D.C., 1989). De esta forma se determina la energía gastada.

Este método sirve en situaciones en que el ejercicio se realiza en condiciones de equilibrio estable y submáximo ya que el CO₂ eliminado procede fundamentalmente de la oxidación de los principios inmediatos. Sin embargo cuando el ejercicio es máximo, dichos valores se distorsionan, pues el CO₂ eliminado procede además del bicarbonato empleado para el tamponamiento de las cargas ácidas. En situaciones de hiperventilación y acidosis metabólica estos valores se distorsionan (Terrados, N., 1992)

1.3 CONSUMO DE OXIGENO Y FRECUENCIA CARDIACA

1.3.1 Consumo de Oxígeno

El consumo de oxígeno (VO₂) se define como el “volumen de oxígeno que un individuo puede extraer de la atmósfera y/o utilizar por unidad de tiempo”. (Villegas García J.A y cols, 1999). La abreviatura es VO₂; donde V es el símbolo del volumen (la palabra consumo implica una diferencia entre el volumen de oxígeno que entra en los pulmones y el que sale); O₂ se refiere al oxígeno y el punto sobre la V significa “por unidad de tiempo”, habitualmente por minuto. (Bower, R. y Fox, L., 1997).

El VO₂ se determina por la siguiente fórmula:

$$VO_2 = VE * [O_2 \text{ inspirado }] - VE * [O_2 \text{ espirado }]$$

Donde: VE = Ventilación

O₂ inspirado = Concentración de O₂ en el aire inspirado.

O₂ espirado = Concentración de O₂ en el aire espirado.

Las unidades de medida, más frecuentes, en las que puede expresarse el VO_2 son:

$$\begin{aligned} \text{l / min} &= \text{l} * \text{min}^{-1} \\ \text{ml / Kg} * \text{min} &= \text{ml} * \text{Kg}^{-1} * \text{min}^{-1} \\ \text{ml / Kg masa muscular} * \text{min} &= \text{ml} * \text{Kg masa muscular}^{-1} * \text{min}^{-1} \end{aligned}$$

Las utilización adecuada del O_2 en la célula depende de la interacción de todos y cada uno de los eslabones que intervienen en la cadena de transferencia de este gas desde la atmósfera hasta la mitocondria: 1) función pulmonar, 2) transporte de O_2 y CO_2 en la sangre, 3) condiciones hemodinámicas, 4) intercambio de O_2 en el capilar tisular, y 5) respiración celular (Roca, J. y Agusti, A.G.N. y cols., 1989).

En cuanto al VO_2 máx., existen dos posiciones claramente diferenciadas sobre cuál o cuáles son los factores que limitan esta producción máxima de energía. Por una parte, aquellos que creen que el VO_2 máx., estaría limitado por factores metabólicos musculares, más específicamente por la capacidad oxidativa de las mitocondrias y, por tanto, sería independiente del aporte de O_2 u otros nutrientes. La posición alternativa estaría formada por los que consideran que el aporte sanguíneo de O_2 , definido como el producto del contenido de O_2 de la sangre arterial y el gasto cardíaco, sería el factor determinante del VO_2 máx.

1.3.1.1 Importancia y Utilidad

El factor determinante que aumenta la producción de energía por encima de los niveles basales, es la actividad muscular, siendo este incremento unas 50 veces en los procesos oxidativos (Astrand, P. O. y Rodahl, K., 1992). El volumen de O_2 extraído de la atmósfera por minuto varía de unos 200 ml / min. a 5 o 6 litros / min.

La evaluación, mediante pruebas funcionales, de la máxima capacidad de extracción de O_2 de la atmósfera, han tomado una amplia aplicación tanto

en el campo médico como deportivo, tanto por el valor diagnóstico de enfermedad, y cuantificación de salud, ya que se sabe que una anormalidad orgánica o funcional, se mostrará de forma más clara cuando el órgano o función, esté sometida a un estrés funcional (Astrand, P. O. y Rodahl, K., 1992).

La capacidad de un individuo para practicar trabajo muscular durante unos minutos o períodos más largos de tiempo dependerá necesariamente de su capacidad para transportar O_2 desde el aire hasta las mitocondrias: el O_2 es la clave de las grandes reservas de energía. Cuanto más elevado sea el VO_2 máx, mayor será la cantidad de energía producida.

1.3.2 Ventilación Durante el Ejercicio

Los cambios en la ventilación pulmonar observados durante la transición del reposo al ejercicio de intensidad submáxima, realizado a velocidad constante (por debajo del umbral de inicio de la acumulación láctica), es un aumento rápido. Después de esta fase rápida, es seguida de un reajuste más lento, hasta alcanzar una meseta en que se obtiene un valor que recibe el nombre de " estado estable " (Dejours, 1964).

Las presiones arteriales parciales de O_2 y CO_2 apenas se modifican durante este tipo de ejercicio. Sin embargo, antes de alcanzar ese estado estable de las presiones arteriales de O_2 y CO_2 (PaO_2 y $PaCO_2$), durante la fase de transición reposo-ejercicio, hacen que la PaO_2 tiende a bajar mientras que $PaCO_2$ aumenta. (Davis y cols, 1997; Davis, 1985).

Un mismo ejercicio, como el descrito anteriormente, realizado en condiciones favorables, en un ambiente fresco y sin humedad, (19 °C y 45 % de humedad relativa) tiene consecuencias distintas sobre las respuestas ventilatorias, si se compara con un mismo ejercicio realizado en ambiente cálido y húmedo (30 °C y 85 % de humedad relativa). En el segundo caso, la ventilación tiende a aumentar debido al aumento de la temperatura interna, que

actuará sobre el hipotálamo que informará a los centros de control respiratorio (Powers y cols., 1982). Aunque la ventilación sea superior, el valor de la presión parcial de CO₂ no difiere entre ambas condiciones de ejercicio. Esta estabilidad sugiere que el aumento de la ventilación observada durante el ejercicio en ambiente cálido y húmedo se debe al aumento de la frecuencia respiratoria y del espacio muerto ventilado (Demsey, 1986). Este tipo de respiración recuerda a los perros, que al no poder transpirar no eliminan el calor endógeno mediante la evaporación del sudor. Por eso lo eliminan por la boca, mediante la hiperventilación.

1.3.3 Frecuencia cardiaca (FC)

El conocimiento del comportamiento de la FC (lat./min.) es importante por su utilidad práctica como un índice de intensidad fisiológica para dosificar el ejercicio y para la determinación del umbral anaeróbico. (Roseguini, B. y cols, 2007; Friedmann B. y cols, 2005; Martinelli, F., 2005). En reposo los valores normales de la población en general es en torno a los 60 – 70 lat./min., mientras que en sujetos entrenados llega a ser del orden de 40 lat./ min. (Ellestad, M.H., 1987).

La FC máxima (FCmáx), está influenciada por diferentes factores como el tipo de entrenamiento... pero sin duda el factor más importante es la edad. De tal forma que la FCmáx. disminuye con el aumento de la edad. Para el cálculo de la FCmáx. según la edad, en sujetos adultos, puede utilizarse la formula (Astrand, P.O. y Rodahl, K., 1992):

$$FC \text{ máx. (ppm) } = 220 - \text{edad (años)} \pm 5$$

La interacción entre el metabolismo muscular y la frecuencia cardiaca siempre ha tenido una importancia destacada en relación con diversas medidas de valoración del rendimiento y de dirección del entrenamiento.

Uno de los métodos conocidos y bien establecidos para conocer estos aspectos es la utilización del test de Conconi (1982, 1996). En el test de

Conconi tiene lugar un aumento gradual de la carga, y al final de cada etapa se mide la frecuencia cardíaca en ese instante. Por lo general se observa que en un primer momento la frecuencia cardíaca aumenta de forma lineal junto con el rendimiento. En esta fase de la carga, el aumento de las necesidades energéticas se cubre fundamentalmente con los procesos de transformación del oxígeno y la satisfacción de esta mayor necesidad de oxígeno se garantiza mediante un aumento del volumen cardíaco minuto, producido por un incremento de la frecuencia cardíaca. Ahora bien, a menudo se observa que la trayectoria constante entre rendimiento y frecuencia cardíaca sufre una quiebra en el ámbito superior de la carga; es decir el punto de inflexión. Esta inflexión aparece cuando ni el transporte de oxígeno a través del sistema cardiocirculatorio ni la transformación de este oxígeno en la célula muscular pueden aumentar en la misma medida en que lo hace el rendimiento. Entonces se produce una compensación en el suministro energético mediante una multiplicación de la síntesis del lactato, la cual descarga en cierta medida al corazón. (Lehnertz, 1989; Conconi y cols, 1982; 1996).

Esta ruptura de la linealidad es al menos en parte explicada por la utilización preferente del metabolismo anaeróbico, pasando a demandas de menos cantidad de O₂ relativamente, así el corazón disminuirá su frecuencia cardíaca (FC). Conconi y cols (1982; 1996) afirman que la relación de velocidad y frecuencia cardíaca y el punto de deflexión se modifican mediante el entrenamiento, desentrenamiento o enfermedad. La repetición del test en el mismo sujeto y en las mismas condiciones tiene altas correlaciones ($r = 0,99$), según los autores tienen una gran reproducibilidad.

1.3.3.1 Frecuencia Cardíaca durante el Esfuerzo Físico

La FC, en general, como elemento determinante del gasto cardíaco, aumenta cuando aumenta el gasto cardíaco como consecuencia de un incremento del ejercicio físico. Durante los primeros segundos del ejercicio físico se ha descrito un interesante efecto " en dientes de sierra " de la FC, lo que indica que el sistema nervioso autónomo " esta buscando " el equilibrio

apropiado (Fagraeus, L. Y Linnarsson, D., 1976). Posteriormente, la FC aumenta de forma lineal con el aumento del ejercicio; esto ocurre a cargas de trabajo bajas. Pero este aumento tiende a disminuir en valores cercanos al VO_2 máx, cuando las cargas son submáximas o máximas, ocurriendo así un punto de ruptura en la linealidad que afirman que este punto de ruptura ocurre entre el 88 y el 91% de la $FC_{máx}$. (Lacour, J.R.; Padilla, S.; Denis, C., 1988). López Calbet, J.A. y cols. (1995).

Algunos autores consideran que el punto de ruptura coincide con el umbral anaeróbico (UA) (Conconi, F. y cols., 1982; Conconi, y cols., 1996). Sin embargo, es un tema cuestionado por muchos autores, argumentando que tal punto no existe sino que su hipotética aparición se debe a una disminución de la intensidad de trabajo provocada por la sensación de cansancio a intensidades altas (López Chicharro, J y Legido Arce, J.C., 1991).

Posteriormente se produce la reducción de la FC hasta valores de reposo. Según Saris, W.H.M., 1986, esta vuelta a la calma se produce más tarde que la vuelta a la calma del VO_2 (Eston, R., Rowlands, A., Ingledew, D., 1998).

1.3.3.2. Control de la Frecuencia Cardíaca en Ejercicio de Intensidad Creciente

La respuesta cardiovascular ante un ejercicio por etapas de potencia, que aumenta de manera progresiva (incrementada), provoca que la frecuencia cardíaca aumenta de manera lineal en función de la potencia del ejercicio, al igual que el consumo de oxígeno. Por lo tanto, existe una relación lineal entre el consumo de oxígeno, la potencia del ejercicio y la frecuencia cardíaca, y ello hasta el límite máximo de la frecuencia cardíaca y del consumo de oxígeno a sus valores máximos de $FC_{máx}$. y VO_2 máx. Sin embargo, en la actualidad, se cuestiona esta linealidad de la relación FC - VO_2 (Garatachea y cols., 2003; Garactachea y cols., 2002; Gaesser y Poole, 1996).

Estas relaciones de proporcionalidad se utilizan frecuentemente para calcular el consumo máximo de oxígeno, a partir de test submáximos en los que se media la frecuencia cardiaca. De esta manera, la prueba indirecta de la medida del consumo máximo de oxígeno extrapola, a partir de dos o tres valores de frecuencias cardiacas y de potencias submáximas, el valor del consumo máximo de oxígeno correspondiente a la frecuencia cardiaca máxima teórica. Así el débito cardiaco y la frecuencia cardiaca alcanzan una meseta al 100 % del VO_2 máx. Este punto determina un límite máximo para el transporte de oxígeno hacia los músculos esqueléticos y el límite máximo del consumo de oxígeno. El aumento del débito cardiaco durante un ejercicio que aumente de manera progresiva es posible gracias a la disminución de las resistencias periféricas, a la circulación de la sangre y gracias al aumento de la presión arterial media. La elevación de la presión arterial media durante el ejercicio de potencia incrementada se debe al aumento de la presión sistólica, puesto que la presión diastólica permanece casi constante mientras dura el ejercicio progresivo. (Convertino VA., 2007; Stickland M., y cols., 2006; Williams J., y cols., 2005).

1.3.3.3 Frecuencia Cardiaca y Ejercicios Intermitentes

En ejercicios discontinuos donde se desarrollan entrenamientos con alternancia de intensidades, la disminución de la frecuencia cardiaca durante el período de recuperación depende de la condición física del sujeto. Al igual, la evolución de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio depende de estas intensidades.

Durante intervalos de 15 segundos realizados al 100 % de la velocidad asociada al VO_2 máx ($v\text{VO}_2$ máx), alternados con 15 segundos corridos al 40 – 50 % de $v\text{VO}_2$ máx., elevarán la frecuencia cardiaca a su valor máximo desde la 5ª repetición y hasta el final de la sesión. Por lo tanto, desde la perspectiva de la mejora del débito cardiaco máximo, se puede considerar que este tipo de entrenamiento intermitente es eficaz, puesto que se evita la acumulación de ácido láctico. Y para aumentar la capacidad láctica, la velocidad de la carrera

deberá ser superior al 110 % de $v\text{VO}_2$ máx (Velocidad mínima que solicita el VO_2 máx) y la duración del trabajo del orden de 45 segundos a 1 minuto (donde la glucólisis es el metabolismo más utilizado). (Lemmink K., y cols., 2004; Billat LV., 2001-a, 2001-b)

En este caso, la recuperación es pasiva (en movimiento o inmóvil), la frecuencia cardíaca recupera su valor próximo a 90 – 100 lat/min, el corazón no consume el ácido láctico acumulado durante la repetición a alta velocidad. De hecho, una de las ventajas de la recuperación activa es que el miocardio permanece en actividad para una frecuencia cardíaca de 120 – 130 lat/min (Villerius V., 2008; Borresen J. y col., 2007; Laursen PB, y cols., 2002).

Ahora bien, hay que precisar que el miocardio es un músculo de tipo lento y que una de sus particularidades es tener isoenzimas de lactodeshidrogenasa (LHD), las isoenzimas LDH-H (H de heart), que favorecen la oxidación del ácido láctico en ácido pirúvico, mientras que la isoenzima LDH-M (M de muscle) favorece la reducción del ácido pirúvico en ácido láctico. (Duncker DJ. y col., 2008).

1.3.3.4 Frecuencia Cardíaca y Ejercicio Prolongado

Durante un ejercicio de larga duración (1 hora o más), por lo tanto, realizado a una intensidad inferior a la del inicio de acumulación láctico, el débito cardíaco es estable. Sin embargo, el volumen de eyección sistólico disminuye en relación al aumento de la temperatura interna del cuerpo (40 °C al final de un maratón corrido a 25 °C es una temperatura que se observa comúnmente en los corredores). Este aumento de la temperatura interna provoca la desviación del débito sanguíneo hacia la piel además del descenso del volumen plasmático, debido a la deshidratación. (Watson G., y cols., 2005; Ashkenazi I. y col., 1998).

Este proceso contribuye a disminuir el retorno venoso hacia el corazón, lo que sin duda reducirá el volumen de eyección sistólico. Para hacer frente a la demanda metabólica, que no disminuye en el transcurso de una prueba a igual

velocidad, el débito cardiaco se mantiene constante gracias al aumento de la frecuencia cardiaca. Por lo tanto, una carrera que requiere un débito cardiaco de 15 l/min., durante 1 hora 30 minutos, con una frecuencia cardiaca de 130 lat/min, en el minuto 30 (con un volumen de eyección sistólico de 115 ml/lat), siempre terminará con el mismo débito cardiaco de 15 l/min, pero con una frecuencia cardiaca de 160 lat/min y un volumen de eyección sistólico igual a 93 ml/lat (Duncker DJ. y cols., 2008). A menudo, una maratón se termina a una frecuencia cardiaca cercana a la frecuencia cardiaca máxima (FC máx.), mientras que la velocidad no es más que del 75 – 80 % de $v\text{VO}_2$ máx., en los dos últimos kilómetros, salvo para los deportistas de muy alto nivel, que llevan a conservar su velocidad de carrera a lo largo de toda la prueba (pero hay que señalar que no corren "más que" 2 horas 7 minutos, frente a 3 horas, o más, para el corredor aficionado). (Legaz Arrese A., y cols., 2006; Kyröläinen H., y cols., 2000).

De cualquier manera, la frecuencia cardiaca da una información fiable de la intensidad relativa del ejercicio, para los ejercicios de al menos 2 minutos (duración mínima para la cual la frecuencia cardiaca es el reflejo del metabolismo aeróbico). De acuerdo a Aunola y cols. (1978), en Karvonen y Vuorimaa (1988), existe una gran correlación entre los valores relativos de frecuencia cardiaca y del consumo de oxígeno, para los ejercicios de intensidad moderada. Para los ejercicios de intensidad superior (lactacidemia \geq a 4 mmol/l), la frecuencia cardiaca relativa en atletas entrenados en resistencia, con un umbral láctico por encima del 80 % del VO_2 máx., la frecuencia cardiaca se sitúa en el umbral al 87 % de FC máx. (Karvonen, 1983).

1.4. LAS INTENSIDADES PARA EL ENTRENAMIENTO

El corazón es una bomba que envía la sangre a una frecuencia o ritmo que varía de acuerdo al tipo de actividad que la persona tenga en un momento determinado. Por ejemplo, durante el sueño, la actividad física es casi 0 y el corazón trabaja a la menor frecuencia y, durante el ejercicio físico, esta frecuencia cardiaca aumenta proporcional al esfuerzo como hemos comentado

para garantizar la presencia de sangre oxigenada en los músculos que están trabajando.

A la hora de comenzar un plan de entrenamiento se debe asegurar de que el sujeto está trabajando al nivel de intensidad correcto con respecto a su nivel de condición física y su edad.

En la Figura 3 muestra una clasificación de la intensidad aproximada con que se puede ejercitar para no correr riesgos de acuerdo a nuestra Frecuencia Cardíaca Máxima. Para averiguar cuál es la zona que conviene utilizar en el entrenamiento, existen varias fórmulas. Una de ellas es como muestra la figura 3, trasladando el rango de la edad en el eje horizontal (abscisas) y observar los límites de entrenamiento en el eje vertical (ordenadas). (Volkov, V. y Filin, V. 1989; Barrios, J. y Ranzola, A., 1995; García, M., 1996; Hernández, J. 2002). La actividad que realice en cualquier sesión de activación debe oscilar entre estos dos límites.



Figura 3. Intensidades de esfuerzo en porcentajes (%) de la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx)

Se debe controlar el trabajo del corazón en la actividad deportiva contando los latidos cardíacos durante 1 minuto o con pulsómetros los cuales registran la frecuencia cardíaca con bastante exactitud, para posteriormente calcular la FC máx. (Suzuki S., y cols., 2008; Südkamp M., y cols., 2005). Este control de las pulsaciones nos previene ejecutar un esfuerzo físico que exceda

nuestra capacidad cardiaca. De acuerdo a la intensidad del trabajo que se debe realizar en la sesión de entrenamiento o el período de preparación en el que se encuentre.

Otra forma de calcular los rangos de pulsaciones de entrenamiento o frecuencia cardiaca de entrenamiento (FCE) es mediante la ecuación de Karkoven. En ella se calcula a partir de la FC máx., la frecuencia cardiaca de reposo (FCR) y los porcentajes de esfuerzo al que se desea trabajar. De esta manera, si queremos trabajar en una de las cinco zonas de trabajo-entrenamiento, habremos de aplicar dos veces la fórmula de Karkoven, una primera para calcular el valor de pulsaciones que necesitamos para el % de esfuerzo de la banda superior de la zona deseada y otra para el % de esfuerzo de la banda inferior.

La siguiente formula (Ecuación de Karkoven) calcula dichos rangos de la Frecuencia cardiaca de entrenamiento (FCE) en función de la frecuencia cardiaca de reserva (FCR):

$$FCE. = [(FCmáx. - FCR) \times \% \text{ de esfuerzo}] + FCR$$

Tabla 2. Formula Karkoven para calcular la frecuencia cardiaca (FC) de entrenamiento.

1.4.1. Zona Aeróbica

El entrenamiento en la zona aeróbica aporta los mayores beneficios para el sistema cardiorrespiratorio. La zona aeróbica es la zona estándar de entrenamiento. Al 70%-80% de la FC máx., se producen rápidas adaptaciones y mejoras de la velocidad en los esfuerzos de tipo cíclico (carrera a pie, ciclismo, natación, etc.). Si se desea aumentar la capacidad aeróbica, ésta es la principal zona de entrenamiento (Passelergue PA., y cols., 2006; Friedmann B, y cols., 2005; Morris JN., y col., 1997; Conconi F., y cols., 1996). A esta

intensidad la percepción del esfuerzo comienza a dejar de ser agradable y aunque no es una zona dolorosa de entrenamiento como puede ser la zona de umbral anaeróbico o la zona de máxima intensidad se nota el esfuerzo que se realiza.

1.4.2. Zona de umbral anaeróbico

A este nivel se entrena cerca del punto donde el entrenamiento aeróbico se convierte en entrenamiento anaeróbico. En algún punto dentro de esta zona, desde el 80% al 90% de la FC máx. se entrenará en o cerca del umbral anaeróbico. Cuando se entrena dentro de este rango, el beneficio principal es aumentar la capacidad del cuerpo para metabolizar ácido láctico, permitiéndole entrenar más fuerte sintiendo el dolor de la acumulación de lactato y falta de oxígeno. (Plato PA., y cols., 2008; Roseguini BT., y cols., 2007; Dumke CL, y cols., 2006).

La percepción de la intensidad de este nivel, se diría que es “dura” (Joseph T., y cols., 2008; Eston R, y cols., 2007; Garcin M., y cols., 2004). Se siente el esfuerzo (músculos cansados, fatiga, etc.). Si se mantiene el ritmo necesario para permanecer en la zona, tendrán lugar efectos de entrenamiento y podrá sostener más trabajo durante períodos más largos de tiempo y a niveles más bajos de ritmo cardíaco. Sin embargo, requiere de un buen control de las fases de recuperación.

La duración de una sesión de este tipo puede oscilar entre 20 y 25 minutos para la carrera y la natación y el doble para ciclismo, incluyendo las fases de intensidad más alta y más baja del entrenamiento propuesto (Ponorac N., y cols., 2007; Gros Lambert A., y cols., 2004). En el caso de que la recuperación sea a intensidades menores de las 10 pulsaciones sobre la frecuencia cardíaca de los 5 Km. el sistema de entrenamiento entraría en la definición de entrenamiento interválico. La duración sería similar. (Laursen PB., y cols., 2002).

1. 5 CAPACIDAD ANAERÓBICA

Según sugiere Green S., 1994, la capacidad anaeróbica se define como “la cantidad máxima de ATP resintetizada por el metabolismo anaeróbico (de la totalidad del organismo) durante un tipo específico de esfuerzo máximo, de corta duración”. Siempre será condición indispensable que el ejercicio produzca el agotamiento en poco tiempo.

Según este mismo autor, se debería diferenciar entre capacidad anaeróbica y capacidad de trabajo anaeróbico (término introducido por Maison y Broeker en 1941). Esta habría que definirla como la cantidad total de trabajo mecánico externo, efectuado durante un tipo específico de ejercicio extenuante, de suficiente duración como para requerir un aporte de ATP máximo (o casi máximo) por parte del metabolismo anaeróbico, siempre y cuando el suministro de ATP por parte de esta vía, sea superior al suministro de ATP por parte del metabolismo aeróbico.

Clásicamente se han distinguido dos tipos de capacidad anaeróbica. La denominada “capacidad anaeróbica aláctica”, es decir, la cantidad total de ATP que puede ser resintetizado por procesos metabólicos y sin producción de lactato; y la “capacidad anaeróbica láctica”, cantidad total de ATP que puede resintetizar la vía glucolítica en un esfuerzo de máxima intensidad hasta el agotamiento. Esta división es un tanto artificiosa ya que incluso durante el esfuerzo máximo de muy corta duración la contribución de la glucólisis al metabolismo energético alcanza proporciones considerables.

También se puede hablar de otro concepto, la “potencia anaeróbica”. La utilización de la palabra potencia implica incluir la variable tiempo con lo cual estaremos hablando de la velocidad máxima a la cual el metabolismo anaeróbico puede resintetizar ATP, durante un esfuerzo máximo de corta duración (Green S, 1994).

1. 5.1 Importancia de la Estimación de la Capacidad Anaeróbica

Este sistema y la comprensión de su funcionamiento son muy importantes puesto que en ejercicios anaeróbicos la principal fuente de energía se obtiene por vía anaeróbica. Los mejores deportistas han de tener una gran capacidad anaeróbica y conseguir liberar más energía (Friedmann B., y cols., 2007).

Las medidas del laboratorio para estimar las capacidades anaeróbicas han incluido la valoración del trifosfato de adenosina (ATP), de la fosfocreatina (CP), del glucógeno muscular y de los niveles de lactato (Vergès S., y cols., 2006; Larsson P., y cols., 2002). Para evitar técnicas invasivas, se pueden utilizar pruebas de esfuerzo con test, como el de Medbö, y determinar esta capacidad por medio de métodos indirectos como es el caso del MAOD (Déficit Máximo Acumulado de Oxígeno), y de esta manera determinar la capacidad anaeróbica y poderla valorar. (Minahan C., y col., 2008; Ozyener F., y cols., 2003).

Medbö y Burgers (1990) realizaron estudios sobre la posibilidad de que esta capacidad fuese entrenable y demostraron que tras 6 semanas de entrenamiento anaeróbico se conseguía un aumento del 10% en el MAOD. López Calbet y cols (1993) apoyan esta teoría y afirman que es sensible al entrenamiento y al desentrenamiento puesto que comprobaron como tras 6 meses de entrenamientos y competiciones el MAOD disminuyó a $53,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

Como argumento a todas las objeciones de la utilización del déficit de oxígeno máximo como medida de la capacidad anaerobia, se ha propuesto que es el único método disponible para uso común, siendo pues, una capacidad y no un valor instantáneo. La mayoría de los científicos consideran que el test de MAOD, al menos desde el punto de vista teórico, constituye el mejor procedimiento de que se dispone en la actualidad para valorar la capacidad anaeróbica (Saltin, 1990; Medbö, 1996).

1. 5.2 Cómo se mide la Potencia y la Capacidad Anaeróbica

No se dispone de un método aceptado universalmente para medir la capacidad anaeróbica pero sí existen varios métodos que nos llevan a una estimación aproximada (Van Schuylenbergh R., y cols., 2004; Bourgois J., y cols., 2004; Bourgois J., y col, 1998. Bourgois J., y col., 1998). Frecuentemente se recurre a mediciones del ácido láctico plasmático después de pruebas máximas. En este tipo de mediciones nos encontramos con dificultades como identificar el momento en que se alcanza el equilibrio entre la concentración de lactato muscular y plasmático, la variabilidad del espacio de dilución del lactato o el hecho de que el lactato tiene una gran capacidad de resíntesis.(Bosquet L., y cols., 2001; Baldari C., y col., 2000).

Hace mucho tiempo que se demostró que la deuda de oxígeno acumulada durante el ejercicio se paga durante la recuperación (Saltin B, 1989) por lo que se propuso valorar la capacidad anaeróbica mediante la estimación de la cantidad de oxígeno consumido en la recuperación en exceso respecto al valor precedente al ejercicio (valor basal). Como inconvenientes se puede decir que se necesita una mayor cantidad de energía para la resíntesis de la glucosa (glucógeno) a partir del lactato respecto a la que se libera cuando esto se produce, además de que una cantidad desconocida de lactato se oxida y no aparece como consumo "extra" de oxígeno. Pero además hay otros factores y no solo el lactato, los que aumentan el consumo de oxígeno en la recuperación. (Ahmadi S., y cols., 2008; McConnell AK., y col., 2004; Xu F., y col., 1999).

El déficit acumulado del oxígeno, término introducido por primera vez por Krogh y Lindhard en 1920, es la medida más exacta disponible para cuantificar la energía anaerobia liberada durante una carrera en un tapiz rodante y durante un trabajo en bicicleta. Este principio puede permitir la estimación de la capacidad anaerobia, tomada como el déficit acumulado máximo del oxígeno durante períodos de tiempo breves de ejercicio exhaustivo. La medida del MAOD, según lo propuesto por Medbö, implica el establecimiento de una relación lineal entre el VO_2 y la intensidad del ejercicio, a intensidades

submáximas. Usando esta relación, se extrapola la demanda de oxígeno para una intensidad supramáxima de ejercicio. El déficit acumulado del oxígeno entonces se determina como la diferencia entre la demanda calculada y el consumo de oxígeno real.

Los métodos para la estimación de la potencia y la capacidad anaeróbica los podemos agrupar en dos: a) directos (biopsias musculares o espectroscopia de resonancia magnéticas; MRS) y b) indirectos (estudio de parámetros bioquímicos como el ácido láctico, medición de gases calculando el déficit y la deuda de oxígeno, y la estimación de la potencia máxima desarrollada en un test de esfuerzo). (Svanishvili R., y cols., 2009; Lucía A., y cols., 2006).

1.6 UMBRALES VENTILATORIO, LACTICO Y RESISTENCIA

Para completar la evaluación del potencial energético aeróbico, es importante conocer a partir de qué fracción del consumo máximo de oxígeno el deportista comienza a acumular ácido láctico. Es el corolario de un flujo glucolítico que supera las posibilidades de la fosforilación oxidativa del deportista y le obliga a hacerse cargo de los iones H^+ producidos por la glucólisis, mediante el ácido pirúvico, que será reducido a ácido láctico. (Plato PA., y cols., 2008; Van Schuylenbergh R., y cols., 2004; Lucía A., y cols., 2000).

Los métodos de evaluación de los umbrales de velocidad y del porcentaje de consumo máximo de oxígeno, para el cual la glucólisis anaeróbica desempeña un papel preponderante en el suministro de energía, con respecto al metabolismo aeróbico, se basan en la medida de la lactacidemia " Umbral láctico " o en el método de los intercambios gaseosos " Umbral ventilatorio ". (Plato PA., y cols., 2008; Dumke CL., y cols., 2006; Kenefick RW., y cols., 2002).

El consumo máximo de oxígeno indica la aptitud del corredor para transportar y utilizar grandes cantidades de oxígeno, favorecer la fosforilación oxidativa, suministra ATP, y permitir la transformación de energía potencial química en energía mecánica en los músculos, que son los agentes del movimiento. Sin embargo, en el corredor de fondo, el VO_2 máx no permite designar al vencedor de una competición oponiendo corredores del mismo nivel de marca (tiempo a una distancia superior a 5000 m.). Por lo tanto, la capacidad para utilizar un importante porcentaje de VO_2 máx, sin acumular lactato, es fundamental para sostener una potencia elevada en distancias largas. Asimismo, una economía de carrera pequeña determina también la marca final.

A la inversa, dos corredores cuyo VO_2 máx es similar, no tendrán forzosamente la misma marca en distancias largas. Costill (1976) sostiene que un corredor de maratón que posea "únicamente" un VO_2 máx de $69,7 \text{ ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$, pero capaz de utilizar el 86 % en los 42,195 km, podría rivalizar con las mejores marcas en maratón. En maratón, la velocidad es ligeramente inferior a la velocidad máxima no acumulación láctica. Existen otras limitaciones distintas a la acumulación de lactato, tales como la depleción de glucógeno y la hipertermia, que obligan al corredor a ralentizar su paso. (Billat VL., y cols., 2003; Billat VL., y cols., 2000; Billat, LV., y col., 1996).

Por ejemplo, durante una prueba larga de más de una hora, la necesidad de irrigar los territorios periféricos cutáneos, aptos para disipar el calor (por convección), puede provocar una expoliación del débito sanguíneo de los territorios activos. En este caso, se trata de una limitación de la distribución sanguínea, pero que mejora con el entrenamiento de resistencia.

1.6.1 Umbral de Potencia y Respuestas Fisiológicas

Esos métodos se basan en la observación y detección de puntos de ruptura en la evolución de los parámetros metabólicos ventilatorios (ácido láctico, amoníaco), mediante la observación de la evolución del débito

ventilatorio (VE) en l/min^{-1} , del equivalente ventilatorio (VE/VO_2 para el oxígeno y VE/VCO_2 para el CO_2), del valor del CO_2 espirado (VCO_2) en l/min^{-1} y del cociente respiratorio (VCO_2/VO_2). (Grazzi G., y cols., 2008; Bentley DJ., y col., 2003; Weston SB., y col., 2001).

Incluso a la propia frecuencia cardiaca (FC) se le ha asignado un umbral de deflexión. Considerando la evolución de todos estos parámetros según 3 intensidades características durante una carrera. Con la finalidad de identificar los umbrales anaeróbicos y otros valores para identificar la intensidad máxima a partir de la cual la producción de energía aeróbica se completa y se reemplaza, de manera progresiva, por los mecanismos anaeróbicos (Wasserman, 1984; Wasserman K., y cols., 1994).

- 1- Fase 1. $\text{VO}_2 \leq 40\%$ del VO_2 máx. Se trata de un paso de trote, que aumenta de manera progresiva (hasta 150 pulsaciones por minuto, aproximadamente). Se extrae una mayor cantidad de oxígeno de los tejidos, lo que implica una fracción de oxígeno más pequeña en el aire espirado (FEO_2). Por el contrario, se produce y se espira más CO_2 , puesto que, el oxígeno es el aceptor final del ion H^+ , al final de la cadena respiratorio: FECO_2 aumenta. Hay un aumento lineal del consumo de oxígeno (VO_2), de la ventilación (VE) del volumen de CO_2 espirado ($\text{VCO}_2 = \text{VE} \times \text{FECO}_2$) y de la frecuencia cardiaca. No se forma lactato o apenas, puesto que éste se reoxida muy pronto en las fibras lentas de tipo I y en el miocardio. (Péronnet F., y col., 2006).

El cociente respiratorio (QR) es igual a 0,7 – 0,8 lo que indica una mayor utilización de lípidos que de glúcidos y una mayor intervención únicamente del metabolismo aeróbico. La gran utilización de ácido grasos libres (procedentes de la β oxidación) tiene también un efecto inhibitor sobre la glucólisis, por medio del citrato, que inhibe la oxidación del piruvato y la actividad de dos enzimas glucolíticas: la deshidrogenasa glicerol-3-fosfato y la fosfofructocinasa (Essen, 1978). El resultado de esta inhibición glucolítica, por medio del metabolismo

de los ácidos grasos libres, es la menor producción de lactato y el aumento de su oxidación en piruvato, favorecida por las isoenzimas H-LDH de las fibras de tipo I. (Whipp BJ., 2007).

- 2- Con la aceleración de la velocidad de carrera hasta el 40 – 60 % de $v\text{VO}_2$ máx., el VO_2 y FC aumentan siempre linealmente. La gran utilización de ATP reduce el efecto inhibitor del citrato sobre la actividad de la PFK y mejora la velocidad de la glucólisis. Se añade la actividad de la isoenzima M-LDH de las fibras de tipo II, lo que da lugar al aumento de la producción de lactato y al aumento del débito ventilatorio (VE), para compensar la acidosis metabólica (Tesch y cols., 1986). La acumulación de lactato durante esta fase es de 2 a 4 mmol/l⁻¹. Esta ligera acumulación disminuye la utilización de las grasas y aumenta la utilización de los glúcidos. (Plato PA., y cols., 2008; Dumke CL., y col., 2006)

- 3- Cuando la velocidad aumenta hasta requerir entre 65 y el 90 % del VO_2 máx., el aumento lineal del VO_2 y de la FC continúa hasta la velocidad máxima aeróbica ($v\text{VO}_2$ máx), en que dichos parámetros alcanzan una meseta. Hay que señalar, al respecto, que ciertos autores (Conconi y cols., 1982; 1996) tienen en cuenta un umbral de deflexión de la frecuencia cardiaca que se desviaría ligeramente y abandonaría su progresión lineal en función de la velocidad de carrera. Esta observación sirve de base al test de Conconi. Sin embargo, si Lacour y cols. (1987) hallan una inflexión en la curva frecuencia cardiaca – velocidad, ésta no correspondería al umbral láctico definido según el método de Farrel (1979), que es la velocidad para la cual la lactacidemia es superior a 1 mmol/l, a concentración media, observada a velocidades inferiores. Encontrando que la diferencia entre los métodos utilizados se basa en las definiciones y los modos de identificación variables de un punto de ruptura láctico, cardiaco (frecuencia) o ventilatorio. (Lepretre PM., y cols., 2005; Bodner ME., y cols., 2002; Garatachea y cols., 2002).

Al principio de esta fase, el lactato sanguíneo es de unos 4 mmol/l (media estadística según Kinderman y cols., 1979). Este valor aumenta más rápidamente, de manera exponencial, hasta que el corredor alcanza su velocidad máxima aeróbica ($v\text{VO}_2$ máx). Por supuesto, más allá de esta velocidad, el aumento de lactato por un débito de aparición muy importante se debe a la activación de la glucólisis anaeróbica, que aporta el excedente de energía necesaria para la aceleración de la velocidad. Esta última se llama supramáxima cuando es superior a la velocidad máxima aeróbica que solicita el VO_2 máx. Entre el 65 y 90 % del VO_2 máx, además de la acumulación del lactato debido a la ruptura del equilibrio entre los débitos de aparición y de desaparición, se observa un aumento acelerado de la ventilación y un aumento continuo de VCO_2 , para intentar compensar la elevada acumulación del lactato sanguíneo. No obstante, en este estadio la hiperventilación ya no puede compensar el aumento del lactato sanguíneo. De manera que se observa el descenso de FECO_2 , mientras que FEO_2 continúa aumentando. (Trümper C., y cols., 2008).

Por otro lado, los músculos respiratorios, que aseguran la hiperventilación, utilizan más oxígeno. Así, una parte del VO_2 no está disponible para los músculos esqueléticos implicados de manera directa en la pisada. Por lo tanto, el inicio de esta tercera fase se caracteriza por un aumento brusco del lactato sanguíneo a partir de 4 ± 2 mmol/l, por una disminución de FECO_2 y por una hiperventilación marcada. Es la que Mac Dougall (1977) utiliza para identificar el umbral anaeróbico (UA). A medida que la intensidad de la carrera aumenta, se reclutan un mayor número de fibras tipo II. Debido al modelo de la isoenzima M-LDH de esas fibras, los niveles de lactato continúan elevándose y provocan la disminución de la actividad suplementaria de la lipólisis.

Sin embargo, la formación de lactato puede aparecer también en presencia de oxígeno, puesto que la glucólisis es rápida. La enzima LDH-M entra en competición con el ciclo de Krebs, por lo que los principales destinos del piruvato son: a) La oxidación en el ciclo tricarboxílico (ciclo de Krebs). b) La

conversión en lactato (reducción por la LDH) y c) La conversión en alanita (por medio de las aminotransferasas).

Al intentar identificar las fases transitorias entre el funcionamiento del músculo en aerobiosis y en anaerobiosis (del 40 al 100 % del VO_2 máx), los investigadores han visto que el entrenamiento de resistencia en esta zona de intensidad retardaba la aparición de la intervención del metabolismo aeróbico. Sin embargo, habría una disociación de los efectos del entrenamiento fraccionado sobre la respuesta ventilatoria y láctica, durante ejercicio de tipo incrementado, mediante aceleraciones progresivas, tres veces por semana durante 8 semanas (Poole y Gaesser, 1985). De esta manera, el entrenamiento intermitente mejoraría más el umbral ventilatorio que el entrenamiento de tipo continuo, pero no tendría efecto sobre el umbral láctico.

En general, todos los métodos y técnicas de detección de los umbrales de ruptura ventilatoria o láctica proceden de protocolos de esfuerzo triangulares, en el transcurso de los cuales la velocidad de carrera se acelera progresivamente cada 30 segundos, 1, 2, 3 o 4 minutos, desde varios metros hasta 2 km/h. La elección de la duración de las etapas y del incremento influye en los resultados (Yoshida, 1984).

1.6.1.1 Umbral anaeróbico

Si el consumo máximo de oxígeno proporciona datos significativos sobre la potencia aeróbica máxima, también es verdad que resulta útil conocer cualquiera que sea el porcentaje de esa potencia máxima que el deportista puede utilizar en rendimientos de larga duración. Del mismo modo, se ha hecho necesario desarrollar un conocimiento adecuado del concepto de umbral anaeróbico. (Okudan N., y col., 2006; López Chicharro J. y cols, 2004; Hollmann W., 2001)

De acuerdo a las diversas definiciones la de mayor realce es la descrita por Wasserman y McIlroy (1964), encontrando la transición aeróbica-

anaeróbica desde un punto de vista práctico y definen por vez primera el “umbral anaeróbico”. Ellos denominaron entonces umbral de metabolismo anaeróbico, a “ la carga de trabajo o consumo de oxígeno (VO_2) a partir de la cual se comienza a instaurar un estado de acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso”.

El término “ umbral anaeróbico ”, expresado por diversos autores con distintos valores y magnitudes, se denomina a menudo el paso entre la producción de energía a través del proceso aeróbico y la producción de energía por vía anaeróbica con producción de lactato. (López Chicharro J., y cols., 2004).

Sin embargo, a nivel metabólico no existe un valor límite propiamente dicho (puesto que en un primer momento no se produce ácido láctico y más allá del límite su producción se hace sólida). En cambio, se produce más bien un aumento progresivo de la actividad anaeróbica (Zona de transición aeróbico – anaeróbica). No obstante, desde el punto de vista práctico, se logra identificar una cierta cantidad de trabajo (umbral anaeróbico) después del cual se produce una acumulación de ácido láctico que lleva rápidamente al agotamiento muscular. (López Chicharro J., y cols., 2004). Si se consigue elevar más esa acumulación con el entrenamiento, se obtiene como contrapartida la posibilidad de mantener durante más tiempo una carga de trabajo más elevada. En la práctica también se puede disfrutar de un mayor porcentaje de trabajo durante periodos más largos sin aumentar el VO_2 .

Se han propuesto diversas metodologías y distintos criterios para identificar el umbral anaeróbico (UA). Algunos se centran en la investigación, por lo que precisan muestras de sangre y análisis sofisticados o aparatos y costosos, como los basados en el valor de la concentración hemática de ácido láctico sobre la variación ventilatoria del CO_2 pero son muy precisos. Otros son de aplicación simple sobre el terreno y de utilidad práctica en el entrenamiento. (Folke M., 2008; McGehee JC., y cols., 2005; Davis y cols., 1997).

En particular se ha extendido en el mundo del entrenamiento el test propuesto por Conconi y colaboradores (1982, 1996), basado en la identificación de un punto en el que se interrumpe la relación lineal que existe entre el aumento de la carga de trabajo (velocidad de carrera o de desplazamiento) y el incremento de la frecuencia cardiaca. El "descenso" que se registra se ha relacionado con otros parámetros. Este descenso podría representar la influencia de una acumulación masiva de ácido láctico. En términos generales, el desplazamiento de la curva "hacia la derecha" pone en manifiesto una mejor eficiencia del mecanismo aeróbico y una adaptación del sistema cardiocirculatorio.

Se ha observado una cierta subjetividad en la determinación del punto de descenso debido a la posible influencia de las expectativas del investigador sobre su comportamiento. De cualquier forma, este test, además de apoyarse sobre un fundamento científico apreciable, también ha difundido el uso del control de un parámetro simple y casi tan importante como la frecuencia cardiaca en la práctica del entrenamiento en todos los deportes de resistencia. (Bourgois J., y cols., 2004; Bodner ME., y col., 2000).

1.7 CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Mac Dougall y cols. (2000), señalan que la marca deportiva de los atletas de élite es el resultado de una serie de factores complejos, como el componente genético (incluye la edad y la entrenabilidad), el entrenamiento realizado, el estado de salud (incluye la existencia de lesiones, fatiga, dieta o ingesta de drogas), y una buena integración de diferentes componentes fisiológicos, biomecánicos y psicológicos relacionados con el deporte practicado.

1.7.1. Criterios de calidad de los test

Estos informan del grado de eficiencia de una prueba. Su componente cuantitativo se expresa a través de los tres principales indicadores: (Martinez, L., 2006; Gorostiaga, 1999; García J., y cols., 1996).

- Coeficiente de objetividad.
- Coeficiente de fiabilidad.
- Coeficiente de validez.

En 1976, Fetz y Kornexl ya apuntaban como el límite inferior de eficiencia de una prueba los señalados por Meyer y Blesh (1962):

- Coeficiente de objetividad y confiabilidad en análisis individual = 0,85.
- Coeficiente de objetividad y confiabilidad en análisis grupal = 0,75
- Coeficiente de validez mínimo = 0,60.

Todo esto teniendo en cuenta que en los test de campo, puede resultar difícil aislar cada componente individual. Para Mac Dougall y cols (2000) este tipo de pruebas resulta útil para evaluar o valorar globalmente una aptitud; sin embargo, las aplicaciones realizadas en laboratorio admiten analizar variaciones individuales y permiten estudiar objetivamente los rendimientos de cada individuo en relación con cada variable analizada. Este autor afirma que, si bien los test de campo no resultan tan fidedignos como los de laboratorio, sí presentan una mayor especificidad.

1.7.2 Condiciones que deben reunir los Test Fisiológicos

Los principios generales que hay que respetar si se quiere evaluar correctamente cada componente de la marca deportiva, los encontramos en la siguiente Figura 4:

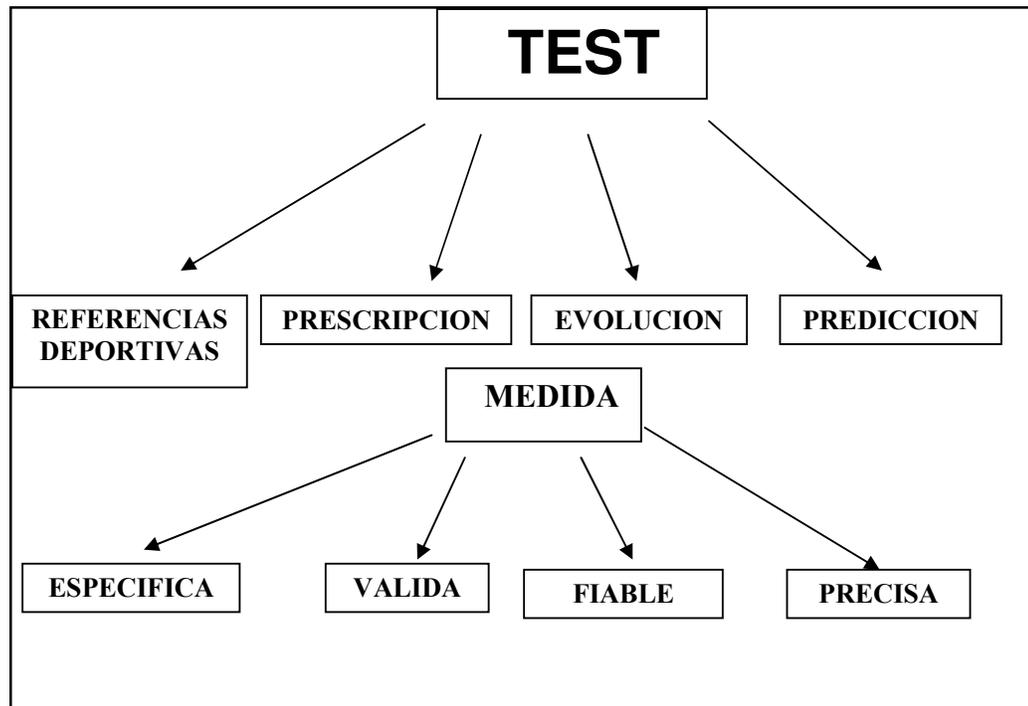


Figura 4. Principios para evaluar los componentes del rendimiento deportivo (adaptado de Morrow y col. 1995).

Se observa en dicha figura que cuando se quiere evaluar es necesario tomar una serie de decisiones sobre el test que se va a elegir, sobre las exigencias metodológicas de la medida y sobre la evaluación de los resultados (Gorostiaga, 1999; Morrow y col. 1995).

Es muy importante elegir los test adecuados cuando se quiere medir una cualidad física determinante en la marca deportiva de un sujeto. Una vez que se ha elegido el test, hay que realizar las medidas y asegurarse de que dichas medidas se han llevado a cabo utilizando una buena metodología porque son válidas, fiables, precisas y específicas. Después de haber realizado las medidas hay que evaluarlas, comparándolas con los valores de deportistas de alto nivel que practican el mismo deporte que el deportista evaluado, o con los valores encontrados anteriormente en el mismo deportista. Por último, los

valores del test deberían ayudar a prescribir el entrenamiento y a predecir la marca deportiva del deportista evaluado.

Para que los test sean efectivos deben reunir las siguientes condiciones (Martínez L., 2006; Gorostiaga, 1999):

- Los test deben realizarse en el marco de un programa de entrenamiento en el que se hayan definido con precisión los objetivos a largo plazo, los objetivos específicos del año y los objetivos que se quieren conseguir con los test.
- Las variables medidas en los test tienen que ser relevantes para el deporte practicado (Mac Dougall y cols. 2000).
- Los test deben ser lo más específicos posible (Mac Dougall y cols., 2000; Dal Monte y col. 1992). Un test es específico cuando la actividad física realizada durante el test es lo más semejante posible a la realizada durante la competición.
- Los test utilizados tienen que ser válidos y fiables (Mac Dougall y cols. 2000).
- Los test tienen que tener un protocolo rígido y controlado por un personal entrenado (Mac Dougall y cols. 2000). Por rigidez se entiende que las instrucciones que se le den a los deportistas, el calentamiento previo, el orden de realización de los diferentes test, el tiempo de recuperación entre ellos, la temperatura ambiente, la humedad relativa, el material utilizado y los procedimientos de calibración de dicho material, tienen que ser siempre los mismos.
- Los test tienen que ser repetidos a intervalos regulares (Mac Dougall y cols. 2000).

- Los resultados de los test tienen que entregarse rápidamente al entrenador y al deportista, y tienen que ser entendidos por ambos (Mac Dougall y cols. 2000; Hastie 1988). Esta característica es crucial, y sin embargo suele ser la que menos se respeta.
- Los derechos humanos del deportista tienen que ser respetados (Mac Dougall y cols. 2000). Para ello, es importante explicar al deportista los objetivos del test, los riesgos físicos y psíquicos que conlleva, y la confidencialidad de los resultados.

1.8 ASPECTOS METODOLÓGICOS ESPECÍFICOS DE LOS TESTS DE CAMPO

1.8.1 Definición de los Test de Campo

Adams (1990) señala que los test de evaluación de la condición física se pueden dividir en 3 tipos, dependiendo del lugar físico en el que se realicen:

1. Test de Laboratorio. Son pruebas que se realizan en condiciones ambientales muy controladas mientras el deportista simula el tipo de actividad física que realiza habitualmente.
2. Test de campo. Son los test que se realizan en el terreno de juego o de entrenamiento mientras el sujeto realiza su deporte específico (correr, nadar, patinar, pedalear, remar, etc.) (Villa y cols., 1999; Mac Dougall y cols. 2000). En general, los resultados de los test de campo no son tan repetibles como los de los tests de laboratorio porque las condiciones ambientales no se pueden controlar. Sin embargo, a menudo los test de campo son más válidos que los test de laboratorio porque son más específicos (Villa J. y cols., 1999; Mac Dougall y cols. 2000).

3. Test mixtos. Son pruebas que se pueden realizar indistintamente en laboratorio o en el terreno de entrenamiento.

1.8.2 Ventajas de los Tests de Campo

Daniela y Foster (1995) consideran que realizar tests de campo presenta varias ventajas:

- Los test de campo son más específicos que los tests de laboratorio porque en ellos se mide al sujeto mientras realiza su deporte específico. Además, los tests de campo permiten realizar una prescripción del entrenamiento más precisa que los test de laboratorio.
- Permiten acortar la separación existente entre los conocimientos del laboratorio y las necesidades del deportista y su entrenador. Los tests de campo favorecen el intercambio de ideas y la comunicación entre deportistas, entrenadores e investigadores.
- El deportista acepta mucho mejor realizar los tests en el terreno de entrenamiento porque está más acostumbrado a ejercitarse en su entorno.
- El deportista y el entrenador no tienen la impresión de estar perdiendo una parte del tiempo dedicado al entrenamiento porque en los tests de campo el sujeto se ejercita realizando la actividad propia de su deporte.
- Permiten que varios deportistas puedan ser evaluados a la vez.

1.9 ENTRENAMIENTO EN PATINAJE DE VELOCIDAD

El entrenamiento físico supone exponer al organismo a unas cargas de trabajo de intensidad, duración y frecuencia suficientes para producir un efecto medible, que implique una mejora de las funciones para las cuales se entrena (Astrand y Rodahl, 1992).

El entrenamiento puede ser aplicado a diferentes aspectos fisiológicos como la capacidad aeróbica máxima, las vías de suministro energético, el reclutamiento de fibras musculares, la capilarización y a propiedades musculares como la relación fuerza-velocidad y la potencia mecánica de la contracción muscular. Astrand y Rodahl (1992) señalan que " como regla general, el mejor entrenamiento se alcanza a través de la práctica de la actividad para la que uno está entrenando."

En patinaje de velocidad sobre hielo, el fenómeno de especificidad del entrenamiento resulta de gran importancia para el diseño de la programación del entrenamiento " en seco ", durante el verano. Según describen Pollock y col. (1982), el entrenamiento " en seco " de la selección olímpica americana en 1980, tenía una duración de 30 a 35 horas por semana (14 sesiones / semana). Sus actividades de entrenamiento incluían, aproximadamente, un 40% de entrenamiento aeróbico (ciclismo y carrera continua), un 20% de entrenamiento anaeróbico (series de velocidad de alta intensidad), 15% de entrenamiento de fuerza y un 25% de entrenamiento específico (caminar lento, deslizamientos laterales en la tabla de patinaje y patinaje de velocidad sobre ruedas).

Parece evidente que la cantidad de tiempo que se puede dedicar a una forma de entrenamiento específico depende de la semejanza que esta actividad tenga con el actual deporte entrenado. Para diseñar específicamente el entrenamiento " en seco " del patinaje de velocidad es fundamental tener en cuenta algunas de las peculiaridades técnicas del mismo. Una fase de deslizamiento estática de duración relativamente larga, seguida de un empuje

dinámico intenso y breve dirigido lateralmente, ausencia de flexión plantar y limitada extensión de la rodilla (Ingen Schenau, 1983 a).

Kandou y col, (1987) y De Boer y col. (1987 a; 1987 c; 1987 d) han comparado el " patinaje en seco " (desplazamientos y empujes laterales a derecha e izquierda alternativamente sobre una tabla de deslizamiento simulando la fase de empuje), el patinaje de velocidad sobre ruedas, el ciclismo y el " paso lento ", en relación a la especificidad del patinaje de velocidad sobre hielo. De entre todas estas actividades, solamente el patinaje de velocidad sobre ruedas se considera como una actividad específica de entrenamiento para el patinaje de velocidad sobre hielo. Sin embargo, la carrera también se incluye en las actividades del entrenamiento aeróbico del verano en patinadores de hielo, debido a la participación de una mayor masa muscular que provoca a su vez un mayor estímulo cardiovascular. (Nobes KJ., y cols., 2003; Rundell KW., y col., 1995). En relación a los aspectos prácticos del entrenamiento en el patinaje de velocidad, debemos considerar uno de los factores principales: la valoración de la intensidad del entrenamiento. Los dos métodos usados frecuentemente para la valoración de la intensidad del entrenamiento han sido la frecuencia cardiaca (Keskinen y col., 1989; Sharp y col., 1984) y los niveles de lactato sanguíneo (Mader y col., 1976; Kindermann y col., 1979).

La respuesta de la frecuencia cardiaca al ejercicio es similar a la observada por el consumo de oxígeno y puede utilizarse para medir la intensidad del entrenamiento, cuando la carga de trabajo se mantiene constante durante varios minutos. La validez y facilidad del uso de algunos pulsímetros ha permitido el rápido desarrollo de esta forma de monitorización de la intensidad de entrenamiento individual. (Hottenrott K., y cols., 2006; Achten J., y col., 2003).

El uso más frecuente de la frecuencia cardiaca como valoración de la intensidad del esfuerzo viene dado por un determinado porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima. Con frecuencia, estos valores son utilizados para la programación de actividades de resistencia de larga duración. Además,

teniendo en cuenta que la variación de la frecuencia cardiaca durante un entrenamiento en estado metabólico estable, en condiciones controladas en el laboratorio, es muy pequeña (Astrand, 1976) y que en corredores de élite, durante las sesiones de carrera continua en pista, en diferentes condiciones ambientales de viento y temperatura, se modifica la frecuencia cardiaca media en cada sesión (Robinson y col., 1991), parece que la frecuencia cardiaca puede ser una medida precisa para valorar la intensidad de entrenamiento.

Igualmente, algunos investigadores han sugerido que los niveles de lactato sanguíneo pueden ser utilizados para valorar la intensidad óptima de entrenamiento en resistencia (Kindermann y col., 1979; Mader y col., 1976).

Si se desea conocer exactamente las diferentes intensidades de entrenamiento aeróbico, es necesario seleccionar un tipo de test de incrementos sucesivos con varias condiciones de estado estable de 3 a 4 minutos de duración. Sharp y col., (1984) y Heck y col. (1985) a través de estas pruebas muestran como, tanto el perfil frecuencia cardiaca-velocidad puede ser utilizado de la misma manera que el perfil lactato sanguíneo-velocidad para monitorizar el estado de entrenamiento como un método útil y no invasivo alternativo al test de lactato sanguíneo.

Al realizar un test de esfuerzo de incrementos de carga progresivos, en las cargas más bajas de trabajo se observa que el lactato sanguíneo varía poco con respecto a los valores de reposo. A medida que la intensidad de carga se incrementa, se observa que a partir de un punto determinado, la concentración sanguínea de lactato comienza a aumentar en relación a los valores de reposo. Esto suele coincidir con un aumento desproporcionado de la ventilación pulmonar (primer punto de quiebra ventilatorio y de lactato) (Kindermann y col., 1979; Farrel y col., 1979; Ivy y col., 1980; Wasserman y col., 1981).

A intensidades de ejercicio más elevadas se alcanza un punto en el que se observa un rápido incremento del lactato sanguíneo y un incremento mayor de la ventilación pulmonar (segundo punto de quiebra de la ventilación

pulmonar y del lactato) (Mader y col., 1976; Kindermann y col., 1979; Wasserman y col., 1981; Stegman y col., 1981).

Kindermann y col. (1979) en un esfuerzo para resolver las controversias de la terminología en la literatura, proponen los términos de umbral aeróbico para el primer punto de quiebra ("Aerobic threshold") y de umbral anaeróbico para el segundo punto de quiebra ventilatorio y del lactato sanguíneo ("Anaerobic threshold").

Así mismo, a la carga de trabajo que se corresponde con el primer punto de quiebra del lactato sanguíneo, Brooks (1985) e Ivy y col. (1980) lo definen como umbral lactato (LT). El LT se utiliza como valor predictivo del rendimiento en resistencia, como un índice del entrenamiento físico y un útil instrumento para la prescripción del ejercicio (Pierce y col., 1990; Denis y col., 1982; Ekblom y col., 1968; Henritze y col., 1985).

Además de esta intensidad de ejercicio, en atletismo resulta útil determinar el segundo punto de quiebra, que suele coincidir con la velocidad de carrera que se corresponde con una concentración de 4 mmol-l de lactato sanguíneo, en una prueba progresiva hasta el agotamiento. Este umbral de lactato (4 mmol-l) muestra una gran correlación con el rendimiento en pruebas de resistencia (desde 1500 m. al maratón) (Padilla y col., 1991; Sjödín y Svedenhag, 1985; Tanaka y Matsuura, 1984).

Actualmente se utiliza para la determinación del umbral anaeróbico, un test de larga duración (25 minutos) que permite definir la concentración de lactato sanguíneo máximo en estado estable, ya que en ocasiones ésta no se consigue definir en pruebas progresivas de corta duración (Heck y col., 1985). Así mismo se utiliza para prescribir y valorar las diferentes intensidades de entrenamiento en actividades de resistencia. Este test de larga duración se utiliza periódicamente para evaluar las adaptaciones metabólicas al entrenamiento de resistencia en los patinadores de este estudio durante la temporada. (Koepp KK., y col., 2008).

1.10 TEST ESPECÍFICOS EN PATINAJE DE VELOCIDAD

Entre los test realizados para evaluar el metabolismo energético de los patinadores de velocidad sobre hielo, se han utilizado más frecuentemente el cicloergómetro (Geijsel y col., 1984; Ingen Schenau y col., 1983 a; Kandou y col., 1987; Bar-Or y col., 1980), y la pista de patinaje (Geijsel y col., 1984; Ingen Schenau y col., 1983 a; Kandou y col., 1987), más que el tapiz rodante (Maksud y col., 1970; 1982).

1.10.1 Test de Potencia Aeróbica en patinaje de velocidad

En los test de potencia aeróbica, los patinadores de velocidad bien entrenados presentan similares resultados a los obtenidos por la mayoría de otros grupos de atletas (Wilmore y Costill, 2004). Ingen Schenau y col. (1983) observan una estrecha relación entre el consumo máximo de oxígeno medido en cicloergómetro y el estado de entrenamiento en patinadores de velocidad. Encuentra valores de VO₂ máx, un 10% más elevado en patinadores de velocidad de élite que en un grupo de patinadores bien entrenados. Sin embargo, Geijsel y col. (1984) encuentran un débil coeficiente de correlación ($r=0.63$) entre el consumo máximo de oxígeno en cicloergómetro para patinadores de velocidad bien entrenados en relación a la marca en 1500 m.

Al mismo tiempo que se mide el consumo máximo de oxígeno, es posible determinar la producción de potencia máxima obtenida a partir de la combinación del metabolismo aeróbico y anaeróbico durante una serie de corta duración (menor de 3 min) y de alta intensidad en cicloergómetro. Geijsel y col. (1984) observan que la producción de potencia máxima en cicloergómetro en un test máximo de 2 min. 30 seg., presenta un débil coeficiente de correlación con la marca de 1500 m en el patinaje de velocidad ($r = 0.66$).

Por lo tanto, esta prueba tampoco discrimina el estado de entrenamiento en un grupo de patinadores bien entrenados.

Foster y col. (1989) al estudiar el metabolismo aeróbico de los patinadores de velocidad de élite a través del consumo máximo de oxígeno y de un test de " tiempo de resistencia " pedaleando en cicloergómetro con una carga de 5 W(watios/kg en hombres y de 4.3 W/kg en mujeres, apenas observan cambios en el VO₂ máx, a lo largo del período de entrenamiento " en seco ". Estos autores concluyen que el test de " tiempo de resistencia " en cicloergómetro puede ser uno de los mejores test actualmente utilizados para evaluar el estado de entrenamiento general de los patinadores de velocidad.

1.10.2 Test de Potencia Anaeróbica en patinaje de velocidad

Geijssel y col. (1984) y Foster y col. (1989) al realizar un test supramáximo en cicloergómetro de 30 segundos de duración (Bar-Or y col., 1980) descubrieron que en los patinadores bien entrenados, la producción de potencia máxima se correlaciona bien con la marca de 500 m ($r= 0.78$ y de 1500 m ($r=0.85$) en patinaje de velocidad. Por tanto, este test puede ser utilizado para discriminar entre patinadores de alto y bajo nivel de rendimiento además de evaluar las modificaciones en la capacidad de producción de energía anaeróbica durante un programa de entrenamiento.

Un test efectuado en cicloergómetro no puede ser considerado específico (Wilmore y Costill, 2004) para un patinador de velocidad, pero puede considerarse un instrumento útil para determinar la capacidad máxima del metabolismo aeróbico y anaeróbico.

1.11 LA RECUPERACION TRAS EL EJERCICIO

Las complejas reacciones bioquímicas que determinan la formación, acumulación y degradación del ácido láctico, son la base de los mecanismos de aparición de la fatiga y, a la vez, de los que permiten la recuperación de las

condiciones físicas basales. (Coutts AJ., y cols., 2007; Minetto MA., y cols., 2006)

Por esto, una de las metas del entrenamiento, tanto en los atletas de alta competición como en los aficionados, es la de optimizar la recuperación del organismo después de una actividad física intensa, con el fin de reducir el tiempo necesario para restablecer el estado de equilibrio previo y de minimizar los eventuales efectos negativos del ejercicio, como son los calambres y el dolor muscular. (Martinmäki K., y col., 2008; Freiwald J., 1996).

La fatiga y el dolor muscular no sólo pueden ser un obstáculo para conseguir el rendimiento previsto, sino que también deterioran la habilidad de entrenarse correctamente en la mayor parte de los individuos. Por tal motivo, resulta muy útil que los competidores comprendan las bases fisiológicas de los procesos de su propia recuperación. Además, dado que existen dos métodos fundamentales de recuperación, la activa y la pasiva, los deportistas deben conocer las diferencias existentes entre ambas técnicas, a fin de que utilicen la que más les convenga.

1.11.1 Acumulación de ácido láctico, fatiga y dolor muscular

La fatiga muscular se caracteriza por una incapacidad intrínseca del músculo para desarrollar una fuerza determinada. Numerosos mecanismos se consideran responsables de la aparición y desarrollo de la misma pero estos factores dependen del tipo, la duración y la intensidad del ejercicio. (Dingwell JB., y cols., 2008; Vøllestad NK., 1995).

La acumulación de ácido láctico en los músculos es una de las causas de la fatiga y de la disminución del rendimiento físico. El ácido láctico se produce en cantidades elevadas durante el ejercicio muscular, cuando la demanda energética para la contracción de las fibras musculares no puede ser completamente satisfecha por el proceso oxidativo. (McGehee JC., y cols., 2005).

- 1) La disminución de la velocidad de glucólisis por efecto de la actividad enzimática reducida;
- 2) La inhibición de la movilización de los ácidos grasos libres;
- 3) La reducción del pH muscular que altera la activación de los puentes transversales entre la actina y la miosina durante la contracción muscular.

Además de ser la causa de la fatiga, la acumulación intramuscular de ácido láctico es también parcialmente responsable de los calambres y del dolor muscular precoz y tardío que, de vez en cuando, surgen con el ejercicio. El dolor aparece cuando la acumulación de ácido láctico en el músculo estimula sus terminaciones nerviosas. El dolor muscular, normalmente, acompaña a un esfuerzo físico intenso, tanto durante como inmediatamente después de su conclusión. (Best TM., y cols., 2008; Motl RW., y cols., 2007; Pantoja-Martínez J., y cols., 2004).

El ataque agudo de dolor no debería confundirse con el dolor muscular tardío, que aparece después de uno a quince días del ejercicio, ya que se cree que este dolor no está causado por el ácido láctico. Los atletas que practican deportes caracterizados por grandes esfuerzos de breve duración, como los lanzadores, los velocistas y los levantadores de peso, están particularmente predispuestos a ataques agudos de dolor muscular. (Ratel S., y cols., 2006; Vøllestad NK., 1995).

El flujo sanguíneo en los músculos esqueléticos se ve marcadamente reducido durante estas actividades que requieren contracciones especialmente fuertes de tipo isométrico; por tanto, la acumulación de ácido láctico en los músculos tiende a ser más rápida a causa de la obstaculización del riego circulatorio local.

Además, los atletas que participan en actividades de potencia, como las arriba mencionadas, tienen un porcentaje elevado de fibras de contracción rápida, las cuales producen mayor cantidad de ácido láctico que las fibras

lentas. Un trabajo muscular muy prolongado también puede estar asociado con ataques agudos de dolor muscular provocados por la acumulación de ácido láctico, especialmente durante los regímenes de entrenamiento excesivos y al inicio de la temporada. (Zoladz JA., y cols., 2005; Zawadowska B., y cols., 2004).

El ácido láctico es un producto final de la glicólisis anaeróbica, pero puede ser utilizado todavía para el metabolismo oxidativo. Con una variación mínima de la molécula, se convierte en un sustrato combustible y entra en la célula para ser utilizado por las vías aeróbicas. (Baldari C., y cols., 2007).

El ácido láctico puede ser oxidado, durante y después del ejercicio, por varios tejidos por ejemplo, el músculo cardíaco, los músculos esqueléticos activos y no activos, el hígado, el cerebro y los riñones. Una parte insignificante de ácido láctico se dispersa también a través de la sudoración (Niess AM y cols, 2003). La eliminación rápida del exceso del ácido láctico después del ejercicio sirve para disminuir los efectos de la fatiga muscular, para hacer más rápida la recuperación y para minimizar el riesgo de dolor muscular. Todo esto es importante para los deportistas que compiten varias veces en un mismo día (nadadores, ciclistas, levantadores de peso, patinadores, etc.), ya que el desarrollo precoz de fatiga y/o dolor muscular perjudicarían a sus prestaciones físicas sucesivas. Al igual que en el entrenamiento una eliminación más rápida del ácido láctico permitirá una recuperación más veloz. (Glaister M., 2005)

Si no se adecuan óptimamente las fases antes y después del entrenamiento o de la competición, se reduce la adaptación a los estímulos de entrenamiento en la fase de trabajo final. El deportista no explota totalmente el potencial de incremento del rendimiento generado durante el entrenamiento. Por lo tanto existe el peligro de exceso de entrenamiento, de lesiones y de creación de daños deportivos que se desarrollan lentamente debido a los trabajos mal ejecutados. (Bishop D., 2003).

Se han efectuado numerosas investigaciones con el fin de identificar si es mejor la recuperación activa o pasiva para volver a las condiciones basales

después de un ejercicio intenso. (Tessitore A., y cols., 2008; Spierer DK., y cols., 2004; Gupta S., y cols., 1996; Taoutaou Z., y cols., 1996).

La recuperación pasiva se consigue con una inactividad física completa, mientras que la activa (también conocida como coldown, warm-down y tapering off) se logra a través de ejercicio aeróbico. La recuperación pasiva es más eficaz que la activa sólo para llevar la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno a niveles basales. (Bosquet L., y cols., 2008).

La intensidad óptima de ejercicio durante la recuperación activa se sitúa entre el 30 % y el 75 %, del consumo máximo de oxígeno. Estas diferencias dependen del tipo de ejercicio utilizado (cinta transportadora, cicloergómetro, etc.) de la masa muscular activa, del estado de los capilares de los músculos esqueléticos en movimientos, del tipo de fibras musculares utilizadas y, en fin, del grado de entrenamiento de los sujetos examinados. (Jones EJ., y cols., 2006).

Los deportistas muy entrenados tienen una velocidad de eliminación del ácido láctico mayor que los individuos no entrenados. Probablemente, esto se debe al hecho de que el entrenamiento aumenta la capacidad oxidativa de los músculos para incrementar la utilización del ácido láctico como combustible. (Vesovic D. y col., 2001).

Teóricamente, la intensidad óptima requerida durante la recuperación activa para eliminar el ácido láctico de la sangre es sólo ligeramente inferior al umbral anaeróbico (Messonnier L y cols., 2006). Los ejercicios de intensidad superior a éste son contraproducentes, en cuanto que comportarían una producción posterior de ácido láctico. Algunos estudios han demostrado que cuando los atletas escogen libremente la intensidad del ejercicio para la recuperación, optan por una intensidad adecuada que asegura una eliminación efectiva del ácido láctico. (Messonnier L, y cols., 2006; Billat VL, y cols., 2003; Messonnier L, y cols., 2001).

La recuperación pasiva se asocia a una disminución relativa de la velocidad del flujo hemático, que explica parcialmente el porqué de la prolongación del tiempo de eliminación del lactato.

La reducción gradual de la intensidad del ejercicio tras un sobreesfuerzo elevado, favorece la acción de bombeo de los músculos esqueléticos, lo cual contribuye al retorno venoso de la sangre al corazón. De este modo será inferior el riesgo de hipotensión que algunas veces se asocia a la interrupción brusca de una actividad física intensa. Los mecanismos de eliminación más rápidos del ácido láctico de la sangre con la recuperación activa no son bien conocidos.

Los primeros lugares de eliminación del ácido láctico son el hígado y los músculos esqueléticos. Algunos investigadores consideran al hígado el responsable de la eliminación de una gran cantidad de ácido láctico tras el ejercicio; de hecho, el ácido láctico se oxida o se reconvierte en glucógeno. (McNaughton LR, y cols., 2007; Messonnier L, y cols., 2006; Billat VL, y cols., 2003). En cualquier caso, desde el momento en que el flujo hepático durante el esfuerzo físico es inversamente proporcional a su intensidad, resulta particularmente importante recordar que la recuperación activa, a niveles bajos, es la que garantiza un flujo de sangre adecuado en el hígado y, por tanto, la eliminación del ácido láctico por esta vía. (Messonnier L, y cols., 2006; Billat VL, y cols., 2003)

Los músculos esqueléticos son las otras zonas donde se produce la eliminación de una parte sustancial del ácido láctico. La capacidad de eliminación del ácido láctico por parte de los músculos esqueléticos podría ser incluso mayor que la del hígado (Messonnier L, y cols., 2006).

Sin embargo, esta conclusión resulta algo controvertida. También el músculo cardíaco puede utilizar el ácido láctico a través de su metabolismo oxidativo. Así mismo, los riñones eliminan ácido láctico; pero la cantidad en orina durante la recuperación activa no es significativamente diferente de la que hay en la recuperación pasiva, probablemente porque el flujo renal es más

reducido durante el ejercicio. Además, parece que los riñones son un órgano importante para el metabolismo del ácido láctico. (Billat VL, y cols., 2003).

1.12 HIPOTESIS DEL TRABAJO

El patinaje sobre ruedas está considerado como un deporte de resistencia, ya que a pesar de tener pruebas netamente anaeróbicas, se fundamenta específicamente en una gran base aeróbica, sin la cual no podría haber adecuados procesos de recuperación en el entrenamiento y la competición. De hecho se compete con pruebas de velocidad de 300 m y de resistencia aeróbica como los 42 Km, respectivamente, entre ambas existe una amplia gama de competencias para las cuales son indispensables la resistencia a la velocidad, gran fondo, destreza absoluta, coordinación, control motor, vestibular, visual, muscular y el equilibrio (Marino F., 1998).

Al igual que otros deportes de resistencia, la capacidad aeróbica (VO_2 máx) del patinador sobre ruedas oscila entre 4 y 5 L/min (en términos relativos al peso corporal del orden de 55-65 ml/Kg/min); siendo valores determinados inespecíficamente en el laboratorio (Foster C. y cols., 2002; Martínez Z., 1991) ya que aún no se cuenta con un test específico en este deporte (Foster C. y cols., 1999). De siempre los parámetros más utilizados como indicadores de la resistencia aeróbica han sido el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) y el umbral anaeróbico (Wasserman y cols., 1996; López Chicharro 2003, y cols), siendo este último mucho más sensible a los cambios producidos por el entrenamiento (Navarro G., 1998). Aunque ha sido un parámetro muy discutido y controvertido se ha venido utilizando en la valoración del rendimiento deportivo para delimitar las intensidades de entrenamiento (Terrados N., 1995), para dosificar las cargas de entrenamiento y para observar las adaptaciones del entrenamiento (García Manso y cols., 1996). De hecho en pruebas de laboratorio en cicloergómetro con patinadores sobre ruedas se ha estimado un umbral anaeróbico al 80% del VO_2 máx, valores similares a otros deportes de resistencia (Modrego O., 1992), no habiéndose estimado en test de campo específicos.

Por lo expuesto, en esta investigación se pretende realizar un test de campo específico que permite obtener valores fisiológicos y funcionales que identifiquen la cualidad aeróbica (capacidad aeróbica, umbrales aeróbico y anaeróbico como indicador de resistencia aeróbica, capacidad de recuperación, resistencia a la velocidad) y permita establecer las cargas de entrenamiento y el control del mismo y predecir su rendimiento en competición. Para ello se pretende validar un test de campo de acuerdo a la metodología continua de Conconi y cols. (1982 y 1996) y la interválica propuesta por Probst y cols. (1989), pero adaptadas al patinaje sobre ruedas, y basándose en la pérdida de la relación entre la velocidad de carrera y la frecuencia cardiaca para identificar el umbral anaeróbico; y en función del número de “estadios” completados establecer la correlación con pruebas directas para estimar el VO_2 máx.

Así pues, es necesario evaluar la cualidad aeróbica y conocer las intensidades adecuadas en la preparación de los patinadores. Ello se puede conseguir por medio de un test específico de campo al darle una mayor especificidad a la ejecución de la técnica deportiva. Razón por la cual esta investigación se fundamentó en el aporte de dicha metodología, para una mejor planificación del entrenamiento y optimización en el rendimiento y poder contar con una herramienta asequible tanto para los entrenadores como para los deportistas, teniendo un mejor control de su preparación.

En los test se deben tener en cuenta parámetros fisiológicos más utilizados e importantes para la valoración de la resistencia aeróbica, como el consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx.) y el umbral anaeróbico (Wasserman y cols., 2002; López C. y cols, 2004), siendo este último mucho más sensible a los cambios producidos por el entrenamiento (Fernández G., 2000).

Por tanto, evaluar y medir cada uno de los factores que influyen en la marca deportiva, es un aspecto fundamental del entrenamiento deportivo. Ello se debe a que casi todas las decisiones que se toman en la planificación del entrenamiento están relacionadas con los procesos de medida y de evaluación, para su adecuada ejecución. (Morrow y col. 1995).



II. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Valoración integral de la cualidad aeróbica por medio de un nuevo test de campo específico de carácter interválico (TIVRE Patín®) para patinadores sobre ruedas, con el objeto de medir su consumo máximo de oxígeno e identificar el umbral anaeróbico por métodos directos ventilatorios (mediante ergoespirometros portátiles) y así validar su estimación indirecta a través del comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca (mediante pulsómetros), además de determinar su capacidad de recuperación (a través del porcentaje de recuperación de frecuencia cardiaca) en los sucesivos intervalos de esfuerzo realizados en el propio terreno de entrenamiento (patinódromo), para en definitiva relacionar los resultados del test específico con el rendimiento en la competición mediante el análisis de su carga externa que implica.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.2.1.-Diseñar y desarrollar una herramienta tecnológica (Software (TIVRE Patín®) que permita realizar un test de campo interválico de fácil ejecución y análisis, y de bajo coste, para el permanente control y optimización de la preparación del patinador de velocidad sobre ruedas.

3.2.2.-Evaluar la capacidad aeróbica ($VO_{2m\acute{a}x}$), la resistencia aeróbica (umbral anaeróbico) y la capacidad de recuperación a través de un test de campo interválico (TIVRE Patín®) en el patinador sobre ruedas y establecer posibles diferencias de género.

3.2.3.-Analizar la validez de la valoración del test de campo interválico (TIVRE Patín®) mediante tests de laboratorio tanto continuo como interválico.

3.2.4.-Examinar la relación entre la frecuencia cardiaca y el trabajo externo realizado en los tests de laboratorio y de campo (TIVRE Patín®) en patinadores sobre ruedas.

3.2.5.-Valorar mediante el test de campo interválico (TIVRE Patín®) la adaptación al entrenamiento en diferentes periodos de su planificación específica.



III. MATERIAL Y METODOS

3.1 POBLACION EVALUADA

En la presente investigación participaron en una primera fase experimental 21 patinadores (14 hombres y 7 mujeres) de velocidad sobre ruedas. Todos ellos conformaban diferentes clubes deportivos de la ciudad de Bucaramanga (Colombia). La mayoría de ellos en más de una ocasión han pertenecido a la Selección Nacional de Colombia de Patinaje de velocidad sobre ruedas, representando al país en torneos internacionales. Antes de comenzar la investigación, se explicó el protocolo a los deportistas y se les solicitó el consentimiento informado (Anexo I).

Para la segunda fase experimental participaron 40 patinadores (26 hombres y 14 mujeres) incluyendo a los 21 patinadores inicialmente evaluados. Dentro de este grupo de la fase final se encontraban los integrantes de la selección de patinaje del departamento de Santander. Tanto hombres como mujeres son patinadores que llevan más de 5 años en esta disciplina deportiva y participan en todas las válidas nacionales, puntuables para Selección Nacional de Colombia (Tabla 3)

n	Género	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (cm)	% grasa
26	Hombre	18,39±0,60	62,03±1,05	170,22±0,94	10,01±0,33
14	Mujer	17±0,56 (n.s.)	50,74±1,07***	161,01±1,36***	16,01±0,47***

Tabla 3. Características físicas de los sujetos evaluados (n=40) de acuerdo a su género. Valores medios ±EEM. Diferencias significativas: ***=p<0,001; n.s.=no significativo.

Todas las mediciones fueron registradas durante la misma fase específica y precompetitiva de su preparación; desarrollándose dos fases experimentales en dos años consecutivos (2005-2006). Debido a la escasa literatura e investigaciones en este deporte, como fuentes de referencia, se desarrollo la primera fase con el fin de orientar bien la investigación. Con los resultados encontrados en la primera fase experimental del año 2005, se desarrolló durante el mismo periodo la segunda fase experimental en el año 2006.

Previamente a las pruebas, cada sujeto se familiarizó con los métodos, material y protocolos a efectuar tanto sobre el cicloergómetro como con su material de entrenamiento y equipos a utilizar en la pista del patinódromo de la ciudad de Bucaramanga (Santander, Colombia). Algunos de ellos ya habían hecho alguna prueba de esfuerzo en el laboratorio con análisis ergoespirométricos, pero no en el patinódromo, ya que no existía un test específico de campo para este deporte.

3.2 MATERIAL

3.2.1. Mediciones Antropométricas

Báscula y Tallímetro: Mecánico Romana (SECA), 700, de columna con pesas deslizantes a la altura de los ojos. Capacidad o rango de 0 a 220 kg. Precisión 50 g. Ahí mismo a ella se adapta el tallímetro (SECA) 220. Con rango de medición de 50 a 200 cm.

Plicómetro o adipómetro: Compás de pliegues cutáneos modelo Harpenden (John Bull, British Indicators Ltd, Inglaterra) con un rango de medición de 0 a 40 mm y una precisión de 0,2 mm. Dispone de esfera calibrable en el punto 0 (O-Scale), manteniendo siempre una precisión constante de 10 g/mm² en cualquier posición de apertura.

Cinta métrica: Cinta metálica inextensible Holtain (British Indicators LTD, Inglaterra), de 2 m. de longitud y 1 mm. de precisión.

3.2.2. Test ergométricos.

Cicloergómetro: Cyclus 2 (h/p/cosmos® Alemania), es un sistema robusto y fácil de transportar; pues permite colocar sobre él la propia bicicleta de la persona que vaya a realizar el test. (Anexo II).

- Máxima potencia alcanzable 3000 vatios (w), funciona con un motor alimentado constantemente de corriente eléctrica; no provoca alteraciones por temperatura, obteniendo un alto performance para los test.
- Cadencia de medición integrada. (Rango de 0 a 250 rpm)
- Sistema oscilante patentado (movimiento de oscilación lateral durante el test), ajustable a la bicicleta, transmisión anti-derrapante, simulando a la realidad de movimiento de inercia.
- Carreteo de 9 dientes, movimiento rígido para bicicletas de pista.
- Uso de mudanzas propio.
- Control computarizado.
- Control vía PC a través de h/p/cosmos para análisis 2.0 pro.
- Su peso es de 30 kilogramos y al transportarlo de 40 kilogramos.
- Sus dimensiones son 53 cm de ancho, 102 cm de alto y 142 cm de largo.

Ergoespirómetro: Con análisis de gases espirados marca Cortex-Biophysik Metamax II. (Alemania) (Anexo III).

- Equipo portátil de 650 gramos de peso con batería.
- Las dimensiones del equipo son de 189*160*47 mm.
- Telemetría digital bidireccional con selección automática de las frecuencias de comunicación con un alcance de hasta 1.000 metros.
- Resiste temperaturas -20 hasta 50 °C., durante la ejecución de test, transportándolo sobre la espalda.
- Memoria interna para registro de más de 8 horas continuas.
- Medición por micro cámara de mezcla de 10 ml. con valores cada 10 segundos, se utiliza en las mediciones que no requieren en análisis de cada respiración como por ejemplo en estudios de Ergonomía determinando el gasto energético
- Funciona a través del software metasoft 1.11, para el control de todas las variables ventilatorias y cardiaca.
- Transductor Vol. Tipo turbina, digital.

- Rango de medición ventilatorio de 0.1 - 12 l/s. Resultados de mediciones confiables y reproducibles en un extenso rango ventilatorio.

Conos: 4 en total se utilizaron para demarcar la pista cada 50 m. Tienen una altura de 30 cm. y son plásticos.

Pulsómetro: Monitor de ritmo cardiaco Polar serie S 610 (Polar Electro Oy, Finland). Consta de un transmisor cardiaco (sensor en el tórax sin cables) y un microordenador receptor/monitor tipo CMOS, digital LCD integrado en caja de reloj de pulsera. Monitoriza y guarda en memoria la frecuencia cardiaca registrada cada 5 segundos. Para la descarga de estos datos utiliza el software Polar Precisión Performance versión 4.01 (2004), a través de una interfase de rayos infrarrojos.

Ordenador: Portátil (IBM) para alojar software del: Metamax II, pulsímetro Polar S610, software *TIVRE-PATIN* v1.0 , SPSS, Excel y tratamiento de texto.

Estación meteorológica: Es un barómetro de mercurio, con rango de 700 a 790 mmHg y una precisión de ± 1 mmHg; higrómetro por el método del globo húmedo, con rango de 0 a 100 %; y termómetro de alcohol con rango de $- 30$ a 60 °C.

Anemómetro: Termo-anemómetro Kitesurf (Suiza). Es eléctrico de aspas giratorias con sensor de temperatura incorporada. Utiliza cojinetes de alta precisión y un impulsor de bajo peso para proporcionar mediciones exactas de viento o del flujo de aire incluso a bajas velocidades.

- Dimensiones 105 * 40 * 15 mm.
- Alta precisión.
- Pantalla de cristal líquido.
- Velocidad del aire (Nudos, Metros por segundo, Kilómetros por hora, Millas por hora, Pies por minuto).
- Temperatura (Centígrados, Fahrenheit).
- Su funcionamiento es con batería de Lithium 3V.
- Su peso es de 52 gramos.

3.3 METODOS

3.3.1 Cineantropometría

Antes de realizar los test de la segunda fase experimental, se llevó a cabo un análisis antropométrico. Las técnicas llevadas a cabo fueron las sugeridas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) y el grupo Español de Cineantropometría (GREC). Se determinaron las siguientes mediciones:

Peso, talla, pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, subescapular, suprailiaco, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pantorrilla), diámetros (biepicondileo biestiloideo y bicondileo) y perímetros (brazo relajado, brazo tenso, muslo superior y pierna).

Con estas variables se calcularon:

1. Composición corporal: Determinado a partir del modelo de cuatro componentes, como el peso residual, peso óseo, peso muscular, y peso graso, según el Grupo Español de Cineantropometría (GREC, 1993). Fundamentados en la propuesta de De Rose y Guimaraes (De Rose 1980, 1984).
2. Somatotipo: De acuerdo al método descrito por Carter y Heath (1990).

A continuación se realizará una descripción detallada de las diferentes ecuaciones utilizadas para conocer las variables de la composición corporal sugeridas por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC, 1993).

Masa Osea: Para el cálculo de esta variable se utilizó en este protocolo la fórmula de Von Döbelen (1964) y modificada por Rocha (1975).

$$PO = 3,02 * (H^2 * B * F * 400)^{0,712}$$

Donde:

H = Estatura en metros

B = Diámetro biestiloideo en metros

F = Diámetro biepicondilar del fémur en metros

Masa Residual: El cálculo de la masa residual está en función del peso y el género del individuo. El peso residual (PR) se determina según Würch, (1974) atendiendo a estas ecuaciones:

Mujeres PR = Peso corporal total (20,9/100)

Hombres PR = Peso corporal total (24,1/100)

Masa Grasa (% G): Según Mc Cargar 1992, la ecuación de Yuhasz 1974 es bastante aceptada en poblaciones deportivas.

Mujeres: $\Sigma 6$ pliegues * (0,1548) + 3,5803

Hombres: $\Sigma 6$ pliegues * (0,1051) + 2,585

Donde los pliegues utilizados para estas ecuaciones son: *Triceps, abdominal, subescapular, muslo anterior, suprailíaco y pierna.*

Masa Muscular: Masa muscular (PM) calculado por De Rose y Guimares (1980, 1984) previamente habiendo conocido las masas óseas (PO), grasas (PG), residual (PR) y total (PT).

$$PM = PT - (PG + PO + PR)$$

La determinación del Somatotipo se realizó de acuerdo a Carter (1975). Es la descripción de la configuración morfológica de un individuo, en el momento que la evaluación se realiza. Se expresa con una calificación integrada por tres números separados por guiones. Cada uno de ellos enteros o por fracciones, representan la proporción de integración de los tres componentes primarios del cuerpo: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, las cuales tiene su origen en las tres capas embrionarias: endodermo, mesodermo y ectodermo.

Para el cálculo de los componentes se emplean las formulas computaciones de la técnica de análisis señalada por Carter (1975).

Endomorfia (I): Esta se refiere a la adiposidad relativa del físico de un individuo. Para determinarla se integran los panículos del tríceps, subescapular y suprailíaco de la siguiente forma:

$$I = -0,7182 + 0,1451 (X) - 0,00068 (X^2) + 0,0000014 (X^3)$$

Donde X = suma de los panículos tríceps, subescapular y suprailíaco.

El valor obtenido se corrige en función de la diferencia entre la talla del individuo y la del Phantom (Ross, W.D and Wilson, 1974), de la siguiente manera:

$$X = X * (170,18/E)$$

Donde E = talla del sujeto en centímetros y 170,18 la talla del Phantom.

Mesomorfia (II) : Es representativa del desarrollo músculo-esquelético por unidad de talla. Se calcula de la siguiente forma:

$$II = 0,858 (DH) + 0,601 (DF) + 0,188 (CBC) + 0,161 (CPC) - 0,131 (h) + 4,50$$

Donde: DH = Diámetro del húmero en centímetros.

DF = Diámetro del fémur en centímetros.

CBC = Circunferencia del bíceps corregida.

CPC = Circunferencia de la pantorrilla corregida.

H = Estatura en centímetros.

Las circunferencias del bíceps y la pantorrilla se corrigen restándole el panículo del tríceps y el de la pantorrilla; respectivamente, previamente dividido entre diez.

Ectomorfia (III) : Se refiere a la linealidad relativa del físico de los sujetos. Evalúa la forma y grado de distribución longitudinal de los dos primeros

componentes. Los valores que alcanza depende casi en su totalidad del índice ponderal.

$$IP (HWR) = E / \sqrt[3]{M} = E / M^{33}$$

Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Si } HWR > 40,75 : III = HWR * 0,732 - 28,58$$

$$\text{Si } HWR < 40,75 \text{ y } > 38,25 : III = HWR * 0,463 - 17,63$$

$$\text{Si } HWR < 38,25, \text{ entonces } : III = 0,1$$

Los resultados a nivel de cada componente son utilizados para determinar los valores de las coordenadas X-Y, luego para representar los valores promedio de cada somatotipo en el formato correspondiente. Los cálculos de estas variables se realizan de acuerdo a lo establecido por Carter (1975), de la siguiente manera:

$$\text{Coordenada X} = III - I$$

$$\text{Coordenada Y} = 2 * II - (I + III)$$

Después de estas mediciones realizadas a todos los patinadores participantes de la investigación se procedió a realizar los respectivos test de laboratorio y de campo en la segunda fase experimental.

3.3.2 Test en Primera y Segunda Fase Experimental

En el desarrollo de las fases experimentales realizadas en la presente investigación, se efectuaron diferentes test tanto de laboratorio como de campo, donde cada test tiene una nomenclatura específica, para diferenciarlos. Los cuales se encuentran en la Tabla 4.

Nomenclatura test	Nombre Test	Fase Desarrollo
L15	1º Test de Laboratorio	1ª Experimental
L25	2º Test de Laboratorio	1ª Experimental
C1	1º Test de Campo	1ª Experimental
C2	2º Test de Campo	1ª Experimental
L6	Test Continuo de Laboratorio	2ª Experimental
K	Test Continuo de Campo	2ª Experimental
C3	1º Test de Campo	2ª Experimental
C4	2º Test de Campo	2ª Experimental

Tabla 4. Nombres de los diferentes test desarrollados en la investigación y su respectiva fase.

3.32.1 Test en la Primera Fase Experimental

Una primera fase experimental se desarrolló durante el macrociclo específico precompetitivo en el año 2005. Consistió en la realización en el mes de febrero (inicio del macrociclo), de un test máximo sobre el cicloergómetro, incremental e interválico, determinándose valores máximos a través de la ergoespiometría: consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$), frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) y valores en el umbral anaeróbico (VT2 y UA), de acuerdo a los criterios de Davis J. (1985); Davis J. y cols. (1997). Al cabo de 3 días y respetando los procesos de recuperación, se realizó el test de campo, con ergoespiometría en el patinódromo, siguiendo la metodología de Probst y cols. (1989) y la metodología de Conconi y cols. (1982, 1996), adaptadas al patinaje. Fué un test máximo e interválico, con la finalidad de conocer y adaptar las cargas ideales del test y poder conocer los valores máximos, al igual que en el umbral anaeróbico.

Al cabo de 10 semanas, se volvieron a repetir estos mismos test para ver la reproducibilidad y mejoría de los mismos, para poder asignar las adaptaciones que fueron necesarias para el buen desarrollo del test de campo, realizado en la fase decisiva.

Este proceso se llevó a cabo entre los meses de febrero y abril del año 2005, en el desarrollo de la fase específica y pre-competitiva; prosiguiendo la investigación en la siguiente temporada 2006. Los test se llevaron a cabo en las mismas fases de su preparación en las dos temporadas de acuerdo al plan de entrenamiento (Anexo IV). También en el transcurso de sus respectivos macrociclos se controlaron en varias ocasiones tanto en entrenamientos como en competición la frecuencia cardiaca a través del pulsómetro S610.

3.3.2.1.1 Test de Laboratorio Interválico (L15 – L25)

Los patinadores fueron sometidos a un test máximo, incremental, progresivo e interválico hasta el agotamiento en el cicloergómetro (Cyclus 2). Previo al test se estandarizó un calentamiento de 10 minutos (con velocidad y desarrollo libre, pero entorno a los 60-70 vatios). Posteriormente se montó el equipo para el control de las variables ventilatorias, se dio inicio al test con una carga de 100 vatios (W) con incremento de 50 W cada 4 minutos, y pausa de 1 minuto (Figura 5). La cadencia fue constante durante el test 70 (rpm). Durante el test se controlaron la frecuencia cardiaca cada 5 segundos por medio del Polar S-610. El análisis de gases, se realizó con el Metamax II, cada 10 segundos durante todo el esfuerzo en la prueba y finalizada la misma. Las condiciones del laboratorio fueron constantes, de 20 °C y una humedad relativa del 45 %. Los test se llevaron a cabo en horas de la mañana (entre las 7 h y las 12 h).

Se recomendó a todos los deportistas a evaluar, realizar un entrenamiento ligero el día anterior a la prueba de esfuerzo y una dieta rica en hidratos de carbono. Las variables obtenidas en la prueba fueron el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), ventilación (VE), el cociente respiratorio (QR), carga de trabajo en vatios (W) y la frecuencia cardiaca (FC) en cada uno de los estadios del test.



Figura 5. Test de laboratorio, realizado con los patinadores en la fase experimental.

Posteriormente se identificó el umbral ventilatorio (VT₂), atendiendo al criterio del incremento del Eq O₂ (VE/VO₂) con un incremento paralelo del Eq CO₂ (VE/VCO₂) (Davis J. 1985); (Davis J. y cols, 1997). De acuerdo al valor máximo determinado de VO₂máx, el cual se obtuvo al tener el pico más alto durante el test.

3.3.2.1.2 Test de Campo Interválico (C1 – C2)

Tres semanas antes de dar inicio a los test, se realizó un simulacro con los patinadores participantes en la investigación, para el test de campo, ya que era una experiencia nueva y única para ellos. Así se familiarizaron con el test y controlaron el ritmo de carrera acorde a las señales acústicas, impuestas por medio de pitidos, teniendo presentes los tiempos establecidos para esta fase experimental. Al no contar con un test de campo de referencia para este deporte, se adaptaron la velocidad inicial y aumentos de acuerdo a los tiempos empleados por los patinadores en dar una vuelta lenta y rápida al patinódromo, de 200 metros de longitud, al igual la recuperación entre lapsos de los

períodos, adaptando los tiempos para esta fase experimental, específicas para este test.

Periodo	Velocidad (Km/h)	Tiempo por vuelta (s)	50 m. (tiempo parcial) (s)	Tiempo total período (s)	Distancia recorrida (m)
1	24	30	7,5	180	1200
2	25,5	28,23	7,05	169,38	2400
3	27	26,66	6,66	159,96	3600
4	28,5	25,26	6,31	151,56	4800
5	30	23,99	5,99	143,94	6000
6	31,5	22,85	5,71	137,1	7200
7	33	21,81	5,45	130,86	8400
8	34,5	20,86	5,21	125,16	9600
9	36	19,99	4,99	119,94	10800
10	37,5	19,19	4,79	115,14	12000
11	39	18,46	4,61	110,76	13200
12	40,5	17,77	4,44	106,62	14400

Tabla 5. Tiempos y velocidad por periodo del test de campo en la fase experimental.

72 horas después de realizado el test de laboratorio, se llevó a cabo el test de campo. Para ello se adaptaron las cargas y se controló el ritmo de carrera a través de una señal acústica por medio de un cronómetro especial el cual emitía un pitido, cada cierto tiempo, que coincidía con una distancia de cada 50 m (Tabla 4). También se recoge la velocidad inicial (24 km/h) e incremento por cada período (1,5 km/h o 1200 m de distancia recorrida), donde el patinador pasaba en ese preciso instante, teniendo en cuenta la metodología continua de Conconi y cols. (1982, 1996) y la interválica de Probst y cols. (1989). De esta forma se podía conocer valores máximos y en umbral anaeróbico, con su respectiva frecuencia cardiaca y velocidad de carrera, al igual la recuperación entre los períodos y finalizado el test. Los patinadores realizaron el test con la indumentaria de entrenamiento, ya que se desarrolló sobre el patinódromo. El margen de recuperación entre el test de laboratorio y

el de campo fue de 3 días, dando un máximo de 7 días de diferencia entre test y test.

En el desarrollo de la primera fase experimental, se trató de conocer parámetros ventilatorios y cardiacos, y ver su comportamiento durante el test, controlando las intensidades adecuadas de la carga impuesta en el test de campo y obtener resultados positivos para enfocar mejor la fase decisiva. En el test de cargas progresivas, máxima y discontinuo, se estandarizó un calentamiento de 10 minutos, cada deportista con su indumentaria e implementación específica para el desarrollo del test sobre el patinódromo. Posteriormente se montó el ergoespirómetro portátil Metamax II, con el cual se pudo evaluar un sólo deportista por test, ya que nada más se contaba con un solo equipo, controlando con éste las variables ventilatorias. Con el pulsómetro (polar S610), se registraba la frecuencia cardiaca cada 5 segundos, durante todo el test y finalizado el mismo para ver su recuperación y realizar el respectivo análisis de la curva de la frecuencia cardiaca.

Se dio inicio al test con una velocidad de 24 Km/h y fue aumentando la velocidad en 1,5 Km/h entre período y período, al realizar 6 vueltas completas al patinódromo (es decir 1200 m de distancia total por periodo). Durante el trayecto del patinódromo de 200 m se encontraban cada 50 m una señalización visual, marcada por un cono, donde el patinador controlaba su velocidad de carrera a través de la señal acústica emitida por el cronómetro (Figura 6). Después de rodar las 6 vueltas, entre período y período, se prosiguió con una recuperación de 30 segundos (s), para luego dar inicio al otro período en el mismo punto de partida, con su respectivo aumento, hasta llegar al agotamiento, momento determinado porque el patinador no llegaba al punto señalado cuando sonaba la señal acústica.

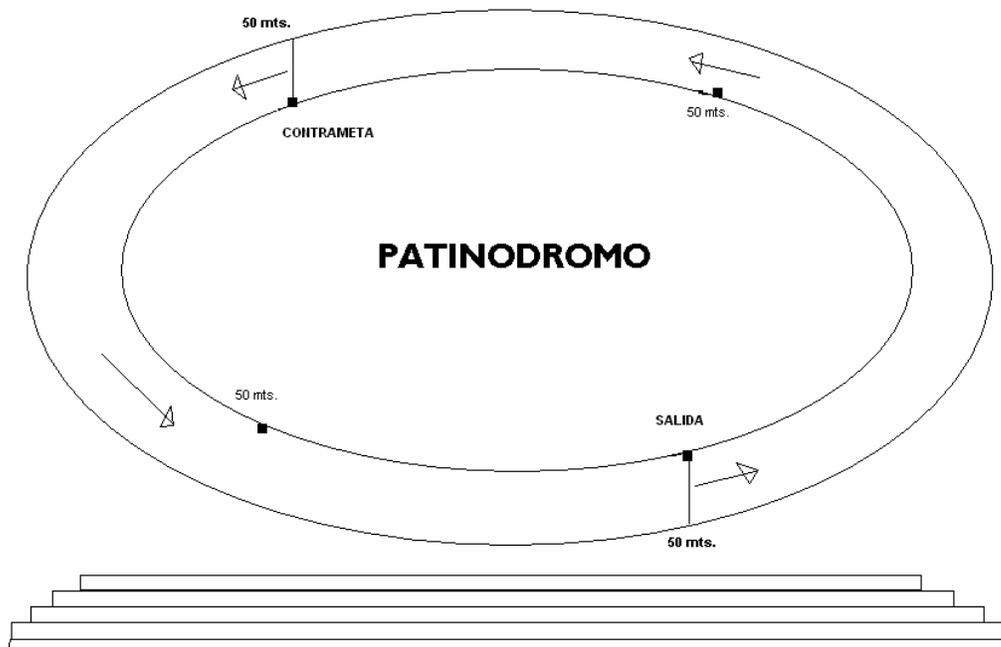


Figura 6. Recorrido del test de campo en el patinódromo.

3.3.2.2 Test en la Segunda Fase Experimental

3.3.2.2.1 Test de Campo Continuo (K) (Test de Conconi adaptado a patinaje)

Se realizó en la etapa específica de su preparación deportiva, en el año 2006. Se controló la frecuencia cardiaca en el transcurso del test y la velocidad de carrera, impuesta por medio de pitidos cada 50 metros. Se estandarizó un calentamiento de 15 minutos, para luego dar inicio al test a una velocidad de 21,2 km/h en la pista del patinódromo, rodando 4 vueltas completas con esta misma intensidad, impuesta por medio de un silbato, el cual se hacía sonar cierto tiempo coincidiendo con un cono el cual estaba ubicado cada 50 metros, teniendo una ayuda visual y sonora, para mantener el ritmo de velocidad del patinador.

Periodo	Vel (Km/h)	Tiempo por vuelta (s)	50 m. (tiempo parcial) (s)	Tiempo total período (s)	Distancia recorrida (m)
1.	21,2	33,96	4,24	67,92	400
2.	21,8	33,02	4,12	66,04	800
3.	22,4	32,14	4,01	64,28	1200
4.	23	31,30	3,91	62,6	1600
5.	23,6	30,50	3,81	61	2000
6.	24,2	29,75	3,71	59,5	2400
7.	24,8	29,03	3,62	58,06	2800
8.	25,4	28,34	3,54	56,68	3200
9.	26	27,69	3,46	55,38	3600
10.	26,6	27,06	3,38	54,12	4000
11.	27,2	26,47	3,30	52,94	4400
12.	27,8	25,89	3,23	51,78	4800
13.	28,4	25,35	3,16	50,7	5200
14.	29	24,82	3,10	49,64	5600
15.	29,6	24,32	3,04	48,64	6000
16.	30,2	23,84	2,98	47,68	6400
17.	30,8	23,37	2,92	46,74	6800
18.	31,4	22,92	2,86	45,84	7200
19.	32	22,5	2,81	45	7600
20.	32,6	22,08	2,76	44,16	8000
21.	33,2	21,68	2,71	43,36	8400
22.	33,8	21,30	2,66	42,6	8800
23.	34,4	20,93	2,61	41,86	9200
24.	35	20,57	2,57	41,14	9600
25.	35,6	20,22	2,52	40,44	10000

Tabla 6. Tiempos y velocidad de los periodos en el test de campo continuo.

Después de rodar las 2 vueltas (400 metros), se aumentaba la velocidad en 0,6 km/h (Tabla 5), pero sin dar ningún tipo de descanso o recuperación entre cambios de velocidad, de tal manera que era continuo hasta el

agotamiento o se viera que el patinador no llegaba con exactitud al punto de referencia. La finalidad de este test fue ver la evolución de la frecuencia cardíaca y poder determinar el umbral anaeróbico (UA) por medio de la deflexión de la curva de la misma; metodología descrita por Conconi y cols (1982, 1996), adaptada al patinaje de velocidad sobre ruedas, y así comparar los resultados con el test interválico objeto de esta investigación.

3.3.2.2.2 Test de Laboratorio Continuo (L6)

Se llevó a cabo en esta fase, un test de laboratorio continuo y máximo sobre el cicloergómetro (Cyclus 2). Se determinaron los parámetros fisiológicos vinculados a la cualidad aeróbica, mediante el analizador de gases Metamax II: VO₂ máx., umbral anaeróbico (VT2 y UA) y la frecuencia cardíaca máxima, que se controló con el pulsómetro Polar S610, durante todo el test, registrada cada 5 segundos, para su posterior descarga por medio del software Polar Precisión Performance versión 4.01 y análisis respectivo. Previamente se estandarizó un calentamiento de 10 min, con una resistencia de 60 W, antes de dar inicio al test se realizaron los respectivos ajustes a los equipos y se acoplaron al deportista. Al cabo de 3 minutos, empezó el test con una resistencia de 100 W, con incrementos de 20 W cada minuto, manteniendo en todo momento un ritmo de cadencia de 70 rpm como mínimo. El test finalizó cuando el sujeto evaluado no podía mantener el ritmo o por fatiga muscular local o general.

3.3.2.2.3 Test de Campo Interválico (C3 – C4)

Con los datos obtenidos en el test de campo de la fase experimental del año 2005, se ajustaron los ritmos y las fases de recuperación. Para poder tener un mejor control del ritmo de carrera, a través de la señal acústica, no solamente para los deportistas, sino también para el evaluador o entrenador; el Dr. Juan Carlos Morante Rábago, profesor Titular del Dpto de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León (España), y miembro del Grupo de investigación VALFIS (Valoración de la condición física en relación con la

salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo) del Dpto de Educación Física y Deportiva y del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León (España), desarrolló un software *TIVRE-PATIN*[®] v1.0 para el desarrollo del test de campo, estando patentado en el registro de la Propiedad Intelectual en España. EL software gobierna el ritmo y velocidad del test mediante la emisión de una señal acústica a través de unos pitidos (*beep*) cada 50 m, al igual que regula el tiempo de recuperación y aumento de velocidad de un período a otro, la velocidad y tiempo máximo alcanzado en el test, de tal forma que facilita el buen desarrollo y funcionamiento del test de campo, tanto visual como sonoro, siendo una herramienta indispensable para su fácil ejecución en el lugar de entrenamiento por parte de los patinadores. (Figura 7).

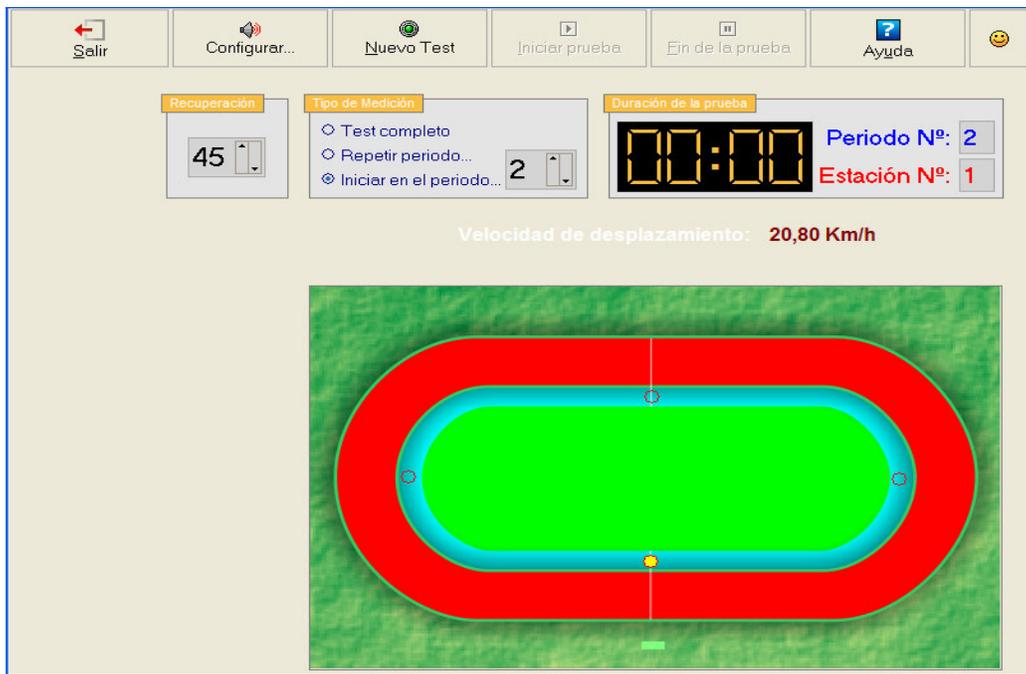


Figura 7. Software *TRIVE-PATÍN*[®] versión 1.0, para el desarrollo del test de campo.

En este sentido se prosiguió con la fase decisiva con los ajustes realizados a la fase experimental en el test de campo. Se estandarizó un calentamiento de 10 minutos, sin portar ningún tipo de equipo o material. Al cabo este tiempo se montó el equipo Metamax II y el pulsómetro S610, para

controlar las variables ventilatorias y cardiacas. Se dio inicio al test en la línea de meta, con una velocidad de 20,8 Km/h, siguiendo el mismo mecanismo del primer test, donde cada 50 m había una señal visual, referenciada por un cono, con la finalidad de llevar el ritmo de carrera por medio de la señal acústica enviada por el *software TIVRE-Patín®* v.1.0. rodando durante 4 vueltas completas al patinódromo (800 metros).

Periodo	Vel. (Km/h)	Tiempo por vuelta (s)	50 m. (tiempo parcial) (s)	Tiempo total período (s)	Distancia recorrida (m)
2	20,8	34,61	8,65	138,4	800
3	21,6	33,33	8,33	133,28	1600
4	22,4	32,14	8,03	128,48	2400
5	23,2	31,03	7,75	124	3200
6	24	30	7,5	120	4000
7	24,8	29,03	7,25	116	4800
8	25,6	28,12	7,03	112,48	5600
9	26,4	27,27	6,81	108,96	6400
10	27,2	26,47	6,61	105,76	7200
11	28	25,71	6,42	102,72	8000
12	28,8	25	6,25	100	8800
13	29,6	24,32	6,08	97,28	9600
14	30,4	23,68	5,92	94,72	10400
15	31,2	23,07	5,76	92,16	11200
16	32	22,50	5,62	89,92	12000
17	32,8	21,95	5,48	87,68	12800
18	33,6	21,42	5,35	85,6	13600
19	34,4	20,93	5,23	83,68	14400
20	35,2	20,45	5,11	81,76	15200
21	36	20	5	80	16000
22	36,8	19,56	4,89	78,24	16800

Tabla 6. Velocidad inicial y aumentos del test de campo, de la segunda fase experimental.

En la Tabla 6 se muestran la velocidad inicial y aumento de acuerdo a cada período, ya ajustados de la primera fase experimental. Finalizado el primer período en el mismo sitio de inicio, había un período de recuperación de 45 segundos, deslizándose sobre los patines sin mover las piernas y volver al punto de partida, para continuar con el siguiente período, con un aumento en la velocidad, de 0,8 Km./h; así sucesivamente hasta que el patinador no podía soportar la velocidad impuesta o llegaba a su agotamiento. En la Figura 8 se aprecia el desarrollo del test de campo, con el equipo de análisis de gases.



Figura 8. Test de campo realizado a todos los patinadores en la segunda fase experimental (n=40).

En la Tabla 7 se muestra los tipos de protocolos que conforman los diferentes tests de laboratorio y de campo realizados en este trabajo. En la primera fase experimental se realizó el test L15 y L25 como test clásico de laboratorio utilizado para valorar a los patinadores en laboratorio, mientras que el test de campo interválico C1 y C2 fue uno de los prototipos (tras diferentes pruebas de ensayo-error) del test TIVRE-PATIN que se corresponde con el Test de campo interválico C3 y C4. El test K es un test de Conconi de campo adaptado al patinaje sobre ruedas en línea y el Test L6 es un test de laboratorio

con protocolo en rampa para una mejor identificar del umbral anaeróbico ergoespirométrico en laboratorio.

TEST	L15-L25	C1-C2	K	L6	C3-C4
Tipo	Laboratorio	Campo	Campo	Laboratorio	Campo
Desarrollo	Discontinuo	Discontinuo	Continuo	Continuo	Discontinuo
Ergómetro	Bicicleta	Patinódromo	Patinódromo	Bicicleta	Patinódromo
Calentar	10 min a 60-70 vatios	10 min	15 min	10 min a 60 vatios	10 min
Intensidad inicial	100 vatios	24 km/h	21,2 km/h	100 vatios	20,8 km/h
Incremento intensidad	50 vatios a 70 rpm	1,5 km/h	0,6 km/h	20 vatios a 70 rpm	0,8 km/h
Duración estadio	4 min	1.200 m (6 vueltas)	400 m	1 minuto	800 m (4 vueltas)
Duración pausa	1 minuto	30 segundos	No existe	No existe	45 segundos

Tabla 7.-Características de los diferentes protocolos realizados a los patinadores de la Selección Nacional de Colombia en las 2 fases del estudio.

3.4 Criterios ventilatorios y frecuencia cardiaca en la determinación del umbral anaeróbico

El método utilizado por Davis J. (1985) Davis y cols (1997), utilizando los equivalentes ventilatorios, concluye es el más adecuado para definir el umbral anaeróbico (UA) con medidas no invasivas, en comparación con el cálculo invasivo por medio de la observación de los cambios en la concentración sanguínea de lactato (López, C. J. y Legido Arce, J.C., 1991; López, C. J. y cols, 2004).

A partir del Umbral Anaeróbico Ventilatorio (VT2), el incremento de VO_2 permanece lineal, mientras que el VCO_2 aumenta de forma acelerada como consecuencia de la amortiguación del ácido láctico por el bicarbonato. También aumenta la VE. El Equivalente ventilatorio del CO_2 (VE/CO_2) ($Eq CO_2$) permanece inalterable o incluso disminuye, mientras que el Equivalente ventilatorio del O_2 (VE/VO_2) ($Eq O_2$) comienza a elevarse por encima de dicho umbral. Por lo tanto el VT2 por medio ventilatorios se determinó en el momento

descrito anteriormente. (Davis J. 1985; Davis J. y cols, 1997). Se aprecia en la Figura 9 como determinar los umbrales de acuerdo a los parámetros ventilatorios. Estos umbrales se determinaron tanto en los test de laboratorio como de campo, ventilatoriamente, para luego compararlos con la determinación del umbral anaeróbico de los test de campo a través de la deflexión de la curva de la frecuencia cardiaca, utilizando la metodología de Conconi y cols. (1982, 1996) y la intervállica utilizada también por Probst y cols (1989), con la finalidad de darle validez al test de campo específico para patinaje de velocidad sobre ruedas, objeto de esta investigación (Figura 10).

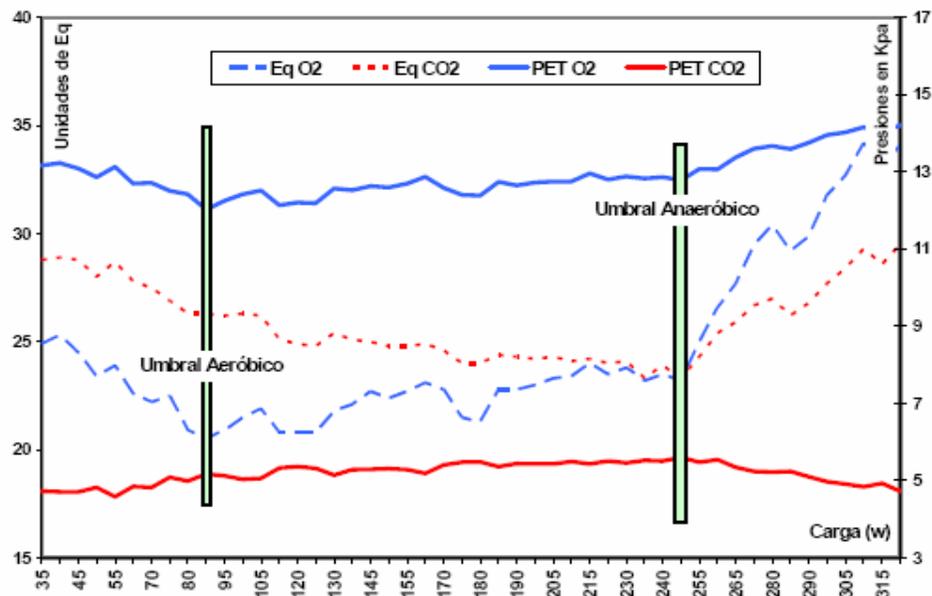


Figura 9. Método para la determinación de umbral ventilatorio, Davis (1985, 1997).

También se pueden utilizar otros parámetros para hallar el umbral anaeróbico ventilatorio: enfrentar la producción de VCO_2 y la de VO_2 en una gráfica, “V-slope” y así determinar el punto en que se pierde la linealidad de la recta.

En la Figura 10 se puede apreciar como se determina el UA a través de la deflexión de la curva de la frecuencia cardiaca determinada en los diferentes test y correlacionarla con los valores determinados en los test de laboratorio.

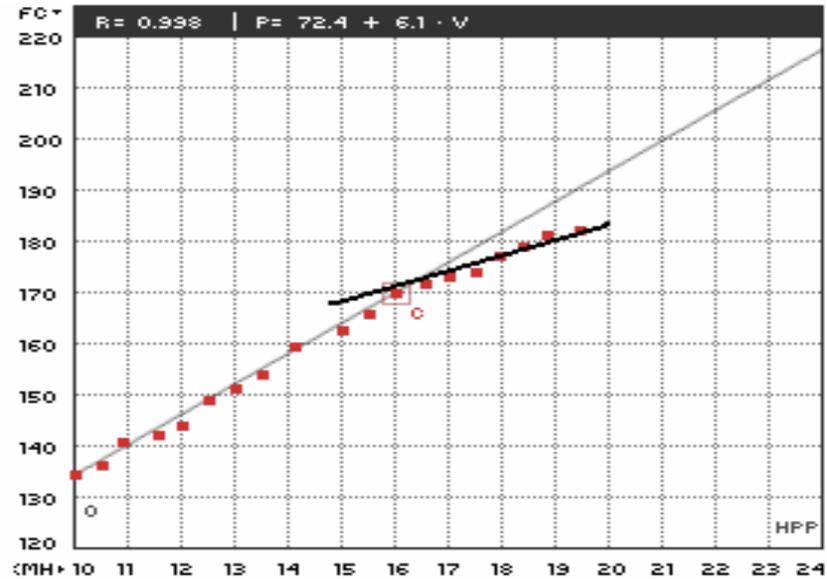


Figura 10. Determinación umbral anaeróbico (UA) a través de la metodología del test de Conconi y cols. (1982, 1996)

3.4 ANALISIS ESTADISTICO

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa estadístico SPSS v 14. Para el estudio de las diferencias entre los 2 primeros test, uno de laboratorio y el otro de campo de la fase experimental, los cuales a su vez se repitieron al término de 10 semanas de su preparación específica y precompetitiva, se realizó una t-Student de probabilidad ajustada para muestras relacionadas, para analizar la evolución de un deportista a lo largo del proceso de preparación, para determinar las correlaciones entre las variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Igual tratamiento se realizó con los test de la segunda fase experimental y luego entre las dos fases experimentales para analizar la correlación entre las variables relacionadas, en especial los umbrales determinados tanto en los test de laboratorio como en los

test de campo, respectivamente, de acuerdo a los valores del umbral ventilatorio (VT2), Davis J. (1985); Davis J. y cols, (1997), como de la deflexión de la curva de la frecuencia cardiaca (UA) Conconi y cols (1982 y 1996), de acuerdo a su velocidad de carrera.

El registro de los datos y tratamiento gráfico de los resultados encontrados se llevó a cabo con el programa Microsoft® Excel, 2003 (versión 7). Y para el tratamiento estadístico se ha utilizado el programa SPSS versión 14 (Chicago, IL), instalado previamente en el ordenador portátil IBM. Con el, se determinó las diferencias significativas entre los valores máximos, en el umbral anaeróbico, porcentajes de estos valores y recuperación de la frecuencia cardiaca, de los diferentes test, de acuerdo a las variables relacionadas entre si, utilizando la t-Student para datos relacionados. Valores considerados estadísticamente significativos con * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$ y *** = $p < 0,001$; como también n.s. = no significativo. La relación entre variables fue determinada mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) para variables cuantitativas, con una $r = 0,60$ o mayor y nivel de significancia de * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$. Los resultados se expresan como media \pm error estándar de la media (EEM).



IV.RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1 ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO

Se analizan los resultados obtenidos en variables antropométricas en patinadores de la Selección Nacional de Colombia de acuerdo a su género, al igual que en función de la especialidad deportiva (de fondo para ambos respectivamente y velocidad para hombres).

En la Tabla 8 se muestra los valores de edad, peso y talla de acuerdo al género de los patinadores evaluados, encontrando diferencias significativas en el peso y la talla.

Variabes	EDAD (años)	PESO (Kg)	TALLA (cm)
HOMBRES (n=14)	18,24 ± 0,52	62,03 ± 1,06 ***	170,22 ± 0,95 ***
MUJERES (n=7)	17 ± 0,56	50,74 ± 1,07 ***	161,01 ± 1,36 ***

Tabla 8. Edad y parámetros antropométricos en función del género. Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: *** = p<0,001.

En la Tabla 8 se muestra que no hay diferencias significativas en cuanto a la edad entre los géneros, siendo una edad idónea para el alto rendimiento en el deporte de patinaje de velocidad sobre ruedas (entre los 18 a los 25 años de edad según Marino, F. 1998). Respecto al peso de los patinadores evaluados de acuerdo a su género encontramos que las mujeres son significativamente un 18% menos pesadas, posiblemente relacionado con su menor masa muscular y atendiendo a parámetros antropométricos normales en población de su edad. Igualmente la estatura es un 4,5% mayor en los hombres, en rangos de normalidad de su población.

Al hacer una descripción más detallada por especialidad deportiva en la tabla 9 se muestran las características físicas de los patinadores evaluados. EN las especialidades de fondo y velocidad en hombres no se aprecian diferencias significativas entre especialidades del mismo género; en cuanto a las mujeres con especialidad fondo, frente a los hombres con especialidad fondo, se

aprecia que para la variable de la edad no hay diferencias significativas, lo contrario para el peso y la talla; en cuanto a las mujeres fondo y hombres velocidad, encontramos que en el peso hay diferencias significativas; en cuanto para el peso y la talla se encuentran diferencias significativas.

Variables	EDAD (años)	PESO (kg)	TALLA (cm)
PATINADORES FONDO	17,71 ± 0,53	61,31 ± 1,25	171,08 ± 1,08
PATINADORES VELOCIDAD	19,67 ± 1,24 *	63,94 ± 2,01 ***	167,94 ± 1,86 ***
PATINADORAS FONDO	17,82 ± 0,59	50,27 ± 1,2 ###	161,25 ± 1,57 ###

Tabla 9. Edad y parámetros antropométricos por especialidad deportiva y género. Valores medios ±E.E.M. Diferencias significativas entre hombres en patinadores de fondo y velocidad(*), y de género en patinadoras de fondo (#): ### y *** = p < 0,001; *= p < 0,05.

La composición corporal determinada en los patinadores hombres y mujeres (Figura 11) presenta diferencias significativas en todas las variables determinadas en ambos géneros, observándose un mayor porcentaje graso (6%) en las mujeres que en los hombres, factor primordial para el buen desempeño en cualquier deporte (tener un % graso no tan elevado es objetivo y disponer una mayor masa muscular para poder desarrollar una mejor resistencia al esfuerzo realizado tanto en entrenamientos como en competición). Igualmente su porcentaje y peso muscular es significativamente mayor para los hombres que en las mujeres (Figura 11).

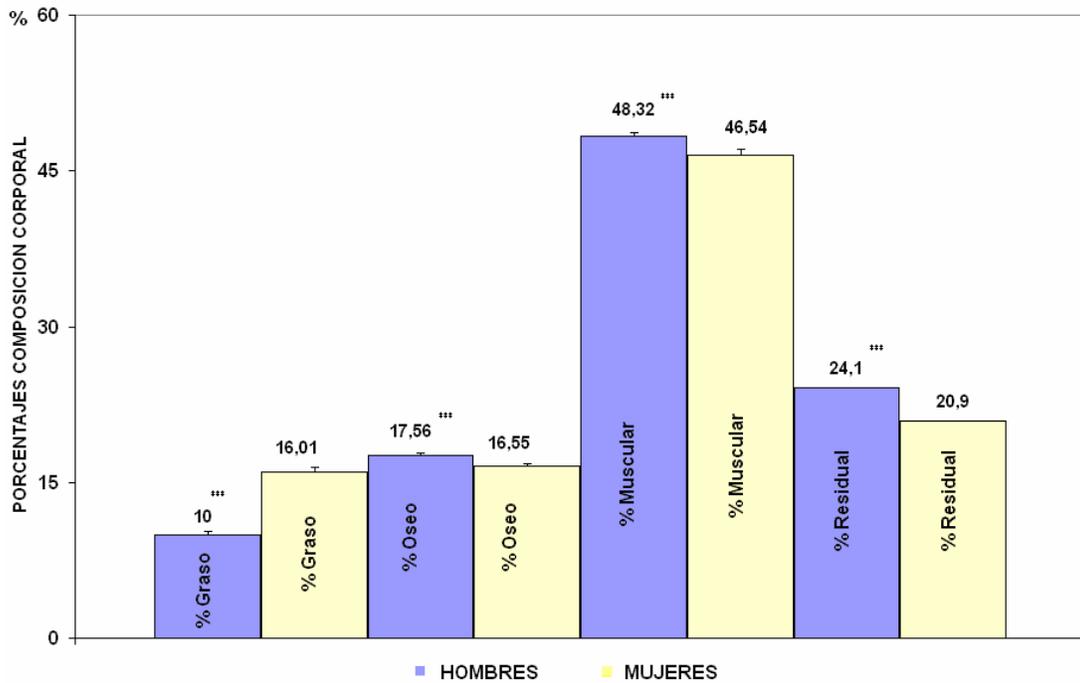


Figura 11.-Composición corporal en patinadores de ambos géneros. Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas: *** $p < 0,001$.

En la Tabla 10 se muestra la composición corporal determinada en los patinadores de acuerdo a su especialidad deportiva y género, encontrando en hombres diferencias significativas en función de su especialidad de fondo y velocidad, siendo un 0,92 % significativamente superior en hombres de patinaje de velocidad. Las diferencias de género en la especialidad de fondo muestran diferencias significativas en todas las variables. Con respecto a la especialidad velocidad, las diferencias significativas encontradas en relación a las patinadoras de fondo se encuentran en el % graso en un 5,25 % significativamente superior en mujeres en cuanto a la especialidad de patinaje y género; al igual que en el peso muscular se encontró un 7,97 % y un 1,6 % respectivamente mayor para los hombres en relación a las mujeres teniendo en cuenta la especialidad deportiva.

COMPOSICION CORPORAL	PATINADORES FONDO	PATINADORES VELOCIDAD	PATINADORAS FONDO
% Grasa	9,71 ± 0,26 ###	10,76 ± 1,01 &	16,01 ± 0,47 \$\$\$
Peso grasa (kg)	5,91 ± 0,21 ###	6,83 ± 0,59	7,90 ± 0,35
% Óseo	17,79 ± 0,23 ###	16,98 ± 0,55	16,55 ± 0,24
Peso óseo (kg)	10,77 ± 0,17 ###	10,79 ± 0,23	8,14 ± 0,24 \$\$\$
% Muscular	48,39 ± 0,24 ###	48,14 ± 1,23	46,54 ± 0,57 \$
Peso mus. (kg)	29,44 ± 0,67 ###	30,91 ± 1,57	22,94 ± 0,75 \$\$\$
% Residual	24,10 ± 0.0 ###	24,10 ± 0	20,90 ± 0
Peso residual (kg)	14,64 ± 0,30 ###	15,41 ± 0,48	10,30 ± 0,31

Tabla 10. Composición corporal de los patinadores por especialidad deportiva y género. Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas entre hombres patinadores de fondo y velocidad (&); entre hombres y mujeres patinadores de fondo (#); y entre patinadores hombre de velocidad y mujeres de fondo (\$). Nivel de significación: & y \$ = p < 0,05; ### y \$\$\$ = p < 0,001.

En la Tabla 11 se encuentran los resultados del somatotipo determinado en los patinadores de acuerdo a su género, tanto hombres como mujeres, encontrando diferencias significativas entre el componente de la endomorfía y la mesomorfía, y que se representan en la Figura 12 en la somatocarta, catalogándose en los hombres como *mesomorfo–balanceado*, mientras que en las mujeres es un somatotipo *endomorfo–ectomorfo*. Respecto al predominio de sus componentes hay que tener en cuenta que el somatotipo entre 2 y 2½ es considerados bajo; entre 3 y 5, moderado; y aquel que está entre 5½ a 7, alto (Vásquez, J., 2003).

SOMATOTIPO	Endomorfo	Mesomorfo	Ectomorfo
Hombres	3,02 ± 0,17	4,41 ± 0,17 ***	3 ± 0,16
Mujeres	4,26 ± 0,15 ***	2,87 ± 0,17	3,32 ± 0,18

Tabla 11. Somatotipo de los patinadores, en función del género, Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas entre los componentes de hombres y mujeres *** = p < 0,001.

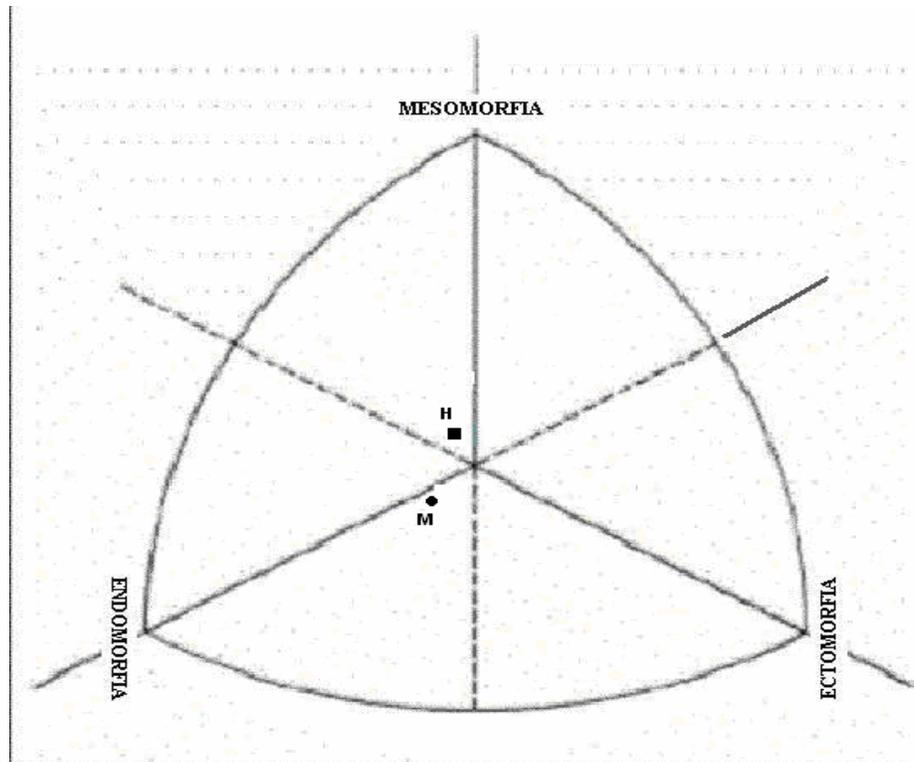


Figura 12. Somatocarta de los patinadores de acuerdo a su género. H=masculino y M = femenino.

En la Tabla 12 muestra los valores de los tres componentes del somatotipo de acuerdo a su especialidad deportiva y género, observando diferencias significativas para los hombres de acuerdo a su especialidad deportiva de fondo y velocidad en el componente de la *mesomorfía* un 35% muy significativo mayor para los velocistas, y un 9,7% significativamente menor para la *ectomorfía*. En relación a la especialidad de fondo hay diferencias de genero con una mayor mesomorfia en hombres y un 41% menor *endomorfía*. Y en relación especialidad fondo en mujeres y de velocidad en hombres, se observan las lógicas diferencias significativas en la *mesomorfía*, siendo mayor para los hombres y también se encuentran diferencias significativas en la *ectomorfía* que es mayor para las mujeres de la especialidad fondo.

SOMATOTIPO	Endomorfo	Mesomorfo	Ectomorfo
PATINADORES FONDO	2,87 ± 0,15	4,07 ± 0,16 &&&	3,29 ± 0,14 &&&
PATINADORES VELOCIDAD	3,41 ± 0,47	5,29 ± 0,27 \$\$\$	2,27 ± 0,34 \$
PATINADORAS FONDO	3,88±0,12 ###	2,89 ± 0,21 ###	3,27 ± 0,22

Tabla 12.-Somatotipo de los patinadores por especialidad deportiva y género. Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas entre patinadores hombres de fondo y velocidad (&); entre patinadores y patinadoras de fondo (#); y entre patinadores de velocidad y patinadoras de fondo (\$). &&& = p < 0,001; ### = p < 0,001; \$\$\$ = p < 0,001 y \$ = p < 0,01.

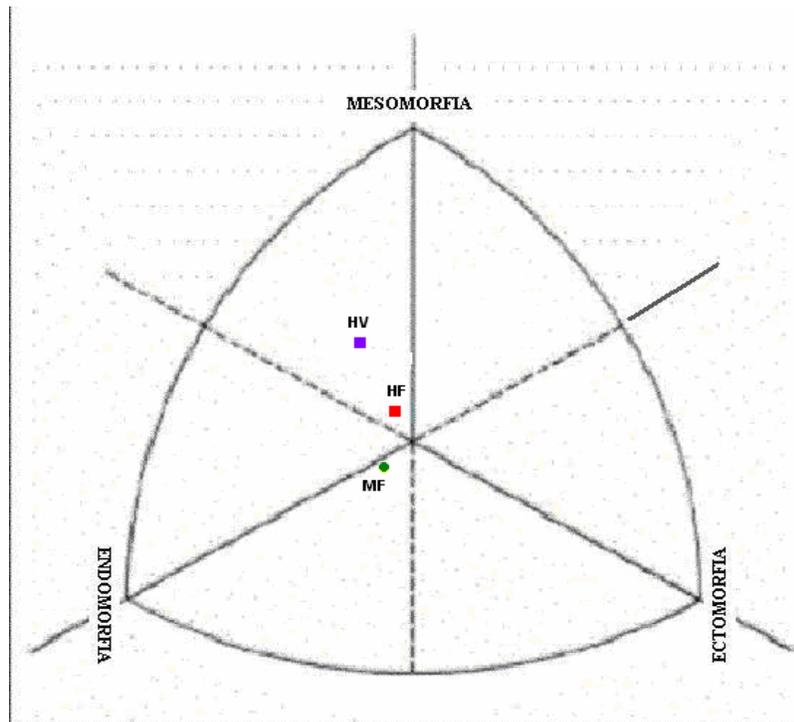


Figura 13. Somatocarta de los patinadores DE acuerdo a su género y especialidad deportiva. ■ = hombres fondo; ■ = hombres velocidad y ● = mujeres fondo.

En la somatocarta (Figura 13), que representa a los patinadores tanto por género y especialidad deportiva, se muestra que los patinadores de la especialidad fondo tienen un somatotipo *mesomorfo-ectomorfo* (predomina su masa muscular); mientras que para los patinadores de la especialidad

velocidad es un somatotipo *mesomorfo–endomorfo*, y para las mujeres un somatotipo *endomorfo–ectomorfo* (donde prima la masa grasa), con diferencias significativas en los componentes del somatotipo determinados con respecto a la especialidad deportiva de cada género respectivamente (Tabla 12).

4.2 RESULTADOS DE LOS TESTS EN PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

21 patinadores, 14 hombres y 7 mujeres, realizaron en el período específico del plan de entrenamiento primero un test de laboratorio (L15) y al cabo de 3 días, respetando los procesos de recuperación del esfuerzo anterior, realizaron un test de campo (C1) (objeto de este trabajo). También al cabo de 10 semanas, y con la finalidad de analizar la evolución durante la temporada en el período pre-competitivo de la misma, realizaron los mismos test en laboratorio (L25) y campo (C2).

4.2.1 Resultados de los Tests de Laboratorio (L15 – L25)

Los valores máximos del primer test (L15) y el segundo test (L25) de laboratorio (progresivos, maximal y discontinuo o interválico) de esta 1ª fase experimental, realizados con un intervalo de 10 semanas y correspondientes al inicio del macrociclo específico de preparación específica precompetitiva y al final de la misma (10 semanas después) se muestran en la Tabla 13; mientras que la Tabla 14 se muestran los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico determinado por métodos ventilatorios (VT2); y en la Figura 14 se muestra la dinámica de recuperación de la frecuencia cardíaca durante los 5 min de finalizados los test.

En la Tabla 13 se aprecia que de todas las variables máximas determinadas en los test de laboratorio L15 y L25 no se encuentran diferencias significativas, a excepción del cociente respiratorio (RQ), donde si se aprecian

diferencias significativas (que es un 4,67% menor tras las 10 semanas de entrenamiento).

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	“p”
T total (s)	1295 ± 59,79	1270,71 ± 66,94	-1,88	n.s.
W máx	295,24 ± 10,29	297,62 ± 11,6	0,81	n.s.
VO ₂ máx (ml/kg/min)	51,12 ± 1,48	51,68 ± 1,44	1,10	n.s.
FC máx (ppm)	194,24 ± 1,49	194,38 ± 1,99	0,07	n.s.
FC máxT (ppm)	195,47 ± 1,43	195,47 ± 1,43	0	n.s.
VE máx (l/min)	121,66 ± 6,32	120,86 ± 6,22	-0,66	n.s.
RQ máx	1,12 ± 0,01	1,07 ± 0,01	-4,46	*

Tabla 13. Valores máximos en los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ± E.E.M. (n=21). Diferencias significativas entre test: *=p<0,05 y n.s. = no significativo.

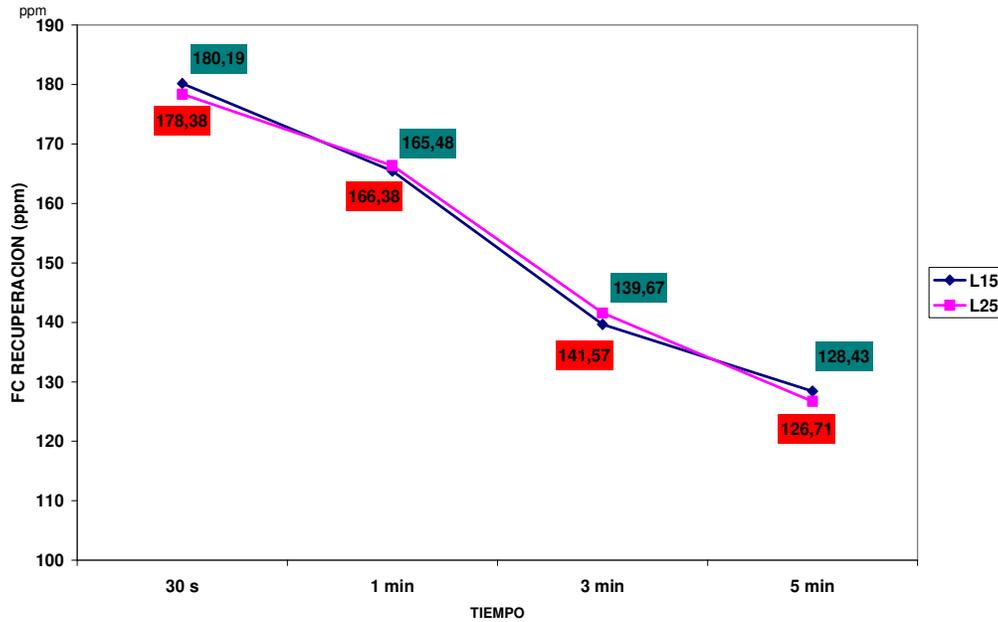
VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	“p”
T VT2 (s)	972,86 ± 52,37	1005,24 ± 60,38	3,33	n.s.
%T VT2 (%)	75,03 ± 2,12	78,80 ± 1,62	5,02	***
W VT2	235,71 ± 9,22	242,86 ± 8,65	3,03	n.s.
%W VT2 (%)	80,19 ± 2,33	81,94 ± 1,57	2,18	n.s.
VO ₂ VT2 (ml/kg/min)	41,89 ± 0,90	43,33 ± 1,27	3,44	n.s.
%VO ₂ VT2 (%)	82,55 ± 1,64	83,93 ± 1,28	1,67	n.s.
FC VT2 (ppm)	180,05 ± 1,37	181,62 ± 1,67	0,87	n.s.
%FC VT2 (%)	92,71 ± 0,46	93,47 ± 0,44	0,82	n.s.
VE VT2 (l/min)	83,48 ± 4,12	86,31 ± 3,94	3,39	n.s.
%VE VT2 (%)	69,36 ± 2,20	72,06 ± 1,63	3,89	n.s.
RQ VT2	0,96 ± 0,007	0,93 ± 0,006	-3,13	***
%RQ VT2 (%)	85,66 ± 0,77	87,19 ± 1,18	1,79	n.s.

Tabla 14. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (VT2), con su porcentaje respecto al valor máximo, en los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ± E.E.M. (n=21). Diferencias significativas entre test *** = p < 0,001 y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad de esfuerzo identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (VT2), expresados en sus respectivos porcentajes respecto de los valores máximos alcanzados en los test, se muestran en la Tabla 14, presentando diferencias significativas en el tiempo al

que se identifica el umbral anaeróbico ventilatorio respecto a su porcentaje máximo (T-VT2 %), siendo significativamente un 5,02 % mayor a las 10 semanas; al igual que el cociente respiratorio en el umbral (RQ-VT2) que es un 3,13% significativamente menor. El resto de variables no presentan diferencias significativas en los test de laboratorio para todos los patinadores evaluados sin tener en cuenta su género y especialidad deportiva, si bien los valores en el umbral anaeróbico tras 10 semanas de entrenamiento tienden a mejorar.

La frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar el test de laboratorio (Figura 14) no presenta diferencias significativas, si bien se observa una tendencia a mejor recuperación de la frecuencia cardiaca con los resultados del segundo test de laboratorio (L25) que el primer test (L15).



FC de recuperación	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia (%)	"p"
% a 30 s	6,36 ± 0,72	7,29 ± 0,72	14,62	n.s.
% a 1 min	14,02 ± 1,05	13,60 ± 1,21	-3	n.s.
% a 3 min	27,42 ± 1,16	26,38 ± 0,98	-3,79	n.s.
% a 5 min	33,26 ± 0,93	34,13 ± 1,03	2,62	n.s.

Figura 14. Frecuencia cardiaca de recuperación tras finalizar los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ± E.E.M. (n=21). Diferencias significativa: n.s. = no significativo.

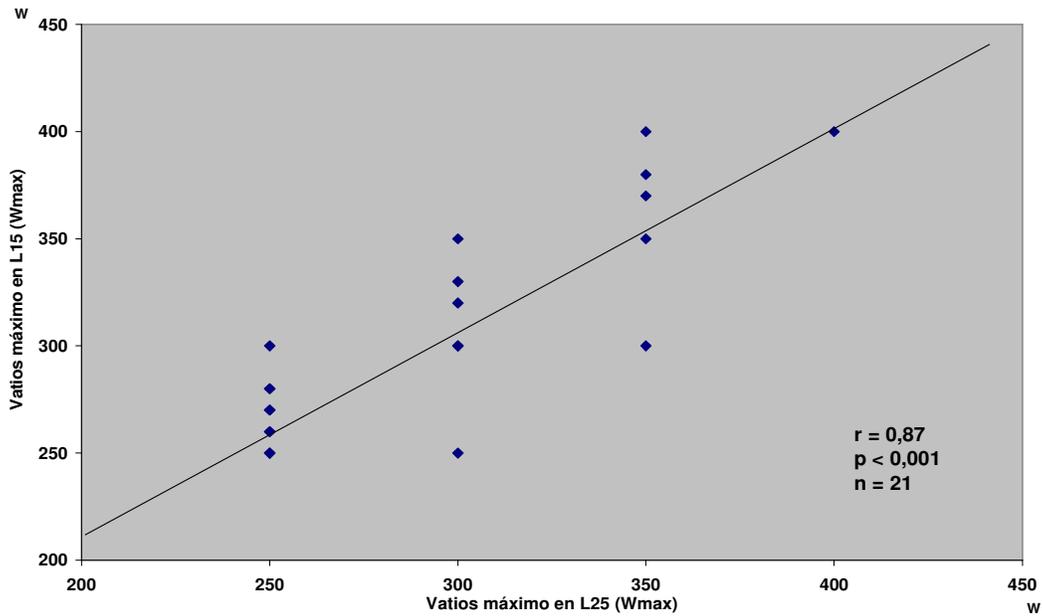


Figura 15. Correlación de Pearson entre Vatios máximos ($W_{\text{máx}}$) alcanzados en los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios.

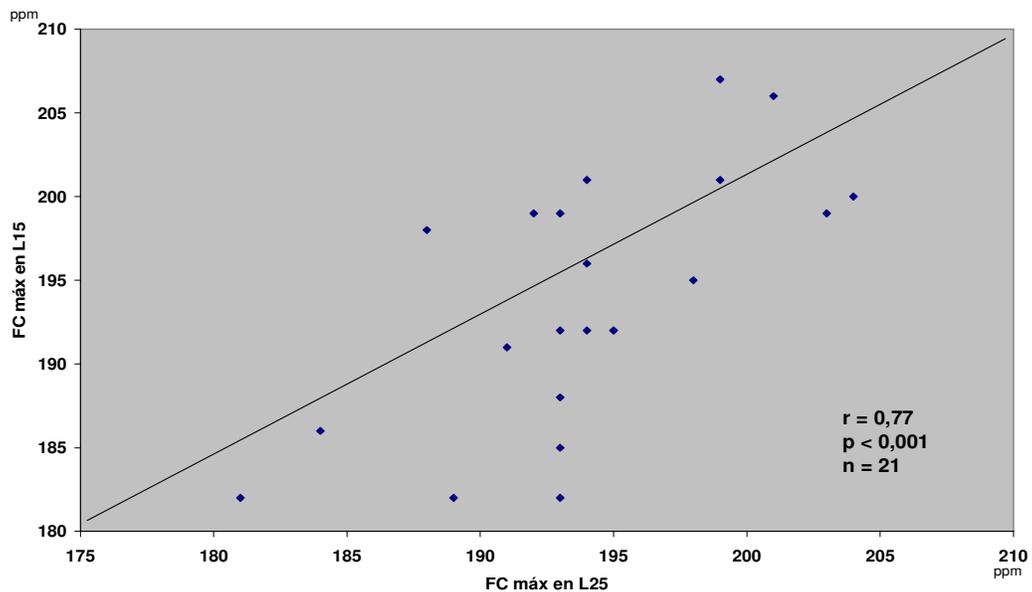


Figura 16. Correlación de Pearson entre Frecuencia cardiaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) en los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios.

Por otro lado al comparar las variables relacionadas en los test de laboratorio L15 y L25 en los 21 patinadores de ambos géneros, se observa una correlación significativa y alta en los vatios máximo alcanzados ($r=0,87$, $p<0,001$) (Figura 15); y en la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) ($r=0,77$ y $p<0,001$) (Figura 16).

También se encuentran una correlación significativa no sólo en otro valor máximo como el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) ($r=0,55$, y $p<0,01$) (Figura 17) sino también en la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad de esfuerzo identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) ($r=0,37$ y $p < 0,05$) (Figura 18).

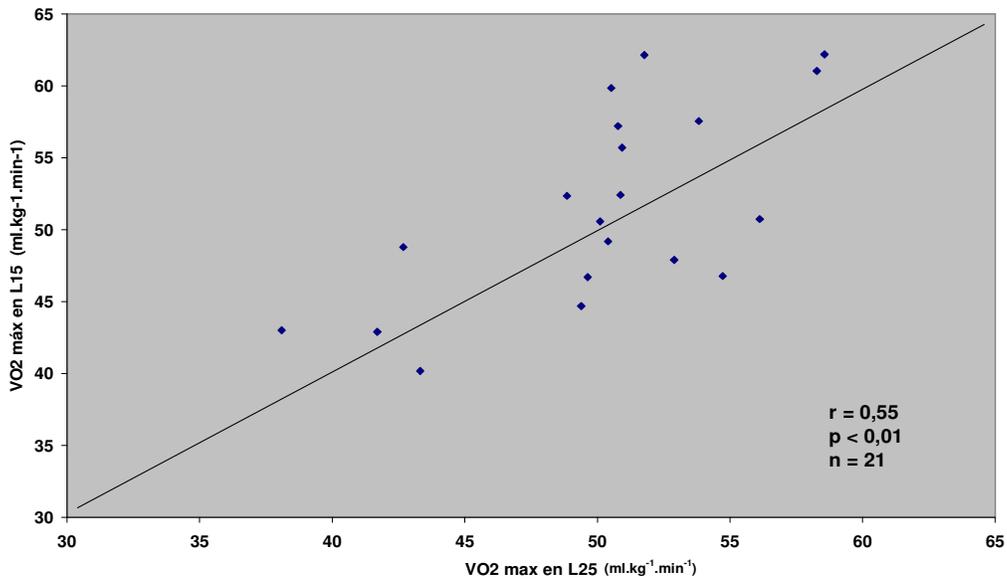


Figura 17.-Correlación de Pearson entre el VO_2 máx en los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios

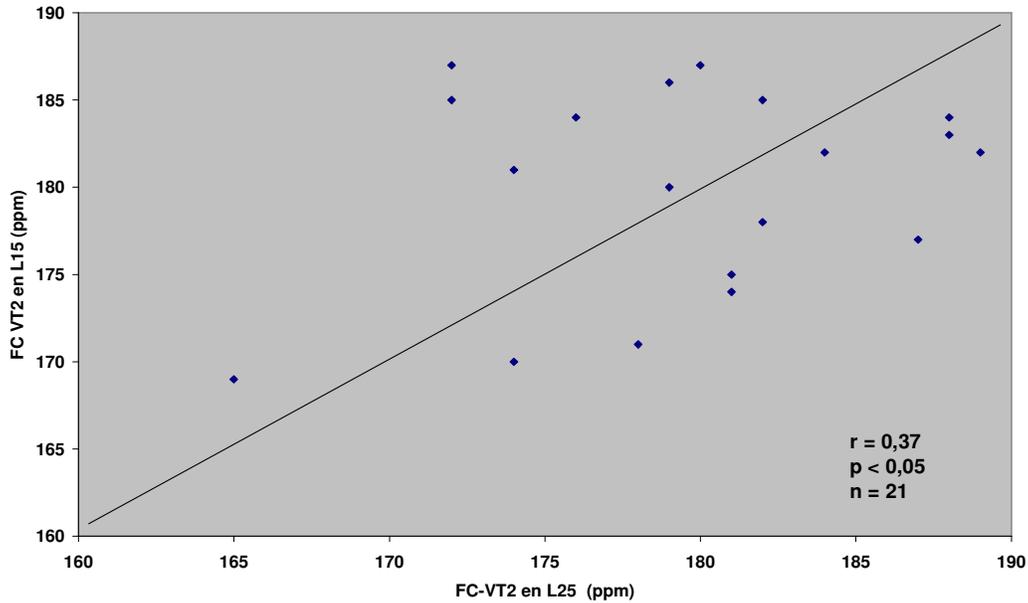


Figura 18. Correlación entre la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2), en los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios.

4.2.2 Resultados Test de Campo (C1 – C2)

También los patinadores de velocidad sobre ruedas en línea realizaron en esta 1ª fase experimental a los 3 días del test de laboratorio otro test de campo, progresivo, maximal y discontinuo (comienza a 24 km/h, con intervalos de esfuerzo de 1200 m con incrementos de 1,5 km/h tras recuperaciones de 30 s) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Los resultados de los test de campo fueron fundamentales para orientar mejor la investigación, ya que no se contaba con suficientes referencias para un buen diseño y desarrollo del test, necesiándose de sucesivos ajustes al diseño por método ensayo-error para el mejor desempeño del mismo y poder obtener un análisis satisfactorio de los resultados encontrados en la fase decisiva, acorde a los propósitos de la investigación. En el momento de realizarse los test de campo se controlaron las variables de temperatura ambiente, velocidad del viento y humedad relativa, las

cuales fueron buenas y constantes durante estos test, con una media de $25^{\circ}\text{C} \pm 1,25$, $2.4 \text{ m}\cdot\text{sg}^{-1} \pm 0,93$ y $45 \% \pm 0,64$, respectivamente. Y siempre inferior a los valores límites y con muy poca variabilidad entre los test (condiciones climáticas constantes en los horas y días de medición)

En la Tabla 15 se muestran los valores máximos determinados en los test de campo (C1) y (C2) respectivamente, encontrándose diferencias significativas en las variables del tiempo total y la distancia total, que mejoran tras 10 semanas de entrenamiento un 26,40 % en el tiempo, y un 15,14% en la distancia recorrida en el test de campo. El resto de valores máximos alcanzados no presentan diferencias significativas.

VALORES MAXIMOS	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
T total (s)	1054,23 ± 58,63	1206,15 ± 41,93	26,40	***
D total (m)	7492,31 ± 305,39	8626,92 ± 288,04	15,14	***
VO ₂ máx (ml/kg/min)	49,52 ± 1,20	52,63 ± 2,09	6,28	n.s.
FC máx (ppm)	195,69 ± 2,03	194,92 ± 1,47	-0,39	n.s.
FC máxT (ppm)	195,43 ± 1,46	195,4 ± 1,42	-0,02	n.s.
Vel Máx (km/h)	33,57 ± 0,39	33,92 ± 0,39	1,04	n.s.
VE máx (l/min)	130,14 ± 8,01	134,55 ± 8,16	3,39	n.s.
RQ máx	1,20 ± 0,02	1,18 ± 0,02	-1,67	n.s.

Tabla 15. Valores máximos determinados en el test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios ± E.E.M. (n=21). Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$ y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad umbral anaeróbico, tanto identificado por metodología ventilatoria como por la deflexión del comportamiento de la frecuencia cardiaca, muestran (Tabla 16) diferencias significativas en el tiempo de esfuerzo en el que se identifica el umbral anaeróbico ventilatorio (T VT2), mayor tras las 10 semanas de entrenamiento y en el menor cociente respiratorio al que se identifica (RQ VT2), al igual que en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico (Vel-UA) y su porcentaje respecto de la velocidad máxima alcanzada en el test (%Vel-UA), que es un -2,73 % y un -3,67 menor, respectivamente, no encontrando una mejoría notoria entre estos test al cabo de 10 semanas de realización. Test que permite

observar la tendencia a mejorar el VO₂ máx al cabo de las 10 semanas en un 6,28 %, de igual manera que el consumo de oxígeno a la intensidad umbral anaeróbico (VO₂-VT2) que mejora un 6,72 % mostrandose sin diferencias significativas respecto a su frecuencia cardiaca umbral anaeróbico (FC-VT2) en ambos test de campo.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
T VT2 (s)	750,83 ± 52,96	915,83 ± 44,54	21,97	***
%T VT2 (%)	71,22 ± 3,03	75,93 ± 2,01	1,11	n.s.
VO ₂ VT2 (ml/kg/min)	40,60 ± 1,63	43,33 ± 1,85	6,72	n.s.
%VO ₂ VT2 (%)	81,80 ± 2	82,46 ± 2,07	0,81	n.s.
FC VT2 (ppm)	181,83 ± 2,06	181,42 ± 2,37	-0,23	n.s.
%FC VT2 (%)	93,13 ± 0,47	93,04 ± 0,71	-0,10	n.s.
Vel-VT2 (km/h)	29,87 ± 0,28	29,87 ± 0,34	0	n.s.
%Vel. VT2 (%)	88,90 ± 0,56	87,90 ± 0,70	-1,12	n.s.
VE VT2 (l/min)	91,27 ± 4,94	87,61 ± 5,38	-4,01	n.s.
%VE VT2 (%)	71,01 ± 2,98	65,60 ± 2,40	-7,62	n.s.
RQ VT2	0,99 ± 0,008	0,94 ± 0,005	-5,05	***
%RQ VT2 (%)	83,59 ± 1,69	80,73 ± 1,90	-3,42	n.s.
FC-UA (ppm)	181,69 ± 2,04	179,15 ± 2,13	-1,40	n.s.
%FC-UA (%)	92,85 ± 0,57	91,89 ± 0,73	-1,03	n.s.
Vel-UA (km/h)	29,65 ± 0,34	28,84 ± 0,18	-2,73	*
%Vel-UA (%)	88,34 ± 0,57	85,10 ± 0,60	-3,67	***

Tabla 16. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico, con su porcentaje respecto al valor máximo, en los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios ± E.E.M. (n=21). Diferencias significativas *** = p < 0,001; * = p < 0,05 y n.s. = no significativo.

El propósito principal de este test de campo es ver su validez y facilidad para identificar el umbral anaeróbico utilizando el diseño metodológico del protocolo interválico propuesto por Probst y cols (1989) y García-López y cols (2003), y Vaquera y cols., (2007) al comparar sus resultados con los determinados por metodología ergoespirométrica tanto en test de laboratorio como en test de campo. Por ello los ajustes fueron necesarios para poder ver con mayor precisión el punto de deflexión en la progresión de la frecuencia cardiaca y determinar el umbral anaeróbico. El primer ajuste o cambio del

protocolo consistió en la reducción del incremento de velocidad en los periodos, pues se llegaba muy rápidamente a la fatiga y no se completaban suficientes numero de periodos como para tener datos de frecuencia cardiaca que permitan determinar de forma fiable el umbral anaeróbico (UA) (Tabla 17 y Figura 19). También se realizó otro ajuste al test de campo al ver que no se producía una recuperación adecuada de la frecuencia cardiaca entre los sucesivos incrementos de velocidad de cada período (Tabla 17), por lo que se optó por aumentar el tiempo de recuperación entre períodos de 30 s a 45 s, razón por la cual se llevó a cabo la segunda fase experimental con sus respectivos cambios.

Durante los test de de campo C1 y C2 se registran los valores máximos de FC alcanzadas en cada uno de los períodos, al igual que la FC mínima tras el periodo de recuperación de 30 s, o FC de recuperación entre periodos, resultados que se muestran en las Tablas 17 y 18 respectivamente, conjuntamente con el número de patinadores que llegaron a cada uno de los períodos. En ellas se observa que no hay diferencias significativas entre estas variables al comparar los 2 test de campo interválicos tras 10 semanas de entrenamiento durante el transcurso de los test de campo.

En la Tabla 17 podemos observar que desde el inicio de los tests de campo, tanto para C1 como para C2, el aumento de la frecuencia cardiaca es brusco al pasar de un periodo a otro (incrementos de 10 ppm en 1^º intervalo o periodo), por lo tanto este cambio abrupto, teniendo en cuenta la metodología utilizada por Conconi (1982, 1996), recomienda que no existan cambios de la FC entre incrementos del esfuerzo, superiores a 8 ppm, de tal manera se pueda observar la inflexión de la FC con mayor precisión; razón por la cual se modifíco el test para que los patinadores pudieran realizar mayor número de períodos sin llegar a la fatiga muscular general o local rápidamente (ya que sólo realizan 8 periodos de esfuerzos (Figura 19), y así poder obtener un mejor comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca en este test de campo. Este es uno de los objetivos principales de esta investigación, por lo que se llevaron a cabo estos ajustes en la segunda fase experimental y así encontrar los resultados esperados para la misma.

FCmax en PERIODOS	n	C1	n	C2	Diferencia %	"p"
FCmax p.1	21	149 ± 11,93	21	146,67 ± 11,02	-1,56	n.s.
FCmax p.2	21	159 ± 13,74	21	156 ± 10,40	-1,89	n.s.
FCmax p.3	21	167,08 ± 3,21	21	168 ± 2,75	0,55	n.s.
FCmax p.4	21	175,62 ± 2,90	21	177 ± 2,48	0,79	n.s.
FCmax p.5	18	182,69 ± 2,42	16	182,31 ± 2,35	-0,21	n.s.
FCmax p.6	15	187,92 ± 2,51	13	187,62 ± 2,13	-0,16	n.s.
FCmax p.7	11	190,40 ± 2,16	13	189,70 ± 1,33	-0,37	n.s.
FCmax p.8	8	196 ± 3,93	7	193 ± 2,27	-1,53	n.s.

Tabla 17. Frecuencia cardiaca máxima (FCmax) en cada uno de los periodos (p.) de los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: n.s. = no significativo.

FCmin en PERIODOS	n	C1	n	C2	Diferencia %	"p"
FCmin p.1	21	136 ± 10,44	21	135,33 ± 8,66	-0,49	n.s.
FCmin p.2	21	148,33 ± 11,89	21	139,67 ± 11,17	-5,84	n.s.
FCmin p.3	21	158,92 ± 2,98	21	157,38 ± 3,77	-0,97	n.s.
FCmin p.4	21	168,54 ± 3,30	19	165,92 ± 3,34	-1,55	n.s.
FCmin p.5	16	174,54 ± 3,24	14	171,85 ± 3,09	-1,54	n.s.
FCmin p.6	12	179,40 ± 2,67	13	175,20 ± 2,62	-2,34	n.s.
FCmin p.7	8	187,50 ± 3,27	5	180 ± 2,19	-4	*

Tabla 18. Frecuencia cardiaca mínima (FCmin), en cada uno de los periodos (p.) de los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: *= $p < 0,05$ y n.s. = no significativo.

En la Figura 19 se aprecia el comportamiento de la frecuencia cardiaca a través de todo el test de campo y la determinación del UA, de acuerdo a su frecuencia cardiaca y velocidad de carrera en los 21 patinadores, observándose tanto el valor máximo de la FC del período correspondiente (FCmax p.) como el valor mínimo de dicha FC de recuperación de cada uno de los periodos (FCmin p.). La FC correspondiente a su deflexión se identificó en el período 4, con una FC de 180 ppm y una velocidad de 28,5 Km/h. No se

encontraron diferencias significativas entre los dos test de campo, de acuerdo a la frecuencia cardiaca en cada uno de los periodos.

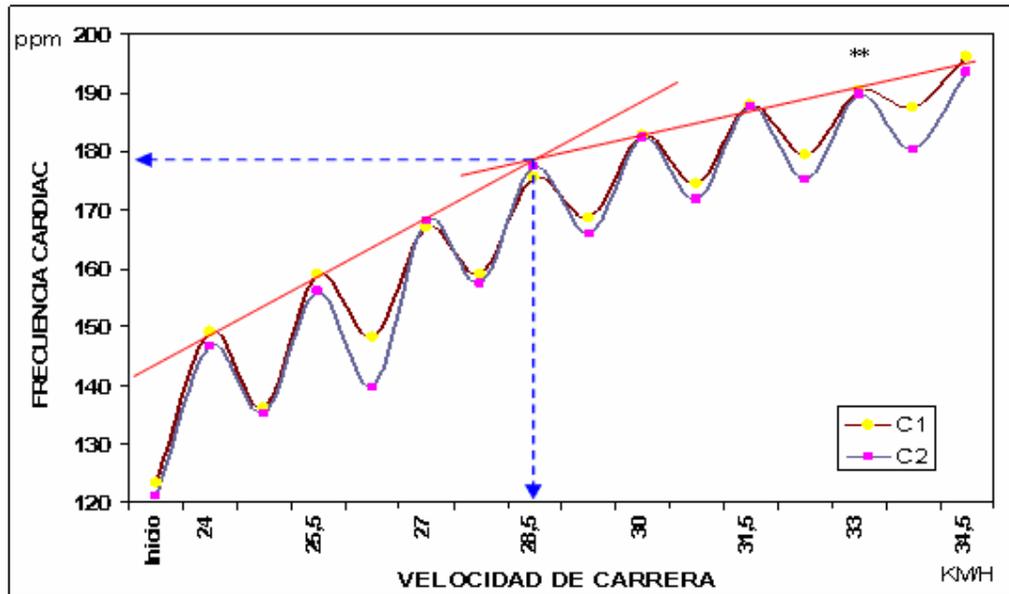


Figura 19. Frecuencia cardiaca correspondiente a la velocidad de patinaje de cada uno de los periodos de los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios. Diferencias significativas: **= $p < 0,01$

En la Figura 20 se muestran los porcentajes de recuperación de la frecuencia cardiaca de cada uno de los períodos de los test de campo en la fase experimental C1 y C2 realizado a todos los patinadores, observándose diferencias significativas en el porcentaje de recuperación en los períodos 4, 6 y 7; es decir, en los periodos por encima del umbral anaeróbico y máximos, con un porcentaje de mejora de 55,53 %, 68,04 % y 86,04 % respectivamente. En los períodos iniciales o de menor intensidad (por debajo del umbral anaeróbico) no se observan diferencias significativas en la FC de recuperación (con porcentajes de cambio de -13% en periodo 1 (p.1), del 56% en periodo 2 y del 32,3% en periodo 3).

En la Figura 20 también se observa un porcentaje de recuperación similar para el segundo test C2, a partir del cuarto periodo o umbral anaeróbico. En el primer test de campo C1 se observa un % de recuperación del 8,72 % al

inicio del test y en los últimos periodos un 5,77 % de valor medio, contrastando con el segundo test de campo C2 se observa un valor medio desde el inicio del test de 7,73 % y en los últimos periodos un valor medio de 5,11 % de recuperación, pero apreciándose una mejoría en su adaptación puesto que la frecuencia cardiaca máxima de cada periodo en el test de campo C2 es inferior al primer test de campo C1. Al igual se aprecia desde el inicio del test la recuperación de la frecuencia cardiaca según su porcentaje, va disminuyendo desde el primer periodo del test, si bien de forma insuficiente para los objetivos planteados en la investigación ya que los patinadores alcanzaron rápidamente la fatiga muscular al realizar menos periodos de los esperados para poder analizar mejor el comportamiento de la frecuencia cardiaca.

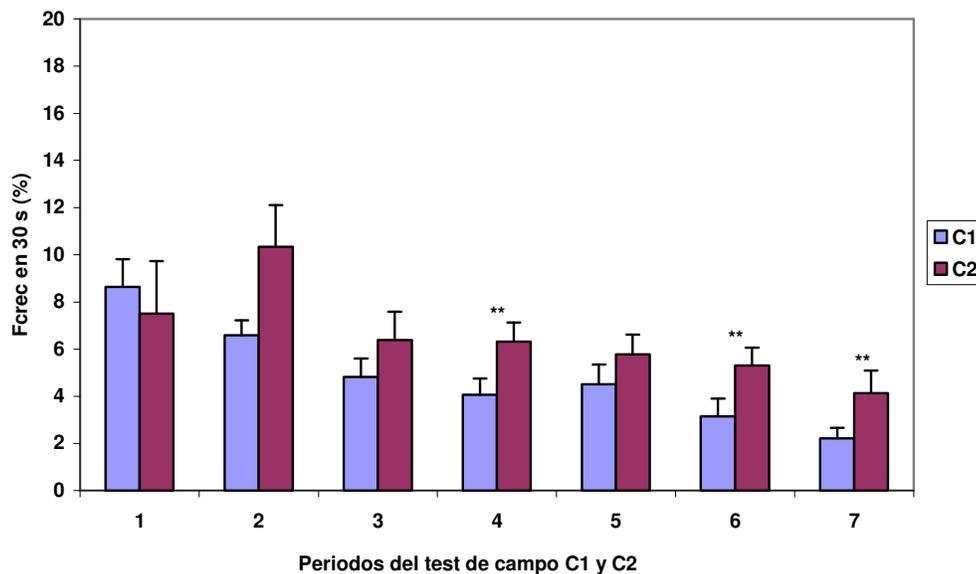
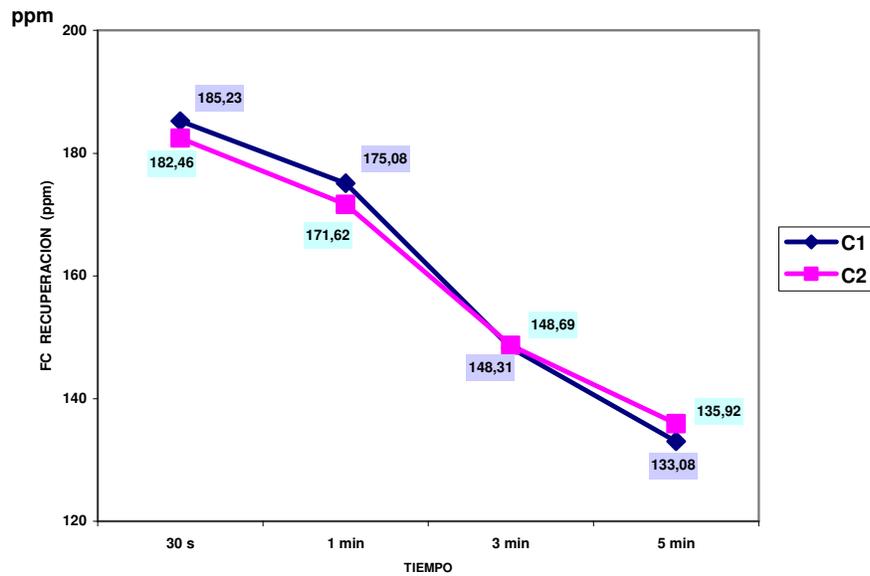


Figura 20. Porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en 30 s en cada uno de los periodos de los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios \pm E.E.M. (n=21). Diferencias significativas **= $p < 0,01$.

Al observar en la Figura 21 la recuperación de la frecuencia cardiaca finalizado los test de campo (C1 y C2), encontramos que no hay diferencias significativas durante el transcurso de los 5 minutos finalizado el test en los patinadores evaluados, si bien se aprecia una mejor recuperación de la frecuencia cardiaca en test de campo C2 al igual que ocurría con los periodos

de esfuerzos máximos o cercanos al mismo. Esta mejor recuperación es debido a su mayor preparación y posible condición física consecuencia del tiempo transcurrido en su plan de entrenamiento y luego de las 10 semanas que se volvieron a realizar los test.



FC de recuperacion	Test de Campo C1	Test de Campo C2	Diferencia %	"p"
% a 30 s	4,82 ± 0,47	5,91 ± 0,61	22,61	n.s.
% a 1 min	10,03 ± 1,02	11,50 ± 0,98	14,66	n.s.
% a 3 min	23,81 ± 1,32	23,37 ± 1,19	-1,85	n.s.
% a 5 min	31,56 ± 1,44	29,91 ± 0,97	-5,23	n.s.

Figura 21. Frecuencia cardiaca (FC) de recuperación hasta 5 min tras finalizar los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2). Valores medios ± E.E.M. (n=21).

Al determinar los respectivos umbrales anaeróbicos encontramos correlaciones positivas altas y significativas en la frecuencia cardiaca (FC-VT2) ($r=0,93$, $p<0,001$) (Figura 22). Igualmente se identificó el umbral anaeróbico (UA) determinando la deflexión de la progresión de la FC en función de la velocidad de carrera encontrándose una correlación positiva y significativa entre la FC en el UA en los test de campo C1 y C2 ($r=0,68$, $p<0,001$) (Figura 23).

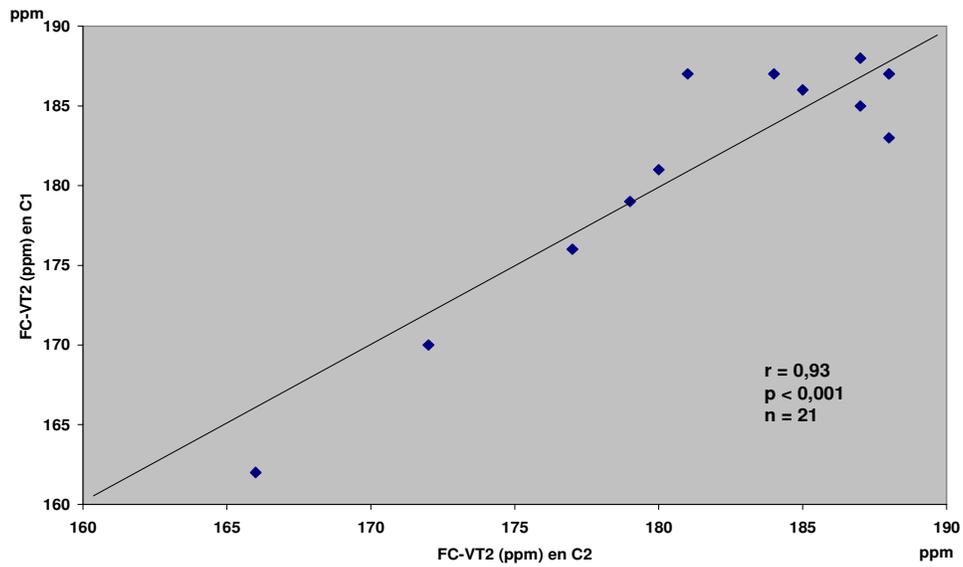


Figura 22. Correlación de Pearson entre la Frecuencia cardiaca en la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2).

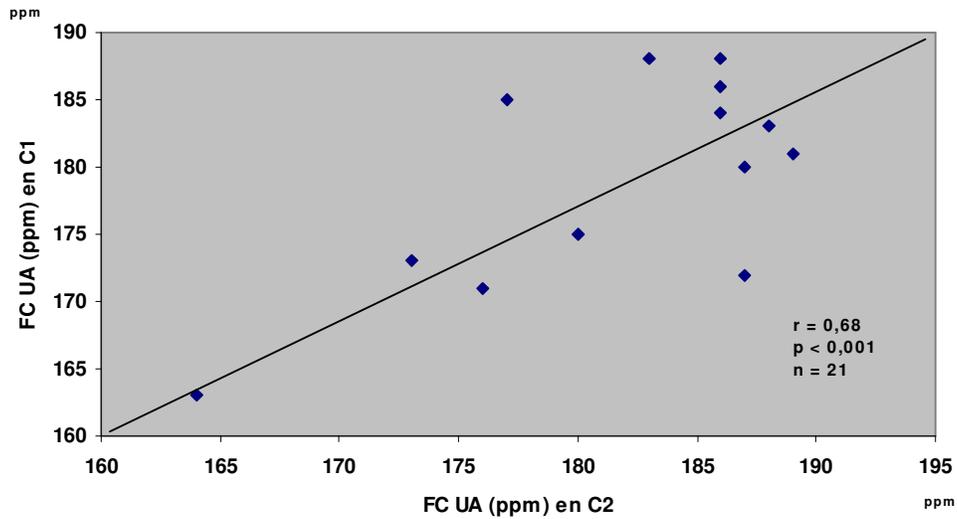


Figura 23. Correlación de Pearson entre la frecuencia cardiaca (FC) en el umbral anaeróbico (UA) en los test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2).

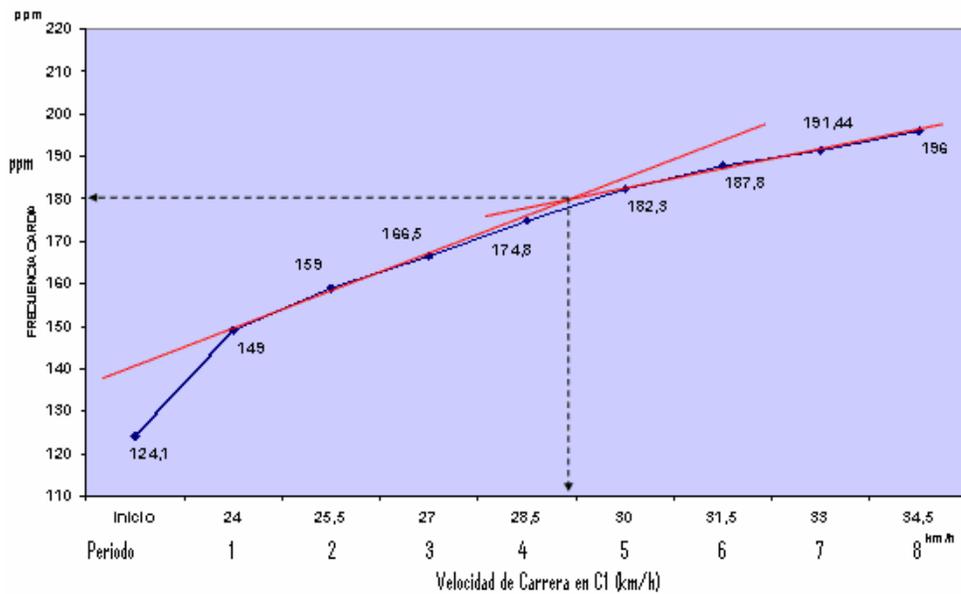


Figura 24. Identificación de la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico (FC-UA) en el test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1). Valores medios y rectas tangentes.

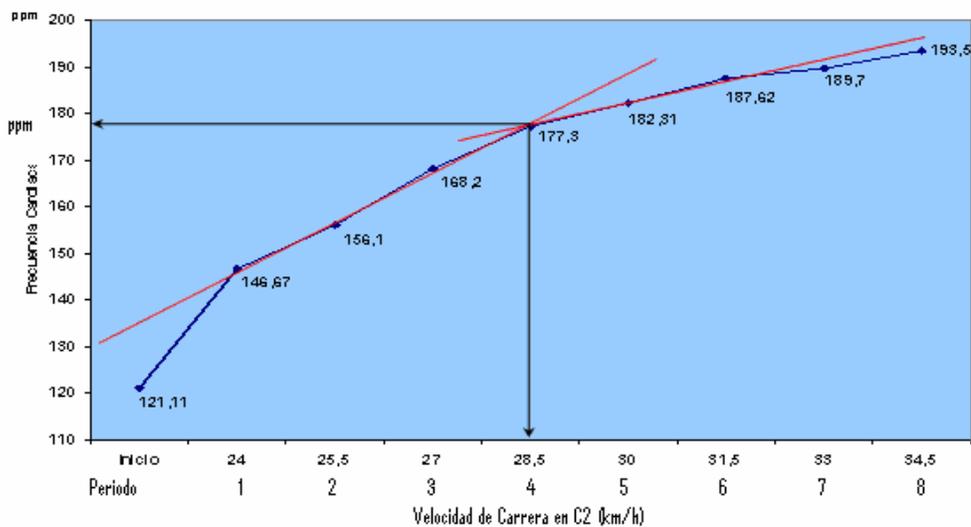


Figura 25 Identificación de la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico (FC-UA) en el test de campo progresivo, maximal y discontinuo en patinadores al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C2). Valores medios y rectas tangentes.

La frecuencia cardiaca en el momento de identificar la deflexión de la progresión de la misma en relación con la velocidad de carrera en el primer test de campo C1 se corresponde con una FC de 180 ppm y una velocidad de 29 km/h en los patinadores (Figura 24). Para el segundo test de campo C2 se identificó esta deflexión de la FC a 178 ppm, correspondiendo a una velocidad de 28,5 km/h, valores medios muy similares con respecto a test C1 (Figura 25).

La relación existente entre ambas metodologías de identificar el umbral anaeróbico en el primer test de campo C1 muestra una correlación alta y significativa ($r=0,97$, $p<0,001$)(Figura 26), al igual que se observa en el segundo test de campo (C2) ($r=0,85$; $p<0,001$)(Figura 27).

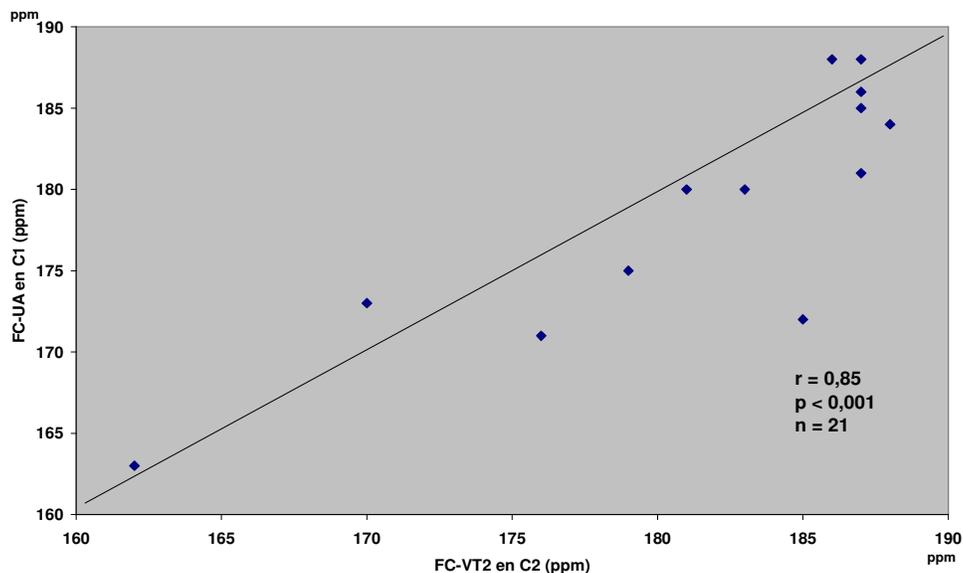


Figura 26. Correlación de Pearson entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico tanto por metodología ventilatoria (FC-VT2) como por deflexión en su progresión (FC-UA) en el test de campo C1 en patinadores.

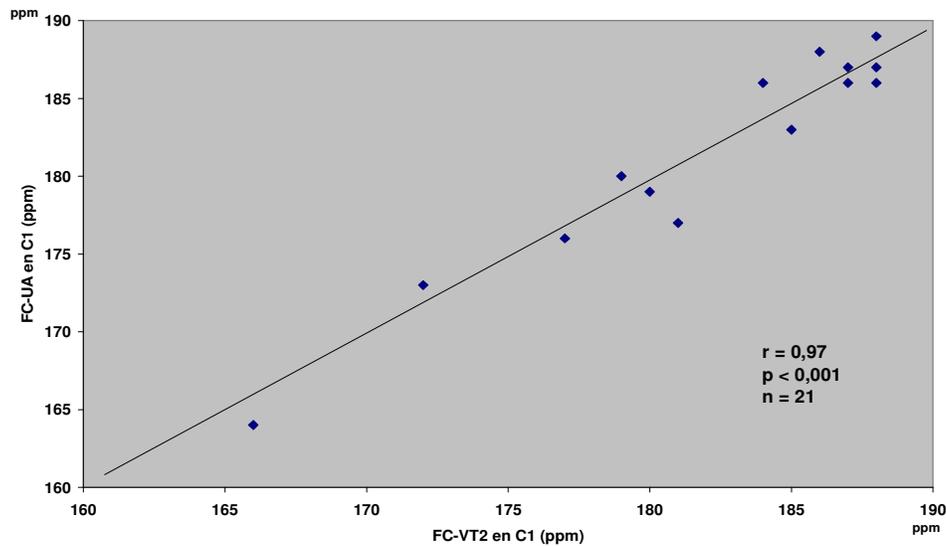


Figura 27. Correlación de Pearson entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico tanto por metodología ventilatoria (FC-VT2) como por deflexión en su progresión (FC-UA) en el test de campo C2 en patinadores.

4.2.3 Diferencias de género en los Tests de Laboratorio

4.2.3.1-Tests de laboratorio L15 y L25 en hombres

En la Tabla 19 se observa que los valores máximos alcanzados por los patinadores hombres en los test de laboratorio, tanto en el primer test (L15) como en el segundo test (L25) tras 10 semanas de entrenamiento, no se encuentran diferencias significativas ni en la FC máx alcanzada (llegando al 99% de la FCmax teórica), ni en los watos máximos movilizados ni en el VO2máx obtenido, a excepción de la variable del cociente respiratorio máximo (RQ máx.) que es significativamente menor en el 2º test.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	"p"
T total (seg)	1422,86 ± 64,46	1399,29 ± 77,87	-1,66	n.s.
W máx	314,29 ± 12,21	317,86 ± 13,47	1,14	n.s.
VO ₂ máx (ml/kg/min)	53,16 ± 1,68	53,90 ± 1,67	1,39	n.s.
FC máx (ppm)	194,79 ± 1,60	194 ± 2,26	-0,41	n.s.
FC máxT	195,55 ± 1,87	195,55 ± 1,23	0	n.s.
VE máx (l/min)	135,83 ± 6,58	133,09 ± 7,24	-2,02	n.s.
RQ máx.	1,13 ± 0,01	1,07 ± 0,02	-5,31	*

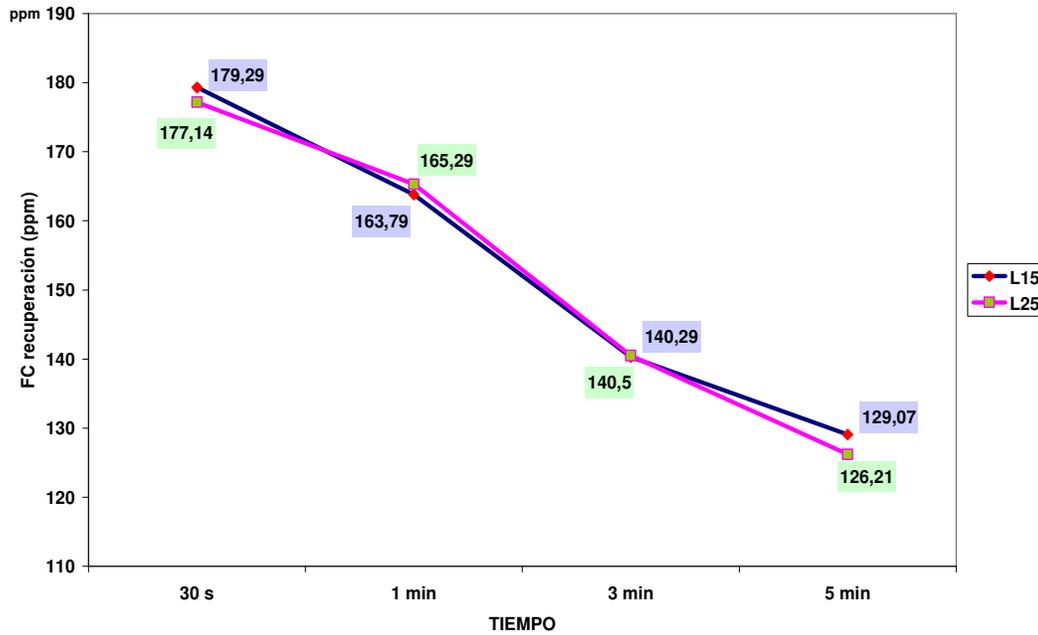
Tabla 19. Valores máximos en los tests de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores hombres al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ±E.E.M. (n=14). Diferencias significativas: *= $p < 0,05$ y n.s.=no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico determinado ventilatoriamente (VT2) en de cada uno de los test de laboratorio L15 y L25 en los patinadores hombres se muestran en la Tabla 20, observándose diferencias significativas de nuevo tan sólo en el cociente respiratorio c el umbral anaeróbico ventilatoriamente (RQ-VT2).

VALORES EN EL UMBRAL ANAERÓBICO	Test de laboratorio L15	Test de Laboratorio L25	Diferencia %	"p"
T VT 2 (s)	1100 ± 48,23	1123,57 ± 68,80	2,14	n.s.
%T VT2	77,80 ± 2,32	80,34 ± 2,09	3,26	n.s.
W VT2	257,14 ± 8,86	260,71 ± 9,34	1,39	n.s.
%W VT2	82,66 ± 2,98	82,68 ± 2,35	0,02	n.s.
VO ₂ VT2 (ml/kg/min)	43,30 ± 0,90	44,99 ± 1,45	3,90	n.s.
%VO ₂ VT2	81,90 ± 1,56	83,63 ± 1,73	2,11	n.s.
FC VT2 (ppm)	181,14 ± 1,29	180,43 ± 1,58	-0,39	n.s.
%FC VT2	93,02 ± 0,48	93,06 ± 0,62	0,04	n.s.
VE VT2 (l/min)	92,98 ± 3,78	94,25 ± 4,46	1,37	n.s.
%VE VT2	69,39 ± 2,58	71,44 ± 2,08	2,95	n.s.
RQ VT2	0,95 ± 0,008	0,92 ± 0,005	-3,16	***
%RQ VT2	84,08 ± 0,68	86,49 ± 1,52	2,87	n.s.

Tabla 20. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico (VT2) en patinadores hombres, con su porcentaje respecto a los valores máximos alcanzados, al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ±E.E.M. (n=14). Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$ y n.s.=no significativo.

Finalizados los test de laboratorio L15 y L25 se analizó la recuperación de la frecuencia cardiaca durante 5 minutos encontrando valores muy similares para ambos test (Figura 28), sin que haya diferencias significativas.



Frecuencia cardiaca de recuperación	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	"p"
% a 30 s	6,96 ± 0,95	7,63 ± ,87	9,63	n.s.
% a 1 min	15,02 ± 1,42	13,89 ± 1,57	-7,52	n.s.
% a 3 min	27,24 ± 1,67	26,71 ± 1,26	-1,95	n.s.
% a 5 min	33,03 ± 1,29	34,17 ± 1,38	3,45	n.s.

Figura 28. Frecuencia cardiaca de recuperación hasta 5 min tras finalizar los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores hombres al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ± E.E.M. (n=14). Diferencias significativas: n.s.= no significativa.

En la Tabla 21 se muestra que diferentes variables entre ambos test de laboratorio realizados en patinadores hombres presentan una correlación positiva, alta y significativa en el tiempo total del test (T total), la carga máxima movilizada en el test en vatios (W máx), la frecuencia cardiaca máxima alcanzada (FC máx.), el tiempo transcurrido hasta identificar el umbral

anaeróbico ventilatorio (T VT2), los vatios que moviliza en el umbral ventilatorio (W VT2), la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico (FC UA) y los vatios que mueve en la intensidad identificada como umbral anaeróbico (W UA).

Correlación Pearson	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Correlación Pearson	"p"
T total (s)	1422,86 ± 64,46	1399,29 ± 77,87	r = 0,91	***
W máx	314,29 ± 12,21	317,86 ± 13,47	r = 0,79	***
FC máx (ppm)	194,79 ± 1,60	194 ± 2,26	r = 0,74	***
T VT2 (s)	1100 ± 48,23	1123,57 ± 68,80	r = 0,75	***
W VT2	257,14 ± 8,86	260,71 ± 9,34	r = 0,60	**
%FCmaxT	96,34 ± 0,89	95,95 ± 1,19	r = 0,78	***

Tabla 21. Correlación de Pearson entre variables obtenidas en los tests de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadores hombres al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25) en patinadores hombres. Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$ y ** = $p < 0,01$.

4.2.3.2-Tests de laboratorio L15 y L25 en mujeres

En esta primera fase experimental también se muestran los resultados de las patinadoras en estos mismos test de laboratorio al inicio del macrociclo (L15) y al cabo de 10 semanas de entrenamiento del macrociclo precompetitivo (L25). Los valores máximos encontrados muestran que hay diferencias significativas en el tiempo total (T total) (valores medios de 1039,29 s en L15 y 1013,57 s para L25) y en la ventilación máxima (VE máx), sin que las demás variables muestran diferencias significativas (Tabla 22), a pesar de realizar el test de laboratorio por segunda vez al cabo 10 semanas.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	"p"
T total (s)	1039,29 ± 37,34	1013,57 ± 44,82	-2,47	*
W máx	257,14 ± 7,14	257,14 ± 7,14	0	n.s.
VO ₂ máx (ml/kg/min)	47,05 ± 2,36	47,25 ± 1,92	0,43	n.s.
FC máx (ppm)	193,14 ± 3,31	195,14 ± 4,17	1,04	n.s.
VE máx (l/min)	93,32 ± 3,38	96,41 ± 3,29	3,31	*
RQ máx	1,10 ± 0,02	1,08 ± 0,02	-1,82	n.s.

Tabla 22. Valores máximos en los tests de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadoras al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ±E.E.M. (n=7). Diferencias significativas: *= $p < 0,05$ y n.s.=no significativo.

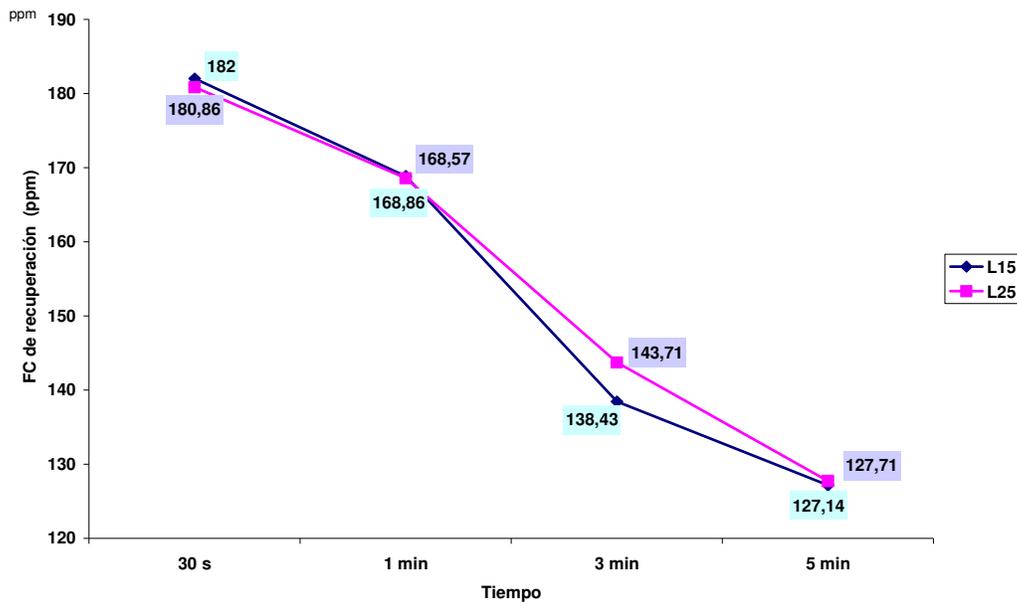
VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	"p"
T VT2 (s)	718,57 ± 34,39	768,57 ± 44,10	6,96	n.s.
%T VT2	69,49 ± 3,72	75,71 ± 2,21	8,95	*
W VT	192,86 ± 7,14	207,14 ± 7,14	7,40	n.s.
%W VT2	75,23 ± 3,15	80,47 ± 0,47	6,97	n.s.
VO ₂ VT2 (ml/kg/min)	39,08 ± 1,64	40,02 ± 2,08	2,41	n.s.
%VO ₂ VT2	83,85 ± 3,98	84,53 ± 1,83	0,81	n.s.
FC VT2 (ppm)	177,86 ± 3,21	184 ± 3,98	3,45	n.s.
%FC VT2	92,10 ± 1,01	94,28 ± 0,36	2,37	*
VE VT2 (l/min)	64,49 ± 4,21	70,43 ± 2,49	9,21	n.s.
%VE VT2	69,29 ± 4,43	73,31 ± 2,75	5,80	n.s.
RQ VT2	0,97 ± 0,01	0,95 ± 0,01	-2,06	n.s.
%RQ VT2	88,82 ± 1,21	88,57 ± 1,82	-0,28	n.s.

Tabla 23. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico (VT2) en patinadoras, con su porcentaje respecto a los valores máximos alcanzados, al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ±E.E.M. (n=7). Diferencias significativas: *= $p < 0,05$ y n.s.=no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico determinada tanto ventilatoriamente (VT2) como a través de la frecuencia cardiaca en los tests de laboratorio L15 y L25 realizado por las patinadoras muestran sólo diferencias significativas en el porcentaje de

tiempo en el umbral anaeróbico ventilatorio (%T VT2), que tras 10 semanas mejora un 6,96 %, y en el test porcentaje de frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (%FC-VT2), que aumenta un 2,37 %. Las demás variables correspondientes al umbral anaeróbico no muestran diferencias significativas, si bien tienden a presentar valores más elevados en el segundo test de laboratorio (L25) (Tabla 23).

En cuanto a la recuperación de la frecuencia cardiaca que se controló finalizado los test de laboratorio L15 y L25 durante el transcurso de 5 minutos, no se encuentran diferencias significativas ni en su FC ni en sus porcentajes o valores relativos (Figura 29).



Frecuencia cardiaca de recuperación	Test de laboratorio L15	Test de laboratorio L25	Diferencia %	"p"
% a 30 s	5,15 ± 0,93	6,62 ± 1,36	28,54	n.s.
% a 1 min	12 ± 1,10	13,03 ± 2	8,58	n.s.
% a 3 min	27,79 ± 1,25	25,70 ± 1,67	-7,52	n.s.
% a 5 min	33,71 ± 1,21	34,06 ± 1,54	1,04	n.s.

Figura 29. Frecuencia cardiaca de recuperación hasta 5 min tras finalizar los test de laboratorio progresivo, maximal y discontinuo en patinadoras al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (L15) y al final del mismo 10 semanas después (L25). Valores medios ± E.E.M. (n=7). Diferencias significativas: n.s.= no significativa.

Al analizar las correlaciones de estos tests de laboratorio en patinadoras se observa una alta y significativa correlación en su capacidad máxima aeróbica (VO_2 máx) ($r=0,81$, y $p<0,05$), al igual que en la frecuencia cardiaca máxima alcanzada (FC máx.) en los tests ($r=0,83$ y $p<0,01$).

4.2.4 Diferencias de Género en los Test de Campo

En este apartado se presentan los resultados de los test de campo, primero (C1) y el segundo (C2) realizados en esta primera fase experimental, tanto en patinadores hombres como en mujeres, y tras los cuales se observó que era necesario realizar los correspondientes ajustes para mejorar su información, lo que realiza en la segunda fase experimental.

4.2.4.1.-Test de campo C1 y C2 en patinadores hombres

En las Figuras 30 y 31 se muestran las diferencias significativas observadas en el tiempo total (T total) y distancia total (D total) recorrida, significativamente mayor en test C2 tras las 10 semanas de entrenamiento. En la Tabla 24 se muestra que no se aprecian diferencias significativas en las demás variables, si bien los resultados tienden a ser algo mejores en el test C2 posiblemente en relación a un mejor rendimiento en el mismo habida cuenta de su preparación de 10 semanas en el macrociclo precompetitivo desarrollado a través de su plan de entrenamiento.

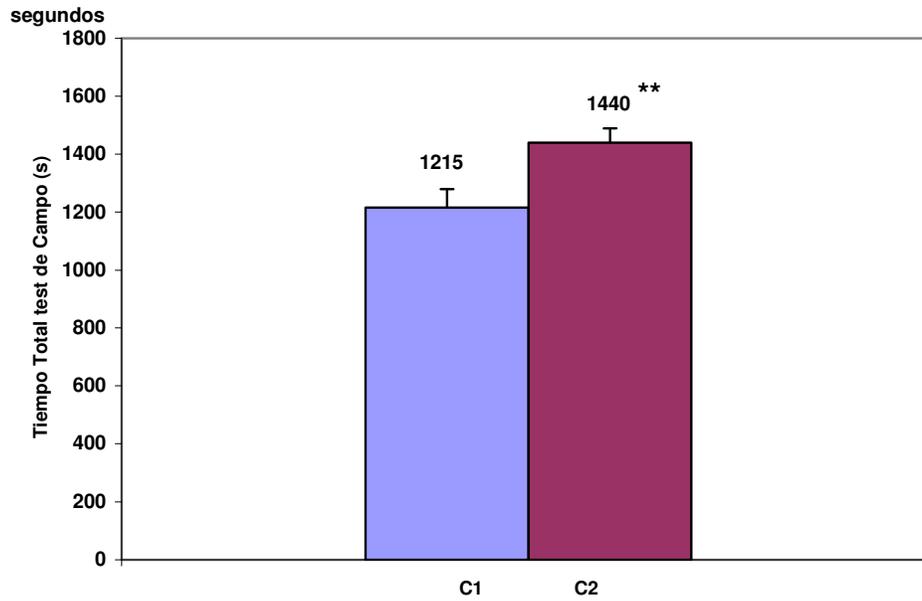


Figura 30. Tiempo total de esfuerzo en los test de campo, progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas *** = $p < 0,001$.

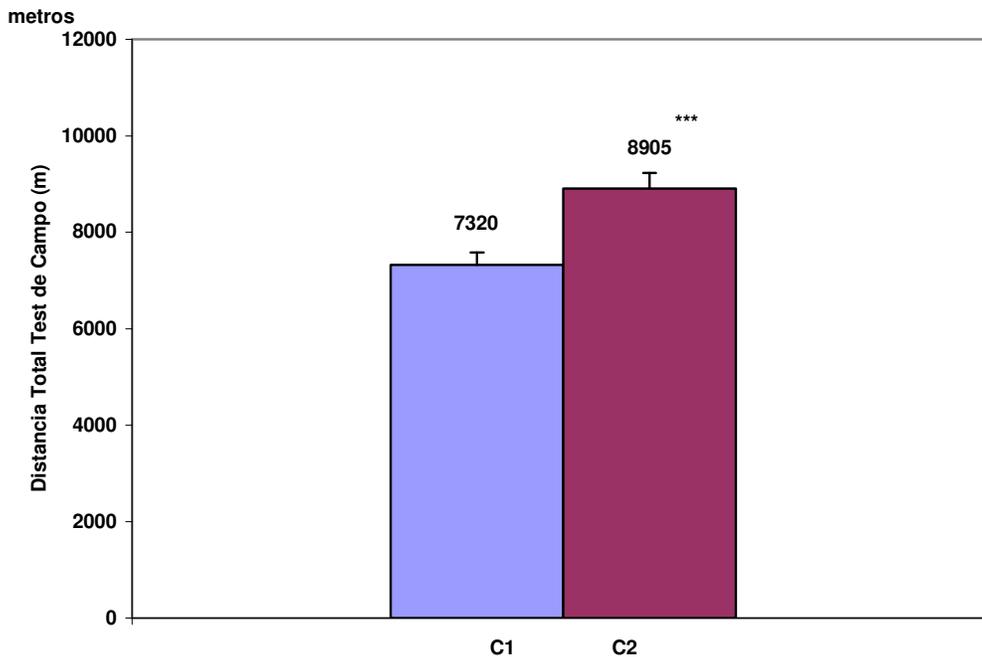


Figura 31. Distancia total recorrida en los test de campo, progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas *** = $p < 0,001$.

VALORES MAXIMOS	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
T total (s)	1215 ± 63,97	1440 ± 49,92	18,51	***
D total (m)	7320 ± 262,38	8905 ± 324,07	21,65	***
VO ₂ máx (ml/kg/min)	50,82 ± 1,24	53,55 ± 2,43	5,37	n.s.
FC máx (ppm)	196,90 ± 2,28	195,40 ± 1,49	-0,76	n.s.
Vel Máx (Km/h)	34,05 ± 0,39	34,20 ± 0,48	0,44	n.s.
VE máx (l/min)	141,31 ± 7,39	147,72 ± 5,90	4,54	n.s.
RQ máx	1,23 ± 0,03	1,20 ± 0,03	-2,44	n.s.

Tabla 24. Valores máximos alcanzados en los test de campo, progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas *** = p < 0,001 y n.s. = no significativo.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
T VT2 (s)	768,89 ± 50,09	966,67 ± 44,72	25,72	***
%T VT2	63,28 ± 2,65	66,31 ± 1,87	4,78	n.s.
VO ₂ VT2 (ml/kg/min)	41,35 ± 2,04	43,75 ± 2,32	5,80	n.s.
%VO ₂ VT2	81,09 ± 2,63	81,72 ± 2,64	0,78	n.s.
FC VT2 (ppm)	182,33 ± 2,49	181,56 ± 2,79	-0,42	n.s.
%FC VT2	92,82 ± 0,59	92,86 ± 0,94	0,04	n.s.
Vel VT2 (Km/h)	30,16 ± 0,30	30,16 ± 0,39	0	n.s.
%Vel VT2	88,33 ± 0,64	87,91 ± 0,84	-0,48	n.s.
VE VT2 (l/min)	96,38 ± 5,07	94,71 ± 5,03	-1,73	n.s.
%VE VT2	68,37 ± 2,09	64,16 ± 2,43	-6,16	n.s.
RQ VT2	1 ± 0,008	0,95 ± 0,006	-5	***
%RQ VT2	82,37 ± 2,09	79,56 ± 2,15	-3,41	n.s.
FC UA (ppm)	182 ± 2,48	178,20 ± 2,45	-2,09	*
%FC UA	92,43 ± 0,69	91,17 ± 0,83	-1,36	n.s.
Vel UA (Km/h)	29,85 ± 0,41	28,95 ± 0,22	-3,02	*
%Vel UA	87,65 ± 0,59	84,73 ± 0,75	-3,33	*

Tabla 25. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas * = p<0,05; *** = p<0,001; y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes al umbral anaeróbico identificado tanto ventilatoriamente (VT2) como a través del comportamiento de su frecuencia cardiaca (UA), muestran diferencias significativas en el tiempo de esfuerzo hasta el umbral anaeróbico ventilatorio (T VT2) (un 25,72 % mejor en el test de campo C2), en el cociente respiratorio en el umbral anaeróbico ventilatorio (RQ VT2) (un 5 % menor en test de campo C2), y en la velocidad en el umbral anaeróbico determinado a través de la frecuencia cardiaca (Vel-UA), al igual que en su porcentaje respecto de la velocidad máxima y (Vel UA%) (un 3,02 y 3,33 % menor, respectivamente en test C2) (Tabla 25).

En la Figura 32 se muestra el tiempo transcurrido en el esfuerzo hasta identificar el umbral anaeróbico (T-VT2) en los test de campo antes (C1) y al cabo de 10 semanas del macrociclo precompetitivo (C2), siendo un 25,72% mayor en este segundo test de campo (C2), reflejando una mejor tolerancia a la carga impuesta para el test de campo C2 acorde a su preparación en el macrociclo del plan de entrenamiento.

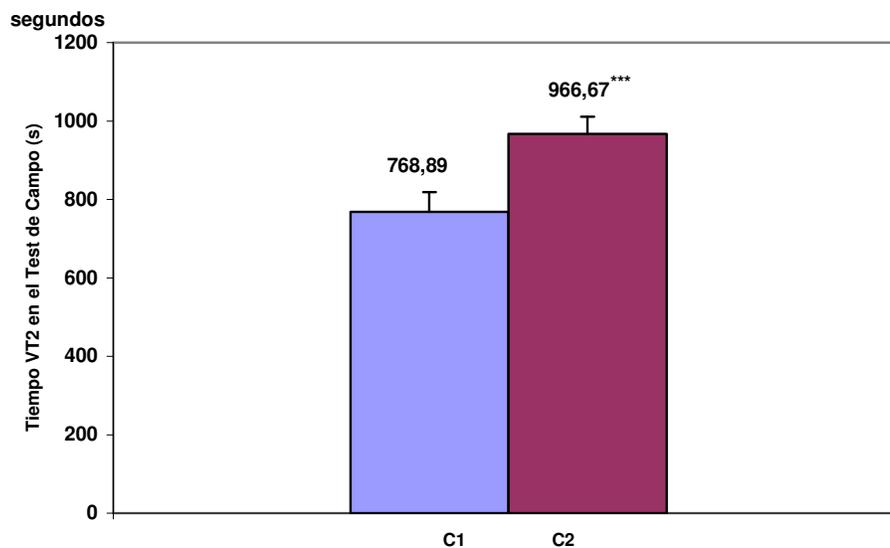
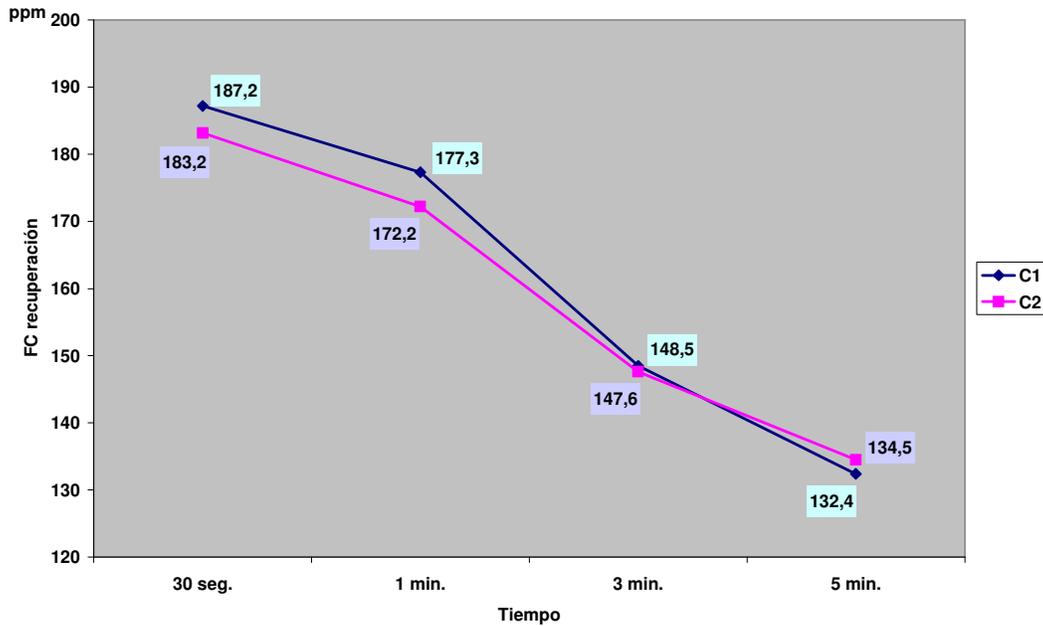


Figura 32. Tiempo de esfuerzo hasta identificar la intensidad umbral ventilatorio (T-VT2) en los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas *** = $p < 0,001$.

La recuperación de la frecuencia cardiaca al finalizar los test de campo C1 y C2 (Figura 33) tampoco presenta diferencias significativas tras 5 minutos del control de la misma aunque muestra frecuencias cardiacas mas bajas en el test C2, posiblemente en relación a una mejor recuperación de la misma finalizado el test en el test de campo C2.



Frecuencia cardiaca de recuperación	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
% a 30 s	4,52 ± 0,57	5,75 ± 0,76	27,21	n.s.
% a 1 min	9,54 ± 1,25	11,40 ± 1,27	19,50	n.s.
% a 3 min	24,30 ± 1,67	24,11 ± 1,38	-0,78	n.s.
% a 5 min	32,45 ± 1,75	30,82 ± 1,09	-5,02	n.s.

Figura 33. Frecuencia cardiaca de recuperación (%) tras finalizar los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

Y con respecto al comportamiento de la frecuencia cardiaca durante el test, y en particular en cada intervalo progresivo de esfuerzo, tampoco se observan diferencias significativas en los patinadores hombres en cada uno de los períodos o intervalos en su frecuencia cardiaca máxima por período ni en su frecuencia cardiaca mínima o de recuperación a los 30 s entre

periodos (Tablas 26 y 27), excepto en la frecuencia cardiaca mínima del intervalo de mayor intensidad realizado que es un 4% significativamente menor en el test de campo C2.

FCmax en periodos	n	Test de campo C1	n	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
FCmax p.1	14	149 ± 11,93	14	146,67 ± 11,02	-1,56	n.s.
FCmax p.2	14	159 ± 13,74	14	156 ± 10,40	-1,89	n.s.
FCmax p.3	14	166,50 ± 3,86	14	166 ± 3,22	-0,30	n.s.
FCmax p.4	14	174,80 ± 3,41	14	175,40 ± 2,83	0,34	n.s.
FCmax p.5	14	182,30 ± 2,84	14	181,20 ± 2,64	-0,60	n.s.
FCmax p.6	12	187,80 ± 2,96	13	186,60 ± 2,39	-0,64	n.s.
FCmax p.7	9	191,44 ± 2,12	11	190,44 ± 1,23	-0,52	n.s.
FCmax p.8	7	196 ± 3,93	6	193 ± 2,27	-1,53	n.s.

Tabla 26. Frecuencia cardiaca máxima (FCmax) en cada uno de los periodos (p.) de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

FCmin en periodos	n	Test de campo C1	n	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
FCmin p.1	14	136 ± 10,44	14	135,33 ± 8,66	-0,49	n.s.
FCmin p.2	14	148,33 ± 11,8	14	139,67 ± 11,1	-5,84	n.s.
FCmin p.3	14	157,50 ± 3,30	14	154,10 ± 4,20	-2,16	n.s.
FCmin p.4	14	167,60 ± 3,64	14	163,20 ± 3,66	-2,63	n.s.
FCmin p.5	14	173,40 ± 3,82	13	170,10 ± 3,67	-1,90	n.s.
FCmin p.6	10	180,22 ± 2,84	12	175,78 ± 2,86	-2,46	n.s.
FCmin p.7	7	187,50 ± 3,27	8	180 ± 2,19	-4	**

Tabla 27 Frecuencia cardiaca mínima (FCmin) o de recuperación en cada uno de los periodos (p.) de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

Al analizar el incremento de la frecuencia cardiaca máxima de cada periodo o intervalo (Tabla 26) desde el inicio del test se aprecia un cambio abrupto mayor al referido por Conconi y cols (1996) que recomienda que no debe haber un aumento de la frecuencia cardiaca de mas de 8 ppm por nivel de intensidad del esfuerzo en cada periodo, observándose incrementos de 10

y 9 ppm en la frecuencia cardiaca, lo que dificulta identificar la deflexión del comportamiento o progresión de la frecuencia cardiaca, hecho por el cual se procedió a realizar posteriormente una segunda fase experimental introduciendo cambios o ajustes en el protocolo del test de campo.

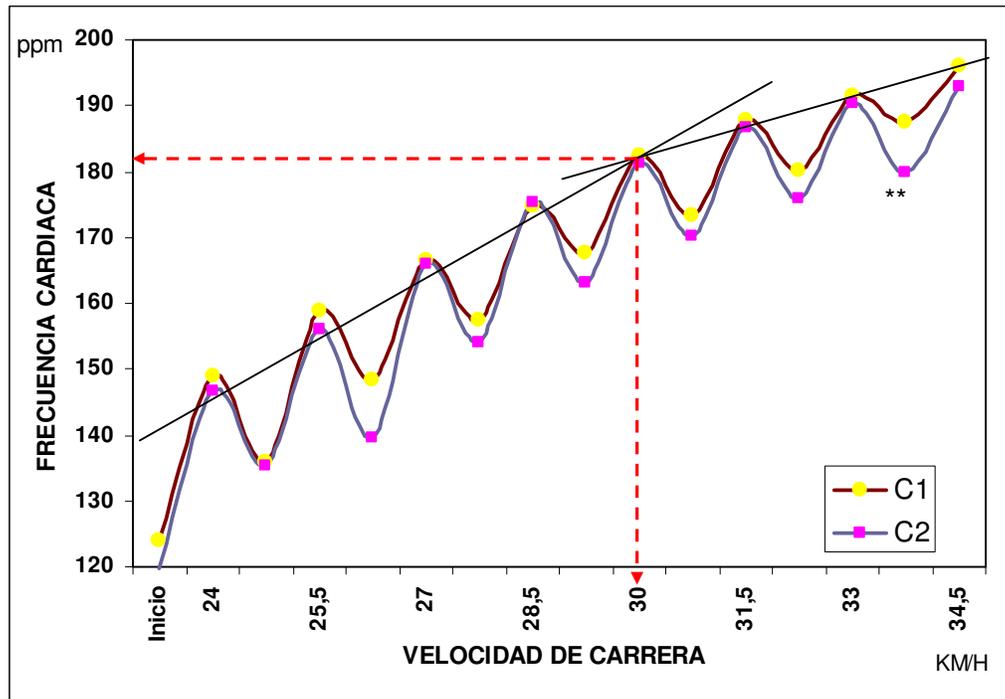


Figura 34. Comportamiento de la frecuencia cardiaca durante los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas: ** $p < 0,01$.

No obstante en el segundo test de campo (C2) se observa una tendencia a presentar valores menores con respecto al primer test (C1) en cada uno de los períodos, tanto en su valor máximo como en el mínimo de frecuencia cardiaca tras recuperar 30 s, lo cual pudiera asociarse a una mejor condición física tras las 10 semanas del macrociclo de preparación (Figura 34). En ella se muestra la identificación del umbral anaeróbico por medio de la deflexión de la curva de la frecuencia cardiaca teniendo en cuenta los valores máximos de la misma en cada uno de los períodos y la velocidad de carrera a la que corresponde dicho umbral anaeróbico, de acuerdo a la metodología propuesta por Probst (1989), García-López y cols

(2003) y Vaquera y cols (2007). Se observa que en el período 5 con una FC de 182 ppm y una velocidad de 30 Km./h se identificó el umbral anaeróbico en los patinadores hombres en este test de campo.

En cuanto al porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en cada uno de los periodos se observa que hay diferencias significativas en el porcentaje de recuperación de los períodos 4 y 7 del test de campo, sin que en los demás períodos de los test se aprecien diferencias significativas (Figura 35), aunque tiende a ser mejor el porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en test C2 a partir del segundo período, posiblemente asociado a su mejor condición física tras las 10 semanas de macrociclo de entrenamiento.

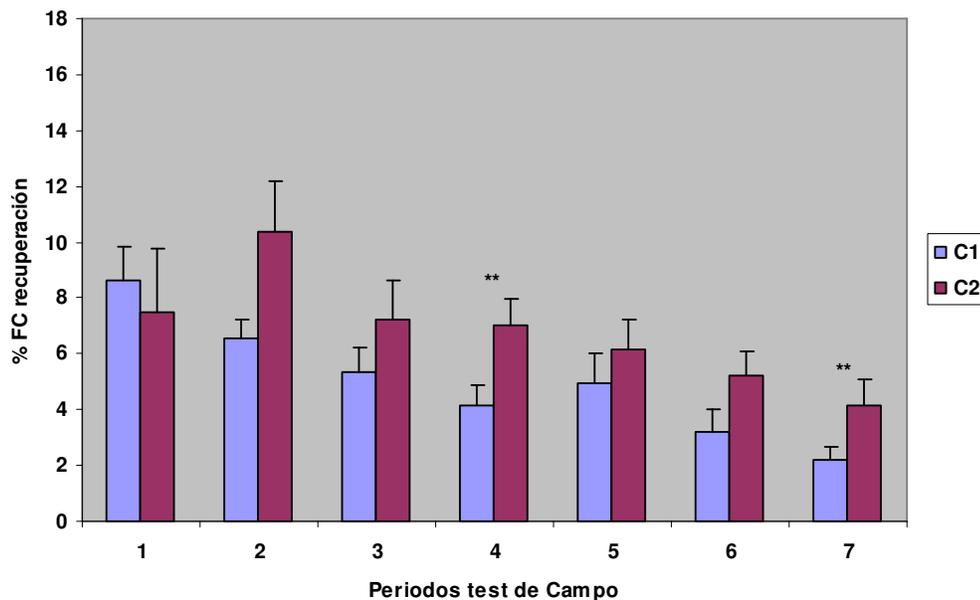


Figura 35. Porcentaje de recuperación en 30 s de la frecuencia cardiaca tras cada uno de los períodos del test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas: ** $p < 0,01$.

En cuanto a las diferentes variables analizadas en el test de campo C1 y C2 a los patinadores hombres encontramos correlaciones significativas y altas (Tabla 28) en la frecuencia cardiaca máxima (FC máx) ($r=0,91$, $p<0,001$), y en la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico identificada tanto por

metodología ventilatoria ($r=0,92$, $p<0,001$) como a través del comportamiento de la frecuencia cardiaca ($r=0,68$, $p<0,05$).

Correlaciones	Test de campo C1	Test de campo C2	Correlación Pearson	"p"
VO ₂ máx (ml/kg/min)	50,82 ± 1,24	53,55 ± 2,43	r = 0,80	**
FC máx (ppm)	196,90 ± 2,28	195,40 ± 1,49	r = 0,91	***
Vel. Máx (km/h)	34,05 ± 0,39	34,20 ± 0,48	r = 0,57	*
FC VT2 (ppm)	182,33 ± 2,49	181,56 ± 2,79	r = 0,92	***
FC VT2 (%)	92,82 ± 0,59	92,86 ± 0,94	r = 0,67	*
FC UA (ppm)	182 ± 2,48	178,20 ± 2,45	r = 0,68	*

Tabla 28. Correlaciones de variables entre los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: * $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$.

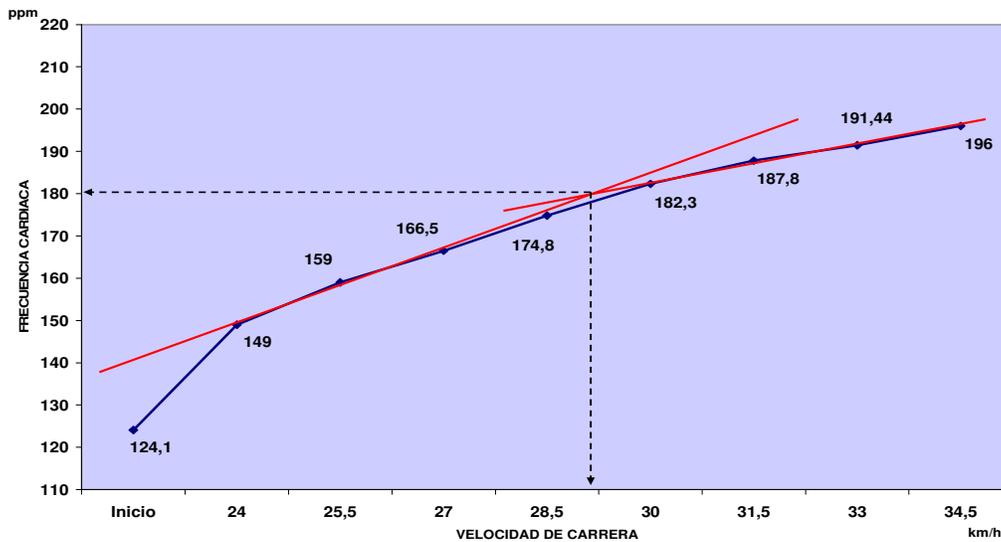


Figura 36. Frecuencia cardíaca máxima en cada periodo de esfuerzo durante el test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) en patinadores hombres (n=14). Valores medios y rectas tangentes trazadas para identificar el umbral anaeróbico (---).

La determinación del umbral anaeróbico (UA) por medio de la deflexión de la frecuencia cardiaca no difiere y muestra una correlación positiva entre los test de campo C1 y C2, determinado tanto por metodología ventilatoria (VT2) como a través del comportamiento de la frecuencia cardiaca (FC-UA), finalidad

de este trabajo en cuanto a validar este test de campo en patinaje de velocidad sobre ruedas en línea. En las Figuras 36 y 37 se muestra los valores medios de frecuencia cardíaca máxima alcanzada en cada uno de los 8 periodos o intervalos de esfuerzo realizados en el test de campo al inicio (C1) (Figura 36) y al cabo de 10 semanas de la preparación del macrociclo precompetitivo (C2) (Figura 37).

En la Figura 36 se representan las tangentes trazadas que identifican la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardíaca para determinar el umbral anaeróbico (UA), correspondiéndose con una frecuencia cardíaca de 180 ppm y a una velocidad de 28.9 km/h para los patinadores hombres en el test de campo C1. Comportamiento que nos llevó a realizar ajustes en su protocolo en una segunda fase experimental para mejorar el número de intervalos o periodos de esfuerzo a realizar para identificar con mayor facilidad y precisión el umbral anaeróbico, además de poder cumplir los criterios de no sobrepasar incrementos de 8 ppm en la FC (Conconi y cols 1982, 1996) entre periodos de acuerdo a la metodología utilizada por Probst (1989), García-López y cols (2003) y Vaquera y cols (2007).

En la Figura 37 se muestra igualmente la determinación del umbral anaeróbico (UA) en el test de campo C2, correspondiendo a un valor de frecuencia cardíaca de 180 ppm y a una velocidad de carrera de 28.7 km/h, siendo muy similares los resultados en el UA de este segundo test (C2) de la primera fase experimental, a pesar de las 10 semanas de preparación del macrociclo precompetitivo, lo cual puede verse condicionado por una inadecuada progresión de intensidad en los intervalos o periodos del test, y por el tiempo de recuperación de cada periodo, por lo que en una segunda fase experimental se reajustó.

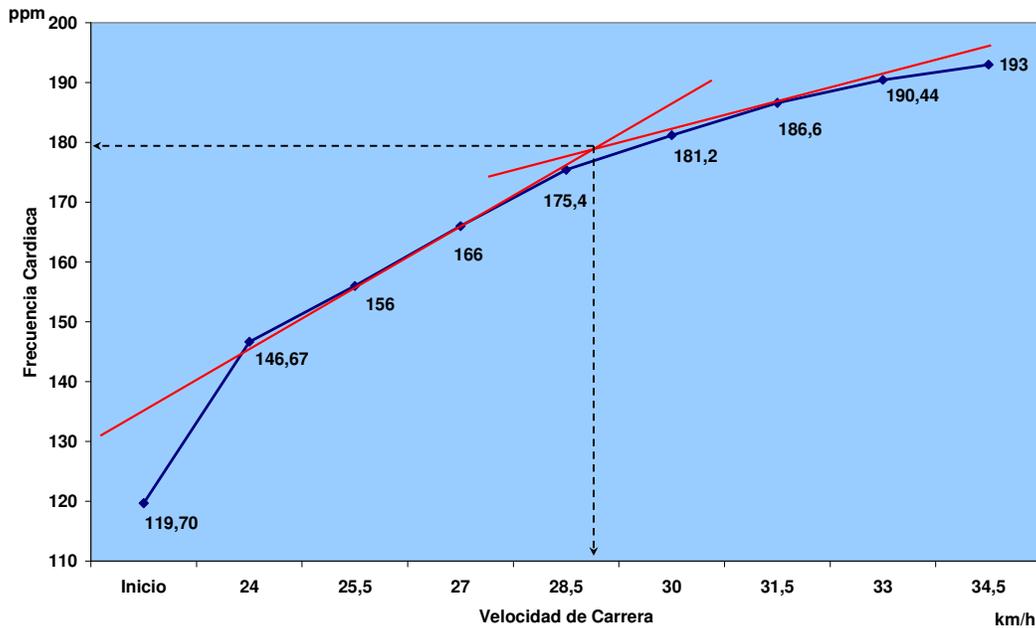


Figura 37. Frecuencia cardíaca máxima en cada periodo de esfuerzo durante el test de campo progresivo, maximal e interválico al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva de 10 semanas (C2) en patinadores hombres (n=14). Valores medios y rectas tangentes trazadas para identificar el umbral anaeróbico (-).

También se muestra en la Figura 38 la correlación entre el umbral anaeróbico identificado tanto por metodología ergoespirométrica (FC-VT2) como indirectamente a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardíaca (FC-UA), tanto al inicio de su preparación en el macrociclo precompetitivo (C1) como tras 10 semanas de entrenamiento en el mismo (C2), mostrándose una correlación alta y significativa entre la FC-VT2 y FC-UA (con valores medios de $182,70 \pm 2,26$ ppm y $182 \pm 2,48$ ppm, respectivamente) (Figura 38), y también para la velocidad a la que corresponde Vel-VT2 y Vel-UA (con valores medios de $30 \pm 0,31$ km/h y $29,85 \pm 0,41$ km/h, respectivamente), lo cual da validez a su identificación indirecta en este test de campo (FC-UA) a pesar de que los aumentos de la frecuencia cardíaca en cada uno de los períodos son más bruscos y acelerados de lo recomendado, lo cual puede inducir a que se llegue rápidamente a la fatiga muscular, por lo que no se observa mejora tras las 10 semanas de entrenamiento.

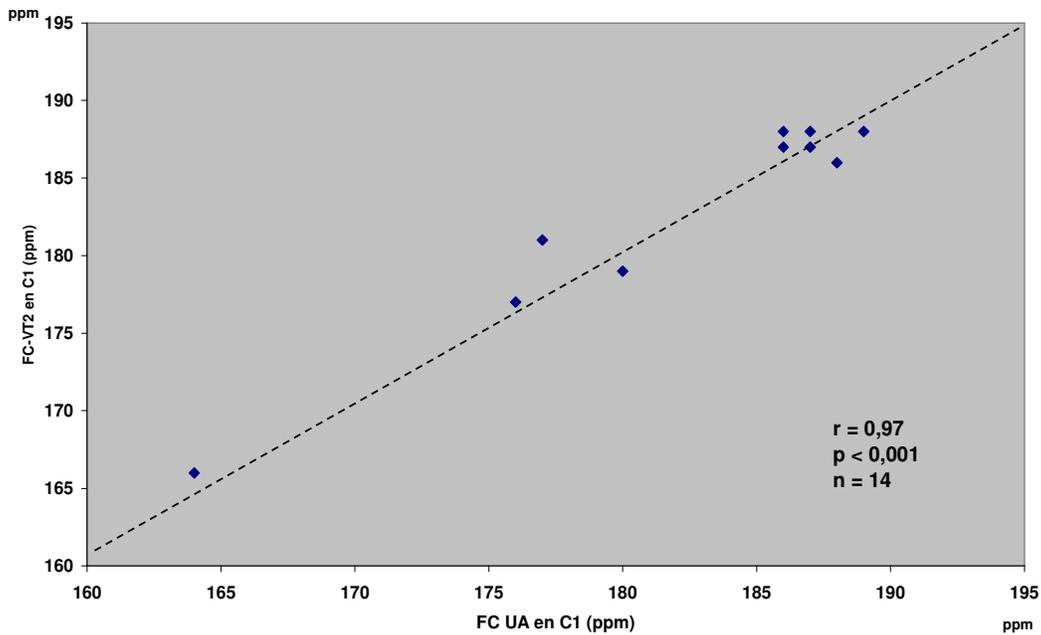


Figura 38. Correlación de Pearson entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico identificada tanto por metodología ventilatoria (FC-VT2) como a través del comportamiento progresivo de FC (FC-UA), en el test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) en patinadores hombres.

Correlación significativa y similar (algo más baja) obtenida tras las 10 semanas de entrenamiento en el test de campo C2 ($r = 0,87$ $p < 0,001$) correspondiendo a frecuencias cardiacas en el umbral anaeróbico de $181,56 \pm 2,79$ ppm en VT2 y $177,67 \pm 2,67$ ppm en FC-UA, valores que representan un 92,86 y 90,88 % respecto de su FC máx alcanzada. También se obtuvo una correlación significativa y elevada con la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico (Vel-VT2 y Vel-UA) para ambas frecuencias cardiacas identificadas en el test de campo C2, ($r=0,85$, $p<0,001$), valores medios de $30,16 \pm 0,22$ y $29 \pm 0,73$ km/h, respectivamente.

4.2.4.1.-Test de campo C1 y C2 en patinadoras

Los valores máximos determinados en el test de campo progresivo maximal e interválico al inicio (C1) y tras 10 semanas de preparación del macrociclo precompetitivo (C2) con las patinadoras en esta primera fase experimental se muestran en Tabla 29, observándose que no hay diferencias significativas en la FCmáx ni el VO₂máx. En cambio se presentan también diferencias significativas en el tiempo total del test (T total), que mejora un 22,97% tras las 10 semanas de entrenamiento (Figura 40); y en la distancia total recorrida durante los test, que mejora un 22,87% en el test C2 (Figura 41).

VALORES MAXIMOS	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
T total (s)	1051,67 ± 36,66	1293,33 ± 8,33	22,97	***
D total (m)	6266,67 ± 266,66	7700,1 ± 152,75	22,87	*
VO ₂ máx (ml/kg/min)	45,62 ± 1,85	49,87 ± 4,49	9,32	n.s.
FC máx (ppm)	191,67 ± 4,37	193,33 ± 4,66	0,87	n.s.
Vel máx (Km/h)	32 ± 0,50	33 ± 0,25	3,13	n.s.
VE máx (l/min)	96,63 ± 3,24	95,04 ± 2,30	-1,65	n.s.
RQ máx	1,11 ± 0,03	1,11 ± 0,05	0	n.s.

Tabla 29. Valores máximos alcanzados en los test de campo, progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas ***=p<0,001 y n.s. = no significativo.

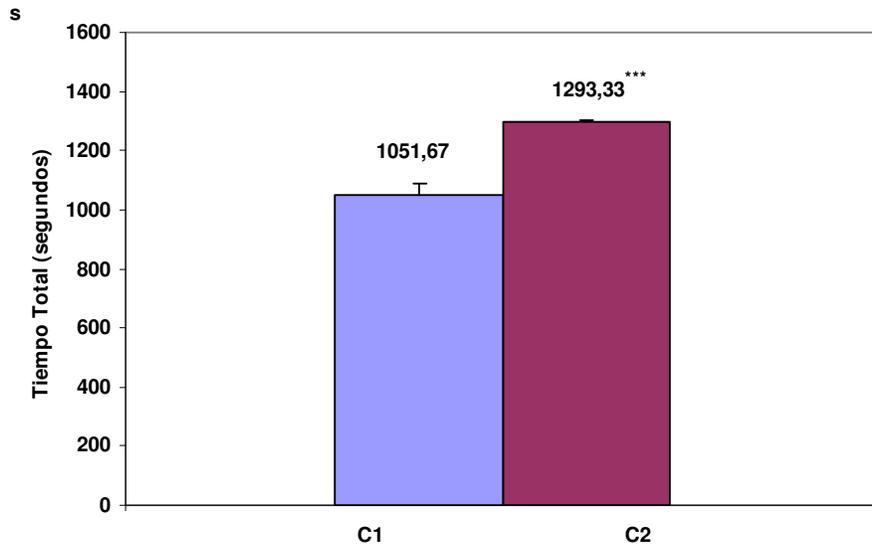


Figura 40. Tiempo total de esfuerzo en los test de campo, progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas *** = $p < 0,001$.

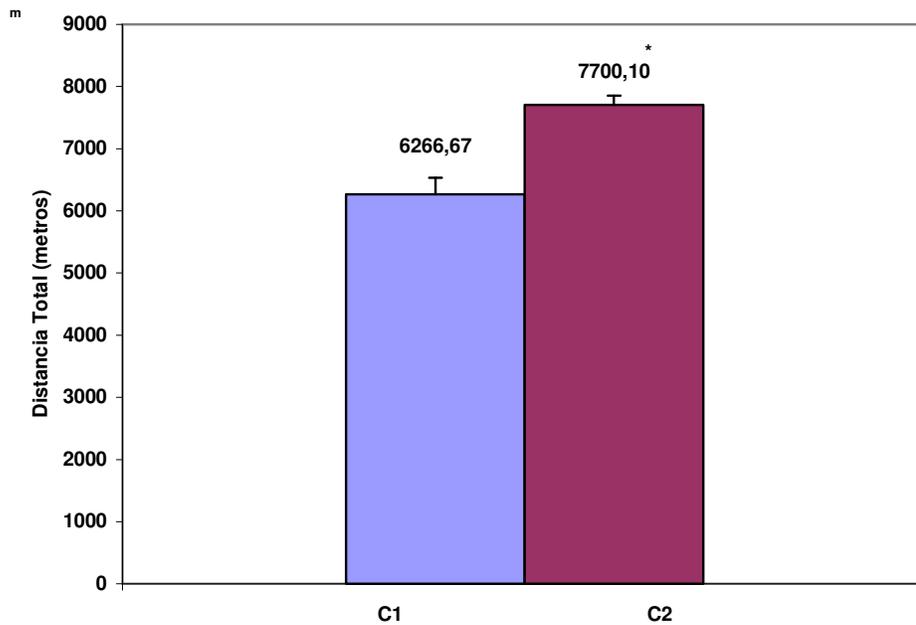


Figura 41. Distancia total recorrida en los test de campo, progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas *** = $p < 0,001$.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico tanto por metodología ergo-espirométrica como a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca muestran (tabla 30) diferencias significativas en el tiempo transcurrido en el test hasta identificar el umbral anaeróbico ventilatorio (T VT2) (Figura 42), y en su respectivo porcentaje respecto al transcurrido en el test (% T VT2). En la Tabla 30 se aprecia que sólo hay diferencias significativas en el cociente respiratorio correspondiente a esta intensidad umbral anaeróbico ventilatorio (RQ VT2) y en el porcentaje respecto a la velocidad a la que se identifica el umbral anaeróbico (%Vel-UA); mientras que el resto de variables no se presentan diferencias significativas mostrando valores muy similares en ambos test.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
T VT2 (s)	690,67 ± 61,73	763,33 ± 64,37	10,52	***
%T VT2	65,67 ± 5,40	59,06 ± 5,23	13,06	*
VO ₂ VT2 (ml/kg/min)	38,35 ± 2,24	42,09 ± 3,06	9,75	n.s.
%VO ₂ VT2	83,93 ± 1,45	84,70 ± 2,70	0,92	n.s.
FC VT2 (ppm)	180,33 ± 4,17	181 ± 5,50	0,37	n.s.
%FC VT2	94,08 ± 0,42	93,59 ± 0,61	-0,52	n.s.
Vel VT2 (Km/h)	29 ± 0,5	29,15 ± 0,38	0,52	n.s.
%Vel VT2	90,62 ± 0,14	87,87 ± 1,51	-3,03	n.s.
VE VT2 (l/min)	75,95 ± 8,55	66,30 ± 5,56	-12,71	n.s.
%VE VT2	78,94 ± 10,10	69,92 ± 6,58	-11,43	n.s.
RQ VT2	0,97 ± 0,01	0,93 ± 0,08	-4,12	**
%RQ VT2	87,25 ± 1,38	84,23 ± 3,91	-3,46	n.s.
FC UA (ppm)	180,67 ± 3,93	182,33 ± 4,70	0,92	n.s.
%FC UA	94,27 ± 0,21	94,30 ± 0,32	0,03	n.s.
Vel UA (Km/h)	29 ± 0,50	28,50 ± 0,12	-1,72	n.s.
%Vel UA	90,62 ± 0,14	86,36 ± 0,07	-4,70	***

Tabla 30. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas * = p<0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001; y n.s. = no significativo.

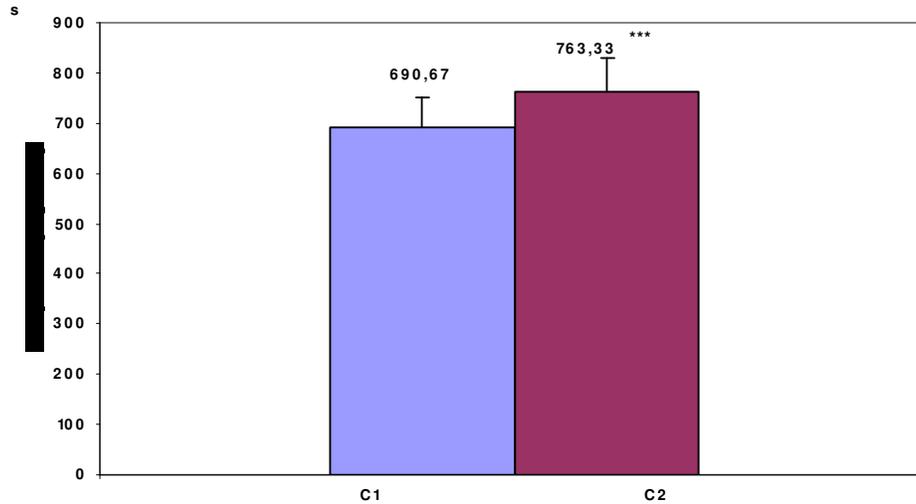
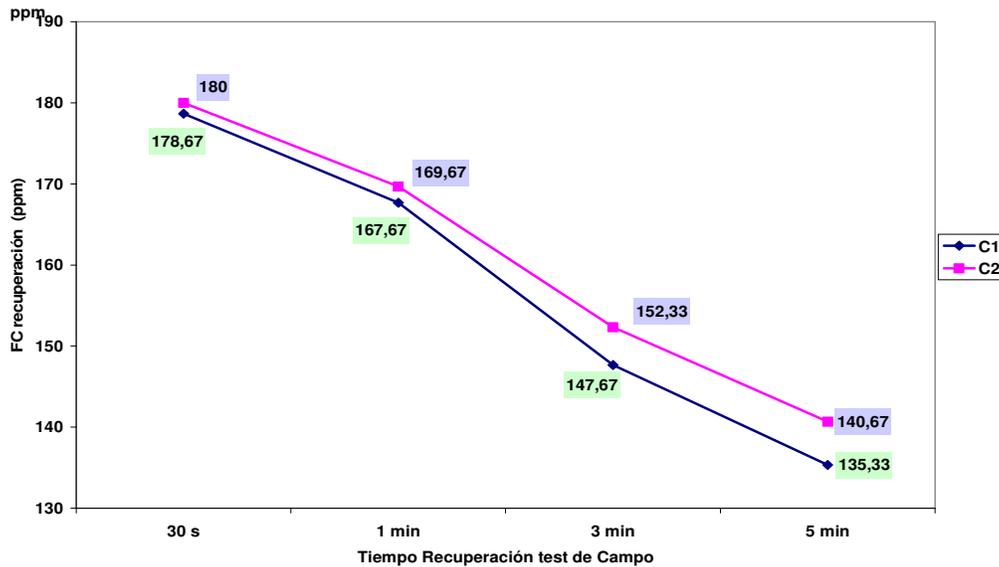


Figura 42. Tiempo de esfuerzo transcurrido hasta identificar el umbral anaeróbico ventilatorio (T VT2), en el test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas *** = $p < 0,001$.



FC de recuperación	Test de campo C1	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
% a 30 s	5,82 \pm 0,43	6,45 \pm 0,92	10,82	n.s.
% a 1 min	11,66 \pm 1,48	11,81 \pm 0,85	1,29	n.s.
% a 3 min	22,20 \pm 1,32	20,90 \pm 2,13	-5,86	n.s.
% a 5 min	28,59 \pm 1,40	26,90 \pm 1,91	-5,91	n.s.

Figura 43. Frecuencia cardiaca de recuperación (%) tras finalizar los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

La frecuencia cardiaca de recuperación monitorizada durante los 5 minutos tras finalizar los test de campo C1 y C2 en las patinadoras en esta primera fase experimental (Figura 43) no muestra diferencias significativas en ninguna de estas variables, ni que hubiera una mejor recuperación en el 2º test de campo (sino que tiende a ser peor a pesar de las 10 semanas de entrenamiento), tanto en términos absolutos como en porcentajes de recuperación respecto de la FC máxima al finalizar los tests o tiempo de inicio de recuperación.

La monitorización de la FC durante el desarrollo de los test de campo en cada intervalo o periodo de esfuerzo permite identificar el umbral anaeróbico (UA) indirectamente a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de los valores de FC max de cada intervalo o periodo (FC-UA), al igual que permite identificar la recuperación de cada periodo al identificar la FC minima de cada uno de ellos. Valor de FC-UA que puede correlacionarse con la determinada por métodos ventilatorios (FC-VT2) en las patinadoras en la primera fase experimental. Estos valores de FCmax en cada periodo se muestran en la Tabla 31 donde sólo se aprecian diferencias significativas en la frecuencia cardiaca máxima del periodo 6 (FC P6) que es un 6% menor, mientras que en el resto de periodos tiende a ser mayor en C2.

FCmax entre periodos	n	Test de campo C1	n	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
FCmax p.1	7	154,5 ± 2,12	7	157,33 ± 1,53	1,83	n.s.
FCmax p.2	7	165,12 ± 1,23	7	168,33 ± 2,43	1,94	n.s.
FCmax p.3	7	169 ± 6,50	7	174,67 ± 3,52	3,36	n.s.
FCmax p.4	7	178,33 ± 6,22	7	182,33 ± 4,70	2,24	n.s.
FCmax p.5	5	184 ± 5,56	7	186 ± 5,50	1,09	n.s.
FCmax p.6	2	188,33 ± 5,69	5	191 ± 5	1,42	**

Tabla 31. Frecuencia cardiaca máxima (FCmax) en cada uno de los periodos (p.) de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

Y en la Tabla 32 se muestran los valores de la frecuencia cardiaca mínima hallada en cada uno de los períodos tras los 30 s de recuperación durante el test de campo progresivo, maximal e interválico, observándose que no hay diferencias significativas en ningún periodo o intervalo de esfuerzo tras 10 semanas; y encontrándose de nuevo valores mayores para el test de campo C2, si bien con un mejor porcentaje de recuperación de la FC de acuerdo a los valores máximos determinados en cada uno de los períodos (Figura 44). Valores que al igual que los anteriores estén relacionados con que el esfuerzo realizado por estas patinadoras fue mayor en el segundo test, y la presumible mejor adaptación a este test encontrándose en una mejor condición física. Si bien en los 2 test de campo tan sólo se llegaron a completar 5-6 periodos o intervalos de esfuerzo, lo que requiere de ajustes a su protocolo en una posterior 2ª fase experimental.

FCmin entre periodos	n	Test de campo C1	n	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
FCmin p.1	7	150,12 ± 1,69	7	153 ± 2,48	1,92	n.s.
FCmin p.2	7	159,45 ± 3,14	7	161,33 ± 3,06	1,18	n.s.
FCmin p.3	7	163,67 ± 7,13	7	168,33 ± 5,20	2,85	n.s.
FCmin p.4	7	171,67 ± 8,83	7	175 ± 6,02	1,94	n.s.
FCmin p.5	3	178,33 ± 6,69	5	177,67 ± 5,04	-0,37	n.s.

Tabla 32. Frecuencia cardiaca mínima (FCmin) en cada uno de los periodos (p.) de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios ± E.E.M. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

La Figura 44 muestra el comportamiento de la FC en los 2 tests de campo con los valores máximos y mínimos de la FC en cada uno de los 5-6 periodos completados y sus velocidades correspondientes, al igual que las tangentes que identifican la deflexión de la FC, lo que coincide con un valor medio de FC-UA de 181 ppm y una velocidad de 28,5 km/h. En ella se aprecia el incremento brusco de la frecuencia cardiaca de un período a otro, posible razón por la cual las patinadoras no pudieron mantener este elevado ritmo de carrera induciendo pronto a la fatiga y realizando sólo 6 periodos, por lo que se tienen pocos puntos de referencia a la hora de identificar la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico (FC-UA). Ello condiciona realizar otra fase experimental con

los ajustes necesarios al test de campo para solventar estas dificultades a la hora de identificar el umbral anaeróbico a través del comportamiento progresivo de la FC y analizar su correlación con el determinado por métodos ventilatorios.

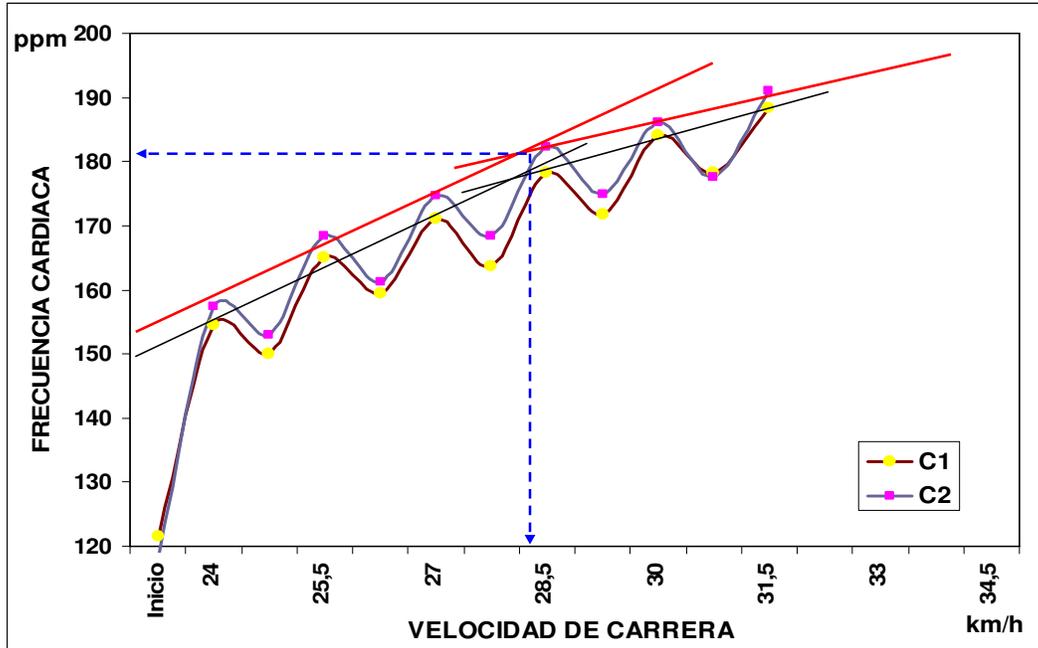


Figura 44. Frecuencia cardíaca durante los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras (n=7). Valores medios y rectas tangentes con la FCmax de cada periodo.

El porcentaje de recuperación de la frecuencia cardíaca en los diferentes periodos de los test de campo C1 y C2 realizados por las patinadoras tampoco presentan diferencias significativas (Figura 45), aunque desde el primer periodo se observa una tendencia a una mejor recuperación en el test de campo C2. También se observa que en ambos test de campo C1 y C2 el porcentaje de FC de recuperación a partir del segundo período hasta el quinto se estabiliza, pero no habiéndose observado relación alguna entre el umbral anaeróbico FC-UA ni FC-VT2, ni con los valores máximos encontrados en cada uno de los períodos.

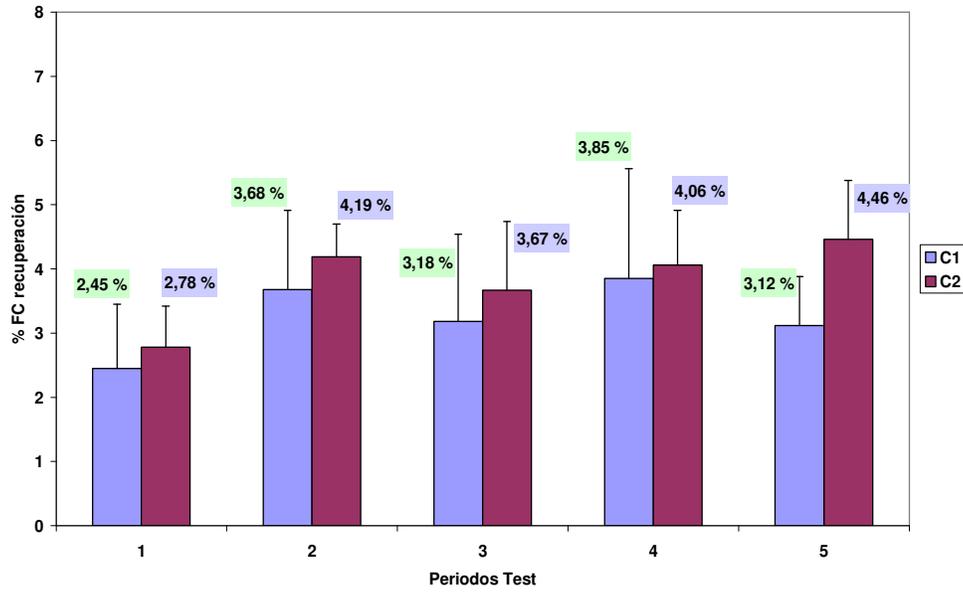


Figura 45. Porcentaje de recuperación de la frecuencia cardíaca (%FCrec) en 30 s tras cada uno de los periodos de los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras de velocidad sobre ruedas en línea (n=7). Valores medios \pm E.E.M. Diferencias significativas n.s. = no significativa.

En los test de campo C1 y C2 de esta primera fase experimental de las patinadoras se han observado correlaciones altas y significativas entre la frecuencia cardíaca máxima (FC máx) ($r=0,99$, $p<0,05$) (Figura 46); en la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) ($r=0,93$, $p < 0,05$) (Figura 47) y porcentaje de velocidad máxima a la que se identifica el umbral ventilatorio (%Vel VT2) ($r=0,98$ y $p < 0,001$).

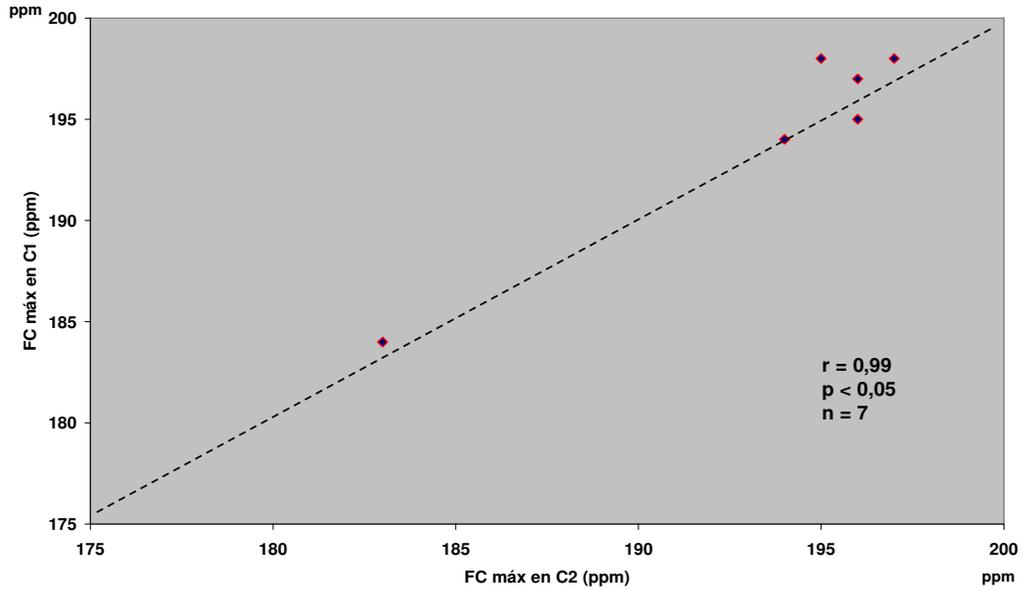


Figura 46. Correlación entre la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) del test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras de velocidad sobre ruedas en línea.

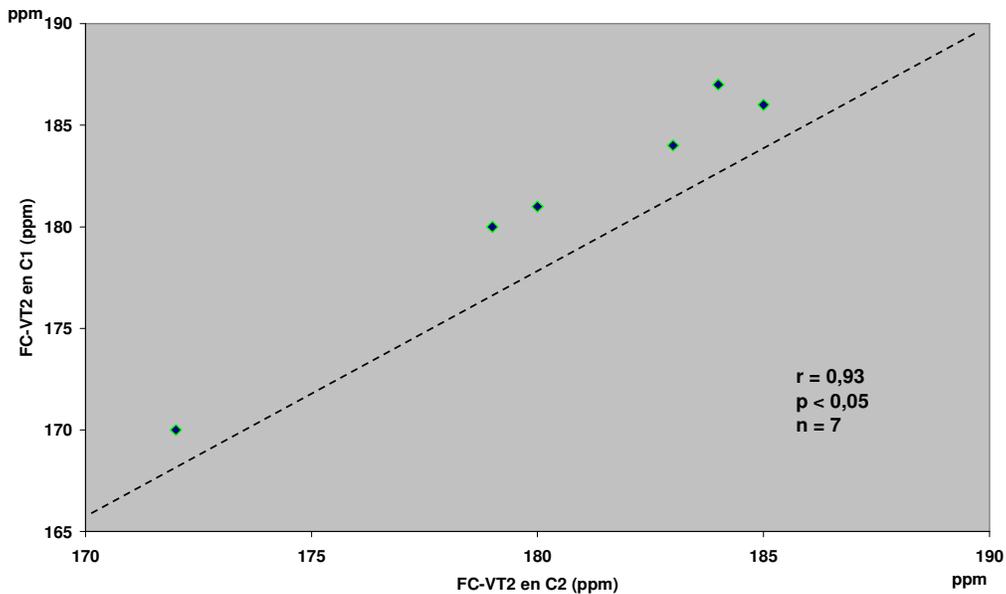


Figura 47. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en los test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) y al final del mismo 10 semanas después (C2) en patinadoras de velocidad sobre ruedas en línea.

La correlación entre el umbral anaeróbico ventilatorio (VT2) en cada uno de los test de campo identificado por métodos directos a través del análisis ergoespirométrico, y el identificado indirectamente a través del comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca por medio de pulsómetros en relación con la velocidad de carrera a través del software desarrollado especialmente para esta investigación (TIVRE-patín), muestra una correlación significativa y elevada para el test de campo C1 ($r=0,95$; $p < 0,05$) correspondiendo a valores medios para FC-VT2 de $180,33 \pm 4,17$ ppm y para FC-UA de $180,67 \pm 3,93$ ppm (Figura 48). También se observa una significativa y elevada correlación en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico tanto identificado por métodos ventilatorios (Vel-VT2) como indirectamente a través del comportamiento progresivo de la FC máxima de cada periodo ($r = 0,96$; $p < 0,001$), velocidades de $29,12 \pm 0,5$ km/h y $29,50 \pm 0,50$ km/h, respectivamente.

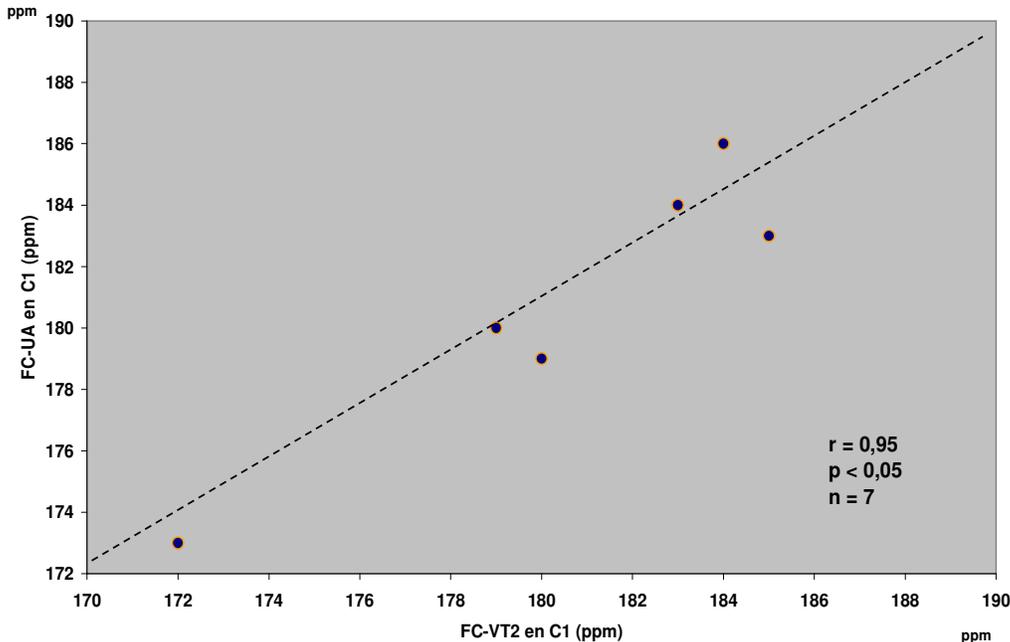


Figura 48. Correlación entre la frecuencia correspondiente al umbral anaeróbico determinado tanto por método ventilatorio (FC-VT2) como identificado indirectamente a través del comportamiento de su frecuencia cardiaca en el test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva (C1) en patinadoras de velocidad sobre ruedas en línea.

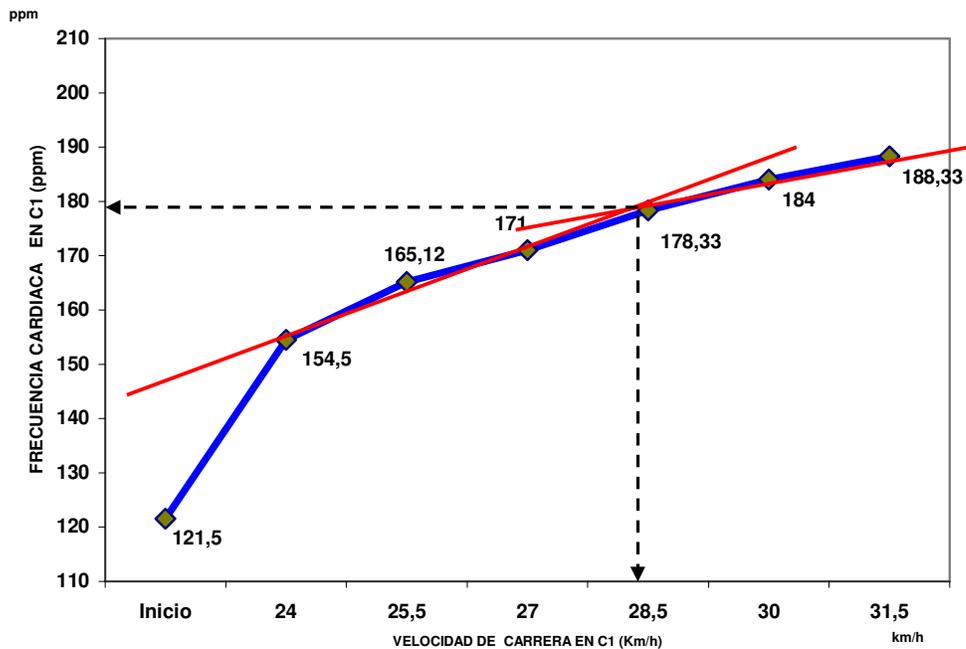


Figura 49. Identificación de la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico (FC-UA) en el test de campo progresivo, maximal e interválico al inicio de la preparación del macrociclo precompetitivo (C1) en patinadoras. Valores medios y rectas tangentes.

La estimación de la intensidad correspondiente al umbral anaeróbico a través de la identificación de la deflexión en el comportamiento progresivo de las frecuencias cardíacas máximas de cada uno de los periodos de esfuerzo progresivos del test de campo TIVRE-Patín en patinadoras de velocidad sobre ruedas en línea se representa en la Figura 49, mostrándose las rectas tangentes que pasan por el mayor número de puntos de referencia durante el test de campo al inicio de la preparación del macrociclo precompetitivo (C1), siendo su intercepción el momento de deflexión de la FC a identificar como umbral anaeróbico, lo que corresponde a un valor medio de FC de 179,5 ppm, con una velocidad de carrera de 28,5 km/h en las patinadoras en esta primera fase experimental.

De igual manera se procedió con las patinadoras en el test de campo C2 resultando una estimación del umbral anaeróbico a una FC media de 181 ppm

y a una velocidad de 28,5 km/h (Figura 50), siendo valores muy similares a los encontrados en el test de campo C1.

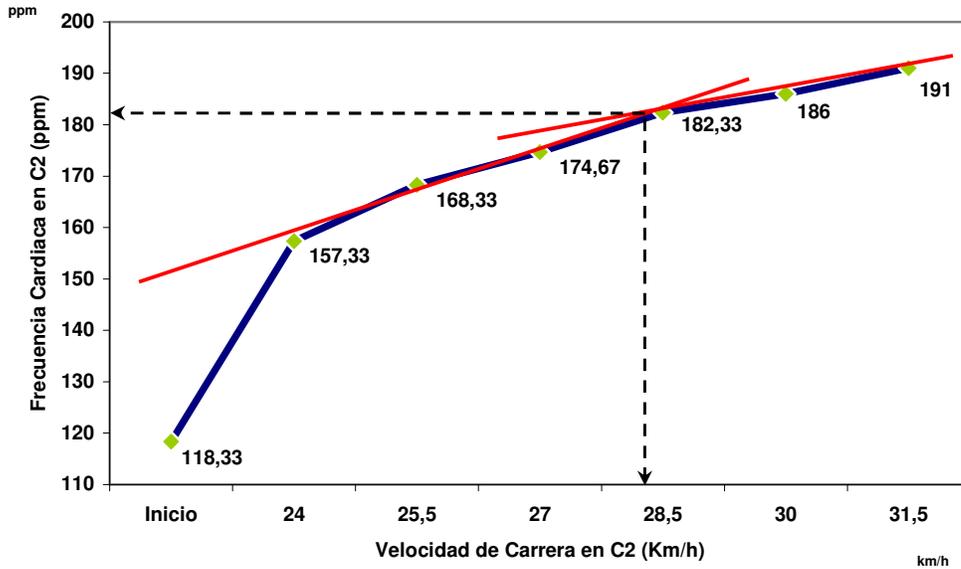


Figura 50. Identificación de la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico (FC-UA) en el test de campo progresivo, maximal e interválico al final de la preparación del macrociclo precompetitivo (C2) en patinadoras. Valores medios y rectas tangentes.

En este test de campo C2, ambas metodologías de identificar el umbral anaeróbico (FC-VT2 vs FC-UA) muestran una correlación alta y significativa ($r=0,98$; $p < 0,01$), con valores medios de $181 \pm 5,50$ ppm y $182,33 \pm 4,70$ ppm, respectivamente (Figura 51); al igual que la encontrada en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico ($r = 0,72$; $p < 0,05$), correspondiendo respectivamente a velocidades de $29,15 \pm 0,38$ km/h para FC-VT2 y de $28,50 \pm 0,12$ km/h para FC-UA.

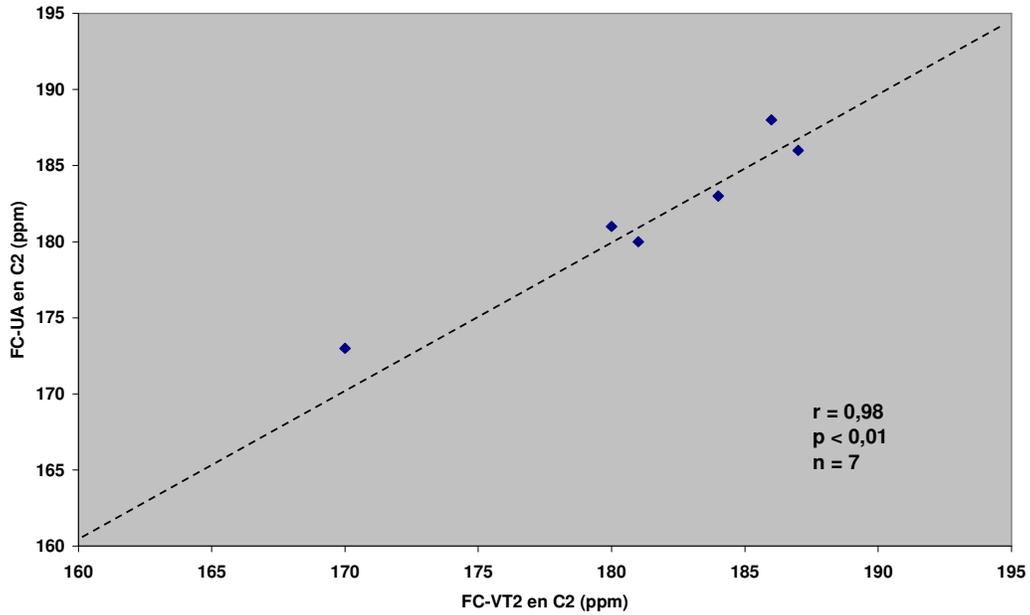


Figura 51. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente tanto al umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) como estimado a través de la su deflexión en la frecuencia cardiaca (FC-UA) en el test de campo progresivo, maximal e interválico tras 10 semanas de la preparación del macrociclo precompetitivo (C2) realizado a las patinadoras de velocidad sobre ruedas en línea.

4.2.5 Tests de Laboratorio vs Test de Campo en primera Fase Experimental en patinadores y patinadoras

Respecto de los diferentes tests realizados en esta primera fase experimental, tanto de laboratorio como de campo, se analizan a continuación las variables relacionadas entre el primer test de laboratorio (L15) con el primer test de campo (C1); también se mostrará la relación entre el segundo test de laboratorio (L25) con el segundo test de campo (C2) realizados por todos los patinadores, tanto hombres como mujeres. El primer test se realizó en el laboratorio (L15) y al cabo de 3 días, respetando los procesos de recuperación para los patinadores, se llevó a cabo el test de campo (C1). De igual manera se respetó este orden y plazo para los segundos test de laboratorio y campo de la fase experimental.

En la Tabla 33 se muestran los valores máximos hallados en el primer test de laboratorio (L15) y en el primer test de campo (C1) observándose diferencias significativas en la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx), (un 2% mayor en C1), como en el cociente respiratorio máximo (RQ máx.), sin que en las demás variables (VO₂máx; Ventilación máxima,...) se encuentren diferencias significativas. Se aprecia un valor mayor de FC máx. y RQmáx en el test de campo C1 con respecto al test de laboratorio L15 presumiblemente relacionado con el esfuerzo realizado en el test de campo que es más específico y propio de su preparación y, por ello, posiblemente, curse con valores más altos en relación al test en bicicleta en laboratorio.

VALORES MAXIMOS	Test de Laboratorio L15	Test de Campo C1	Diferencia %	"p"
VO ₂ máx.	52,55 ± 2,01	49,34 ± 1,10	-6,11	n.s.
FC máx.	193,14 ± 1,44	195,71 ± 1,88	1,33	*
VE máx.	131,06 ± 8,13	128,41 ± 6,95	-2,02	n.s.
RQ máx.	1,14 ± 0,01	1,21 ± 0,02	6,14	**

Tabla 33. Valores máximos de los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; *** = p < 0,01 y n.s. = no significativo.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	42,12 ± 1,21	40,36 ± 1,40	-4,18	n.s.
VO ₂ VT2 %	80,67 ± 1,57	81,65 ± 1,73	1,21	n.s.
FC VT2	178,79 ± 1,74	182 ± 1,78	1,80	**
FC VT2 %	92,55 ± 0,40	93 ± 0,41	0,49	n.s.
VE VT2	85,41 ± 5,31	89,09 ± 4,50	4,31	n.s.
VE VT2 %	65,59 ± 1,91	70,05 ± 2,63	6,80	n.s.
RQ VT2	0,97 ± 0,009	0,99 ± 0,007	2,06	n.s.
RQ VT2 %	85,17 ± 0,96	82,32 ± 1,69	-3,35	n.s.
FC UA	179,50 ± 1,46	181,50 ± 1,90	1,11	n.s.
FC UA%	92,94 ± 0,49	92,74 ± 0,54	-0,22	n.s.
FC VT2 – FC UA	178,79 ± 1,74	181,50 ± 1,90	1,52	n.s.
FC VT2% - FC UA%	92,55 ± 0,40	92,74 ± 0,54	0,21	n.s.

Tabla 34. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01; n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico se muestran en la Tabla 34, presentando diferencias significativas sólo en la frecuencia cardiaca a la que se identifica el umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) (un 2% significativamente mayor en test de campo como se representa en la Figura 52), si bien éstas no existen en valores relativos al % FC-VT2 ni en su identificación mediante la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca (FC-UA).

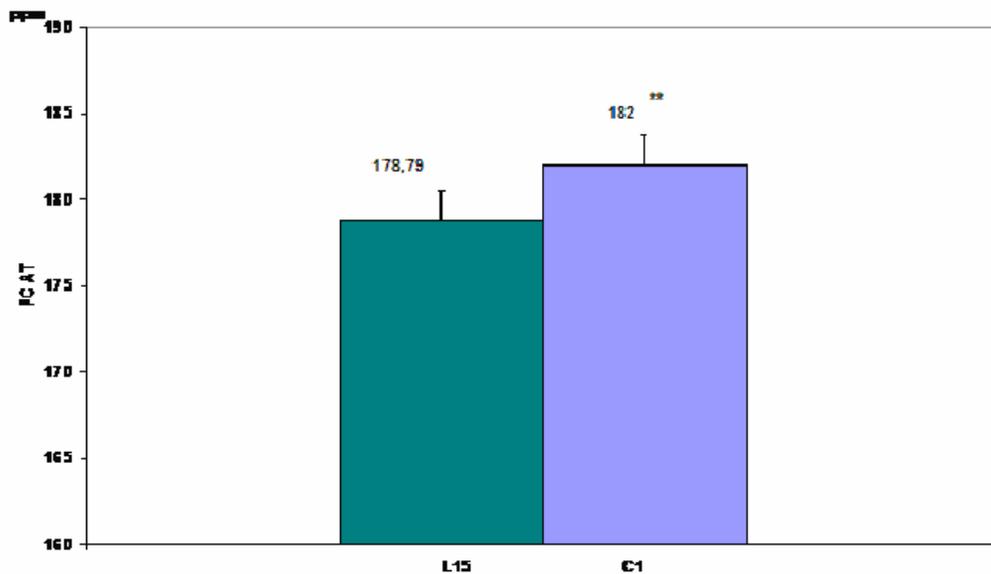


Figura 52. Frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio en test de laboratorio (L15) y test de campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ** = $p < 0,01$.

La frecuencia cardiaca de recuperación de cada uno de los respectivos test de laboratorio (L15) y campo (C1) (Tabla 35) presentan diferencias significativas desde los 30 segundos hasta los 5 min, siendo entre un 3 y un 25% menor el porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca en el test de laboratorio L15, posiblemente relacionado con que este test de laboratorio no es específico a la ejecución de su movimiento normal de entrenamiento o competición. El significativo 2% mayor frecuencia cardiaca máxima alcanzada en el test de campo C1 puede relacionarse con el mayor esfuerzo realizado en

su propio terreno de entrenamiento y competición de patinaje sobre ruedas en línea.

FC de recuperación	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
30 s.	179,57 ± 2,76	185,36 ± 2,06	3,22	**
1 min.	165,57 ± 3,34	175,50 ± 2,53	6	**
3 min.	139,86 ± 3,80	148,50 ± 2,97	6,18	**
5 min.	128,79 ± 2,91	133,21 ± 2,59	3,43	**
% a 30 s.	5,85 ± 0,96	4,80 ± 0,44	-17,95	n.s.
% a 1 min.	13,20 ± 1,36	9,86 ± 0,96	-25,30	**
% a 3 min.	26,72 ± 1,63	23,75 ± 1,22	-11,12	**
% a 5 min.	32,51 ± 1,16	31,53 ± 1,33	-3,01	n.s.

Tabla 35. Frecuencia cardiaca de recuperación en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = $p < 0,01$; n.s. = no significativo.

Entre el test de laboratorio L15 y el test de campo C1 hemos observado correlaciones significativas y altas tanto en parámetros máximos como la frecuencia cardiaca máxima alcanzada ($r = 0,78$; $p < 0,001$)(Figura 53), o la ventilación máxima ($r = 0,71$; $p < 0,05$; con valores de $131,06 \pm 8,13$ l/min, para el test de laboratorio L15 y $128,41 \pm 6,95$ l/min, para el test de campo C1); como en parámetros umbral anaeróbico ya sea la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) ($r = 0,53$; $p < 0,05$) (Figura 54) o en la la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico (FC UA), ($r=0,78$; $p<0,001$).

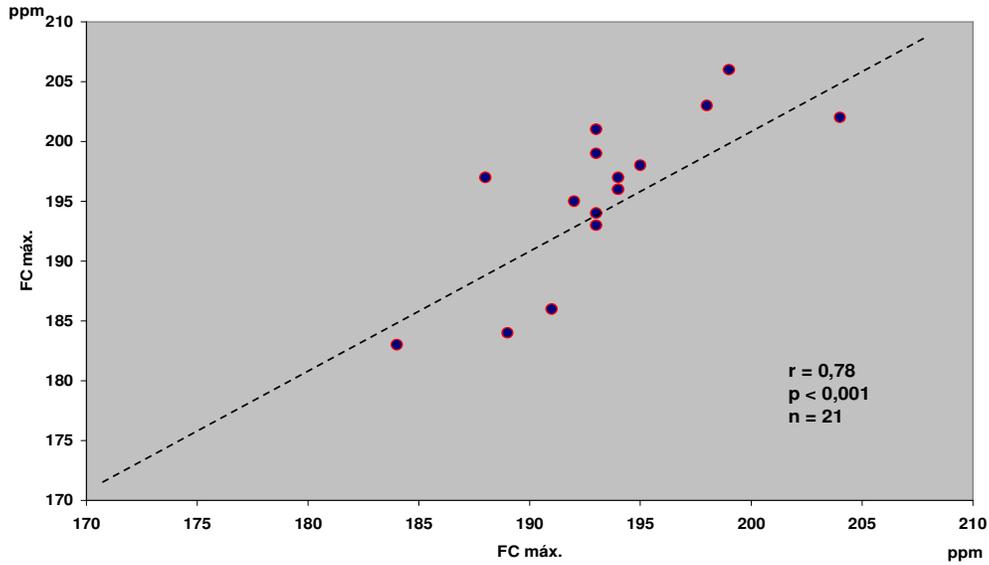


Figura 53. Correlación entre la frecuencia cardiaca máxima en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21).

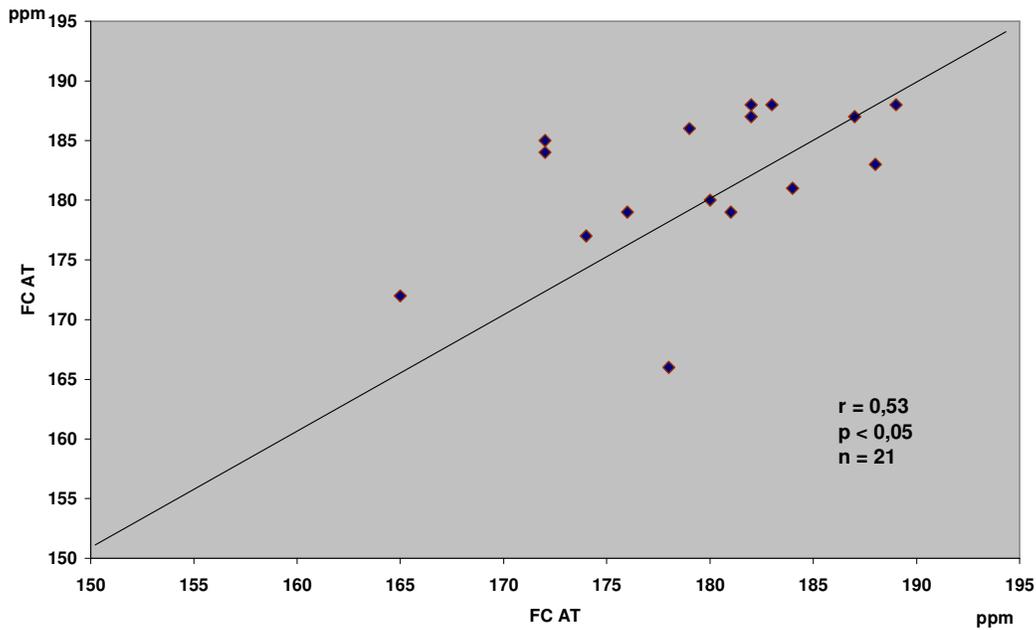


Figura 54. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21).

4.2.5.1 Test de laboratorio (L15) y de campo (C1) en patinadores hombres

Respecto de los valores máximos alcanzados en los test, la Tabla 36 muestra diferencias significativas sólo en el cociente respiratorio máximo (RQ máx) en esfuerzos que llegan al 98% de la FCmáx teórica, sin que difieran el resto de parámetros máximos, como el VO₂máx.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L15	Test de Campo C1	Diferencia %	"p"
VO ₂ máx.	54,18 ± 2,28	50,20 ± 1,27	-7,35	n.s.
FC máx.	194,90 ± 1,37	196,90 ± 2,28	1,03	n.s.
VE máx.	145,08 ± 7,28	139,50 ± 6,85	-3,85	n.s.
RQ máx.	1,14 ± 0,01	1,23 ± 0,03	7,89	**

Tabla 36. Valores máximos de los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01 y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes al umbral anaeróbico en los test de laboratorio L15 y en el de campo C1, tampoco presentan diferencias significativas (Tabla 37) excepto en el cociente respiratorio (RQ VT2).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	43,15 ± 1,25	40,95 ± 1,87	-5,10	n.s.
VO ₂ VT2 %	80,12 ± 1,75	81,34 ± 2,36	1,52	n.s.
FC VT2	181,40 ± 1,49	182,70 ± 2,26	0,72	n.s.
FC VT2 %	93,07 ± 0,41	92,79 ± 0,53	-0,30	n.s.
VE VT2	93,89 ± 5,13	94,88 ± 4,77	1,05	n.s.
VE VT2 %	64,25 ± 1,97	64,16 ± 2,43	-0,14	n.s.
RQ VT2	0,96 ± 0,01	1 ± 0,008	4,17	**
RQ VT2 %	83,95 ± 0,87	81,41 ± 2,10	-3,03	n.s.
FC UA	180,70 ± 171	182 ± 2,48	0,72	n.s.
FC UA%	92,71 ± 0,62	92,43 ± 0,69	-0,30	n.s.
FC VT2 vs FC UA	181,40 ± 1,49	182 ± 2,48	0,33	n.s.
FC VT2% vs FC UA%	93,07 ± 0,41	92,43 ± 0,69	-0,69	n.s.

Tabla 37. Valores correspondientes a la intensidad umbral anaeróbico en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01 y n.s. = no significativo.

La frecuencia cardiaca de recuperación durante 5 min tras finalizar los respectivos test mostró diferencias significativas en el primer minuto de recuperación, al igual en esta misma variable pero en su correspondiente porcentaje de acuerdo al valor máximo determinado en el test, sin que difieran los porcentajes de recuperación entre ambos test (Tabla 38).

FC de recuperación	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
30 s.	180,50 ± 3,44	187,20 ± 2,26	3,71	n.s.
1 min.	166 ± 4,29	177,30 ± 2,71	6,81	**
3 min.	141,90 ± 5,12	148,50 ± 3,93	4,65	n.s.
5 min.	131,40 ± 3,65	132,40 ± 3,62	0,76	n.s.
% a 30 s	6,18 ± 1,20	4,52 ± 0,57	-26,86	n.s.
% a 1 min.	13,74 ± 1,77	9,54 ± 1,25	-30,57	**
% a 3 min.	26,30 ± 2,27	24,30 ± 1,67	-7,60	n.s.
% a 5 min.	31,72 ± 1,55	32,45 ± 1,75	2,30	n.s.

Tabla 38. Frecuencia cardiaca de recuperación y su porcentaje en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = $p < 0,01$ y n.s. = no significativo.

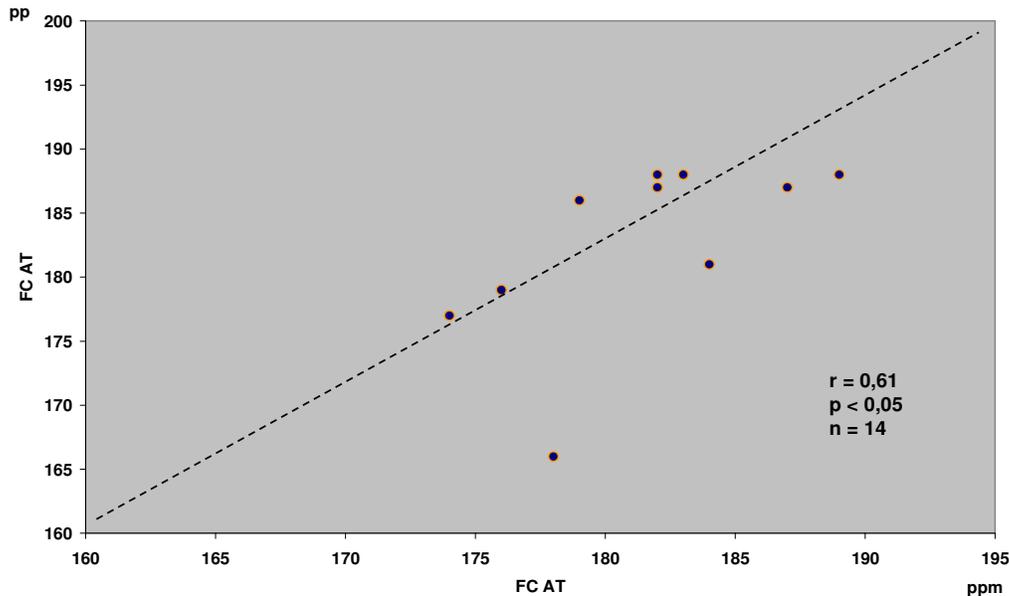


Figura 55. Correlación de la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres .

Hemos encontrado correlaciones significativas y altas tanto en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2), ($r=0,61$; $p<0.01$) (Figura 55), como en la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico identificada por deflexión en su comportamiento progresivo en los mismos ($r = 0,78$; $p < 0,001$) (Figura 56).

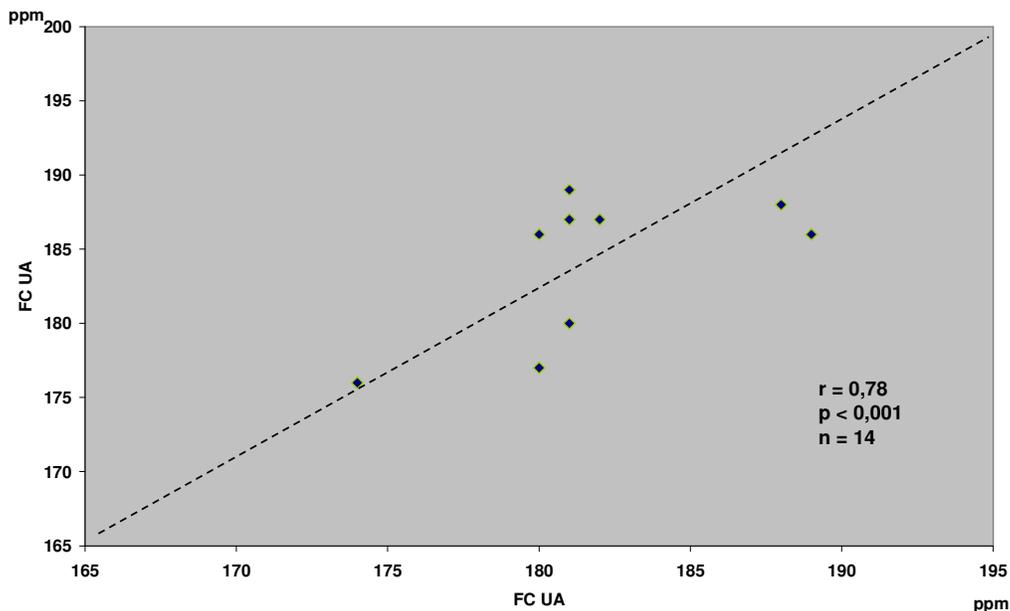


Figura 56. Correlación de la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico identificada por deflexión en su comportamiento progresivo (FC UA) en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres.

4.2.5.2 Test de laboratorio (L15) y de campo (C1) en patinadoras

En la Tabla 39 se muestran los valores máximos obtenidos en los test de laboratorio L15 y el test de campo C1 en patinadoras de fondo, presentando sólo diferencias significativas en la frecuencia cardiaca máxima (FC máx) (Figura 57), mayor en el test de campo.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
VO ₂ máx.	48,48 ± 3,78	47,20 ± 2,04	-2,64	n.s.
FC máx.	188,75 ± 2,86	192,75 ± 3,27	2,12	**
VE máx.	96,02 ± 5,70	100,68 ± 4,66	4,85	n.s.
RQ máx.	1,13 ± 0,02	1,16 ± 0,05	2,65	n.s.

Tabla 39. Valores máximos alcanzados de los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01 y n.s. = no significativo.

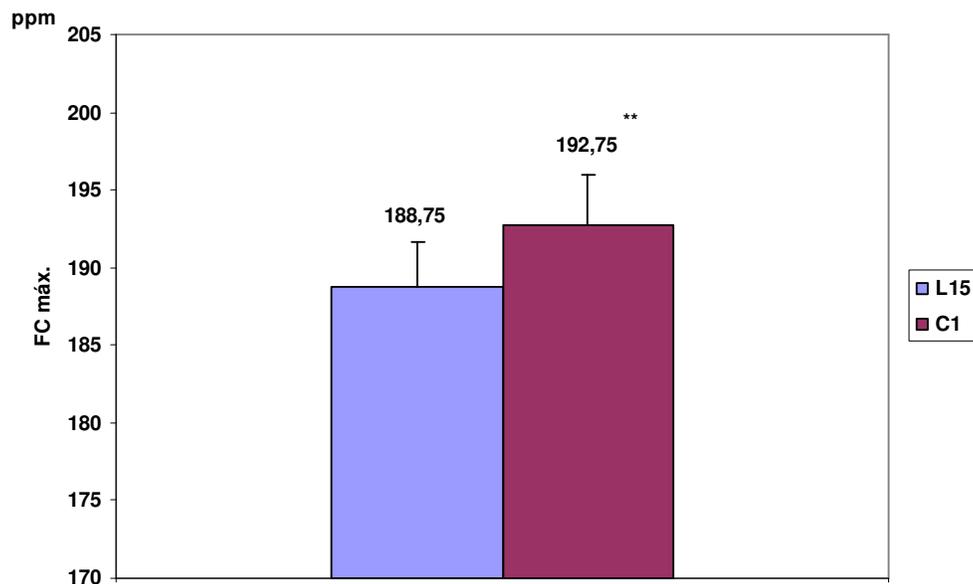


Figura 57. Frecuencia cardíaca máxima alcanzada en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01.

Los valores correspondientes al umbral anaeróbico en las patinadoras se presentan en la Tabla 40, mostrando diferencias significativas en la frecuencia cardíaca en el umbral ventilatorio (FC VT₂), mayor en el test de campo C1 (Figura 58); y en la frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico (FC UA) en el test de campo C1 (Figura 59), posiblemente relacionado con que este test de campo C1 lograron adaptarse mejorándolo y tolerando más la carga impuesta en el test de campo al encontrarse en su terreno de entrenamiento y

competición, realizando los movimientos propios de la técnica del deporte, obteniendo mejores resultados en la FC máx y en el umbral anaeróbico.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	39,54 ± 2,74	38,88 ± 1,67	-1,67	n.s.
VO ₂ VT2 %	82,05 ± 3,69	82,44 ± 1,81	0,48	n.s.
FC VT2	172,25 ± 3,06	180,25 ± 2,95	4,64	**
FC VT2 %	91,25 ± 0,65	93,52 ± 0,63	2,49	n.s.
VE VT2	64,23 ± 4,57	74,61 ± 6,19	16,16	n.s.
VE VT2 %	67,33 ± 5,25	74,84 ± 8,23	11,15	n.s.
RQ VT2	1 ± 0,01	0,97 ± 0,01	-3	n.s.
RQ VT2 %	88,21 ± 2	84,62 ± 5,60	-4,07	n.s.
FC UA	176,50 ± 2,53	180,25 ± 2,81	2,12	**
FC UA%	93,52 ± 0,77	93,53 ± 0,75	0,01	n.s.
FC VT2 vs FC UA	172,25 ± 3,06	180,25 ± 2,81	4,64	**
FC VT2% vs FC UA%	91,25 ± 0,65	93,53 ± 0,75	2,50	n.s.

Tabla 40. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01.

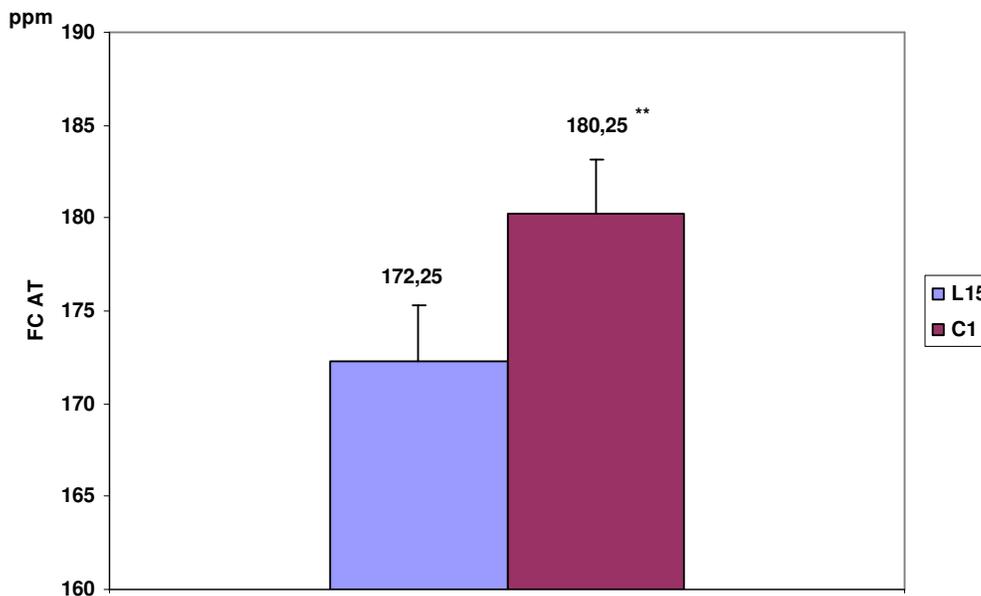


Figura 58. Frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ** = p < 0,01.

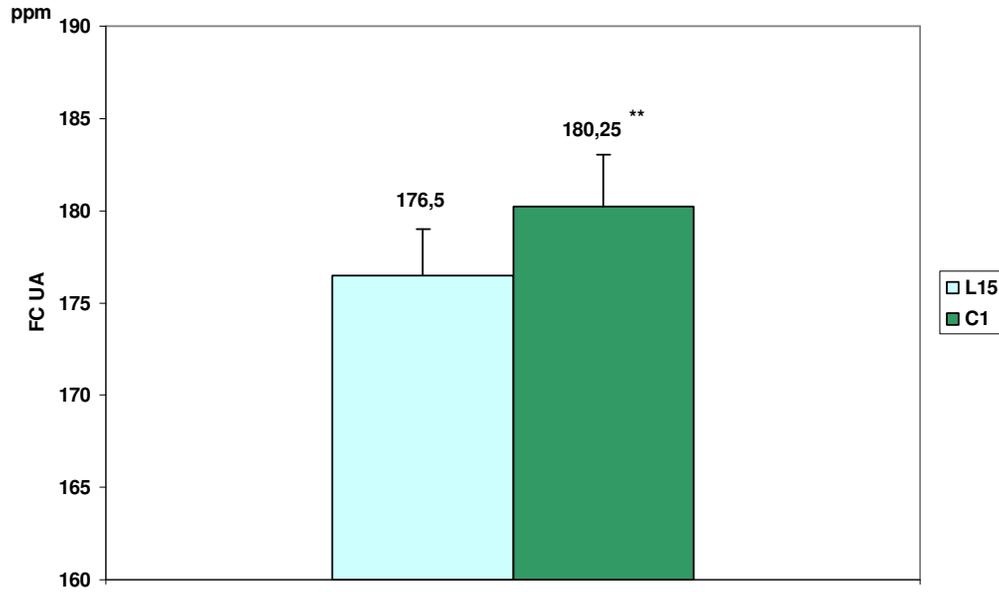


Figura 59. Frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico por deflexion de la frecuencia cardiaca (FC UA) en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ** = $p < 0,01$.

La frecuencia cardiaca de recuperación de las patinadoras tras los 5 minutos después de realizar el esfuerzo en cada uno de los test presentó mejores porcentajes en el test de laboratorio L15 (Tabla 41) de tal forma que la FC de recuperación es significativamente mayor a los 3 y 5 min de finalizar el test de campo.

FC de recuperación	Test de laboratorio L15	Test de campo C1	Diferencia %	"p"
30 seg.	177,25 \pm 4,97	180,75 \pm 4,04	1,97	n.s.
1 min.	164,50 \pm 5,57	171 \pm 5,71	3,95	n.s.
3 min.	134,75 \pm 3,14	148,50 \pm 4,21	10,20	***
5 min.	122,25 \pm 2,89	135,25 \pm 1,31	10,63	*
% a 30 s	5 \pm 1,71	5,51 \pm 0,43	10,20	n.s.
% a 1 min	11,86 \pm 1,95	10,66 \pm 1,45	-10,12	n.s.
% a 3 min	27,76 \pm 1,04	22,39 \pm 0,95	-19,34	*
% a 5 min	31,59 \pm 1,01	29,22 \pm 1,17	-7,50	n.s.

Tabla 41. Frecuencia cardiaca de recuperación en los test de laboratorio (L15) y campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *= $p < 0,05$; *** = $p > 0,001$.

4.2.5.3 Test de laboratorio (L25) y de campo (C2) en patinadores

En la Tabla 42 se presentan los valores máximos alcanzados en los test de laboratorio (L25) y el test de campo (C2) tras 10 semanas de entrenamiento, mostrando sólo diferencias significativas en el cociente respiratorio máximo (RQ máx), mayor en el test de campo por su mayor especificidad.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
VO ₂ máx.	54,53 ± 1,73	52,63 ± 2,09	-3,48	n.s.
FC máx.	194,23 ± 2,09	194,92 ± 1,47	0,36	n.s.
VE máx.	132,26 ± 9,21	134,55 ± 8,16	1,73	n.s.
RQ máx.	1,05 ± 0,01	1,18 ± 0,02	12,38	*

Tabla 42. Valores máximos alcanzados en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *=p< 0,05.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	46,01 ± 1,39	43,33 ± 1,85	-5,82	n.s.
VO ₂ VT2 %	84,44 ± 0,86	82,46 ± 2,07	-2,34	n.s.
FC VT2	181,08 ± 1,88	181,42 ± 2,37	0,19	n.s.
FC VT2 %	93,44 ± 0,45	93,04 ± 0,71	-0,43	n.s.
VE VT2	93,74 ± 5,29	87,61 ± 5,38	-6,54	n.s.
VE VT2 %	71,78 ± 1,94	65,60 ± 2,40	-8,61	**
RQ VT2	0,92 ± 0,008	0,94 ± 0,005	2,17	n.s.
RQ VT2 %	88,30 ± 1,20	80,73 ± 1,90	-8,57	*
FC UA	182 ± 1,36	179,15 ± 2,13	-1,57	n.s.
FC UA%	93,78 ± 0,80	91,89 ± 0,73	-2,02	n.s.
FC VT2 vs FC UA	181,08 ± 1,88	179,15 ± 2,13	-1,07	n.s.
FC VT2% vs FC UA%	93,44 ± 0,45	91,89 ± 0,73	-1,66	**

Tabla 43. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *=p< 0,05.

Los valores correspondientes al umbral anaeróbico en el test de laboratorio L25, como el test de campo C2 se muestran en la Tabla 43 presentando diferencias significativas en el porcentaje de ventilación en el umbral ventilatorio respecto de su valor máximo (VE VT2 %), mayor en el test

de campo, así como en el porcentaje del cociente respiratorio en el umbral ventilatorio respecto del valor máximo (RQ VT2 %), es decir, más eficiente en el test de campo; al igual que entre el porcentaje de frecuencia cardiaca a la que se identifica el umbral anaerobico por método ventilatorio como a través de la inflexión de la frecuencia cardiaca (%FC-VT2 vs %FC-AT).

La frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar cada uno de los test (Tabla 44) aunque presentan una significativa peor recuperación a los 3 y 5 min en el test de campo C2, posiblemente relacionado con las significativas mayores frecuencias cardiacas máximas de esfuerzo alcanzadas en este test de campo C2, sólo presentan diferencias significativas en el porcentaje de recuperación en el minuto 5 (que e sun 3% menor en el test de campo).

FC de recuperación	Test de campo L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
30 seg.	179,77 ± 2,47	182,46 ± 1,93	1,50	n.s.
1 min.	168,54 ± 3,58	171,62 ± 2,29	1,83	n.s.
3 min.	143,69 ± 2,56	148,69 ± 2,98	3,48	**
5 min.	129,46 ± 3,04	135,92 ± 2,25	4,99	*
% a 30 s	6,52 ± 0,70	5,91 ± 0,61	-9,36	n.s.
% a 1 min	12,41 ± 1,31	11,50 ± 0,98	-7,33	n.s.
% a 3 min	25,26 ± 1,15	23,37 ± 1,19	-7,48	n.s.
% a 5 min	32,70 ± 1,33	29,91 ± 0,97	-8,53	***

Tabla 44. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001.

En el análisis de los test de laboratorio (L25) y de campo (C2) realizados por todos los patinadores se encuentran correlaciones significativas y altas tanto en parámetros máximos como la frecuencia cardiaca máxima (r=0,85; p<0,001) (Figura 60), como en parámetros correspondientes al umbral anaeróbico, ya sea la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2)(r=0,66; p<0,01)(Figura 61). También se ha observado una correlación significativa y alta entre la frecuencia cardiaca en el umbral ventilatorio (FC

VT2) en el test de laboratorio L25 y la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico (FC UA) en el test de campo C2, ($r=0,62$; $p<0,01$) (Figura 62).

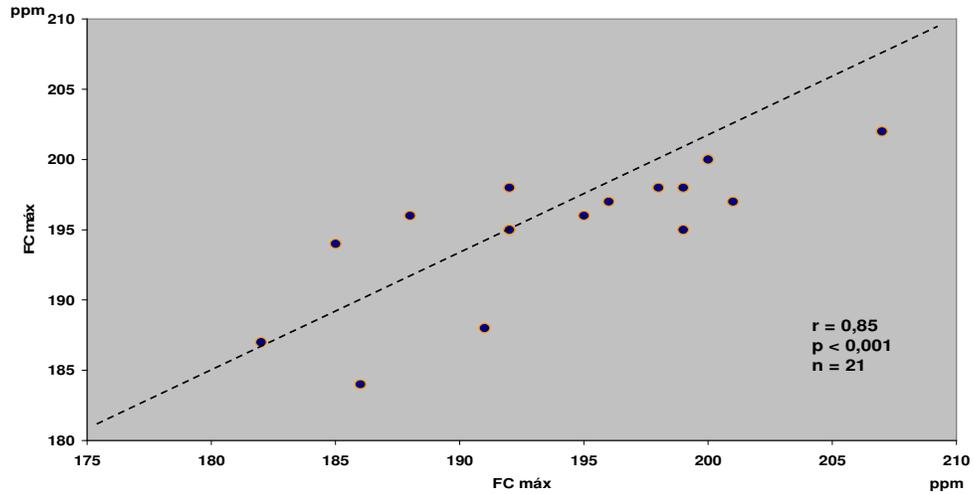


Figura 60. Correlación entre la frecuencia cardiaca máxima (FC máx.) alcanzada en los test test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores.

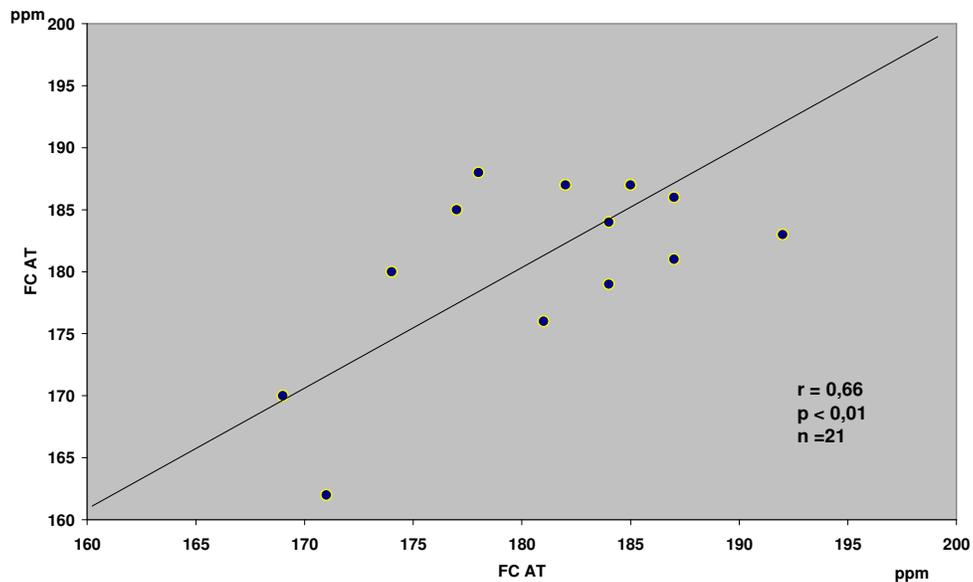


Figura 61. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores.

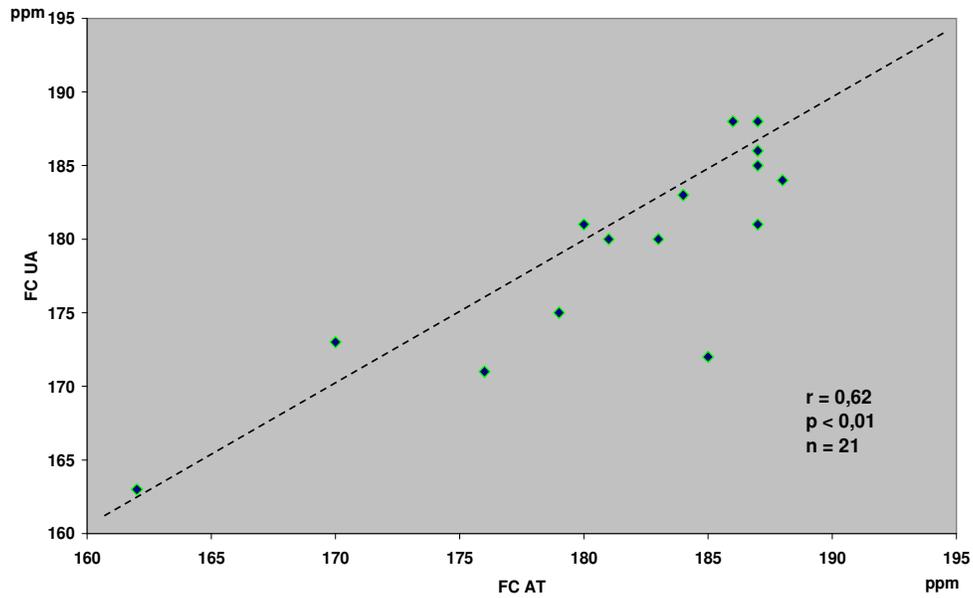


Figura 62. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la identificación del umbral anaeróbico tanto método ventilatorio (FC-VT2) como por deflexión de la progresión de la misma en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores.

4.2.5.3.1 Test de laboratorio (L25) y de campo (C2) en patinadores hombres

En la Tabla 45 se muestran los valores máximos de los test de laboratorio L25 y campo C2 en patinadores de género masculino, encontrando sólo diferencias significativas en el cociente respiratorio máximo (RQ máx), un 12,5% mayor en el test de campo, siendo valores máximos muy similares en los patinadores hombres, aunque con un VO_2 máx en el test de laboratorio L25 ligeramente mayor en laboratorio.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
VO_2 máx.	$56,29 \pm 1,77$	$53,55 \pm 2,43$	-4,87	n.s.
FC máx.	$194,70 \pm 2,29$	$195,40 \pm 1,49$	0,36	n.s.
VE máx.	$144,37 \pm 8,93$	$147,72 \pm 5,90$	2,32	n.s.
RQ máx.	$1,05 \pm 0,02$	$1,20 \pm 0,03$	14,29	***

Tabla 45. Valores máximos alcanzados en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres (n=14). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$ y n.s. = no significativo.

En la Tabla 46 se presentan los valores correspondientes al umbral anaeróbico identificado tanto ventilatoriamente como por medio de la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca en los patinadores hombres en los test de laboratorio L25 y campo C2. En ella se muestra que sólo hay diferencias significativas en el porcentaje de la ventilación máxima en la que aparece el umbral anaeróbico ventilatorio (VE VT2 %), un 9,2% menor en el test de campo, y en el cociente respiratorio en dicho umbral anaeróbico ventilatorio (RQ VT2), como en su respectivo porcentaje respecto de su valor máximo alcanzado (RQ VT2 %).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	47,07 ± 1,39	43,75 ± 2,32	-7,05	n.s.
VO ₂ VT2 %	83,69 ± 0,86	81,72 ± 2,64	-2,35	n.s.
FC VT2	181,33 ± 1,94	181,56 ± 2,79	0,13	n.s.
FC VT2 %	93,39 ± 0,60	92,86 ± 0,94	-0,57	n.s.
VE VT2	101,47 ± 4,55	94,71 ± 5,03	-6,66	n.s.
VE VT2 %	71,14 ± 2,52	64,16 ± 2,43	-9,81	*
RQ VT2	0,91 ± 0,006	0,95 ± 0,006	4,40	*
RQ VT2 %	87,61 ± 1,39	79,56 ± 2,15	-9,19	***
FC UA	181,70 ± 1,57	178,20 ± 2,45	-1,93	n.s.
FC UA%	93,38 ± 0,89	91,17 ± 0,83	-2,37	n.s.
FC VT2 vs FC UA	181,80 ± 1,80	178,20 ± 2,45	-1,98	n.s.
FC VT2% vs FC UA%	93,40 ± 0,54	91,17 ± 0,83	-2,39	n.s.

Tabla 46. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; *** = p < 0,001 y n.s. = no significativo.

La frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar los respectivos test (Tabla 47) muestra sólo una mejor recuperación para el test de laboratorio L25 en el minuto 5 (un 2% mejor), tendiendo a ser valores algo más altos en el test de campo en casi todas las variables determinadas, debido a que el esfuerzo es superior, ya que se realiza en su propio campo de entrenamiento y competición, llevando a cabo la técnica propia de este deporte, por lo tanto es específico, en cambio en el laboratorio sobre la bicicleta no lo es.

FC de recuperación	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
30 seg.	179,20 ± 2,89	183,20 ± 1,93	2,23	n.s.
1 min.	168,10 ± 4,27	172,20 ± 2,67	2,44	n.s.
3 min.	142,90 ± 2,99	147,60 ± 3,31	3,29	n.s.
5 min.	129,20 ± 3,77	134,50 ± 2,45	4,10	*
% a 30 s	6,96 ± 0,87	5,75 ± 0,76	-17,39	n.s.
% a 1 min	12,77 ± 1,66	11,40 ± 1,27	-10,73	n.s.
% a 3 min	25,78 ± 1,42	24,11 ± 1,38	-6,48	n.s.
% a 5 min	32,93 ± 1,71	30,82 ± 1,09	-6,41	*

Tabla 47. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$

Respecto de estos test de laboratorio L25 y test de campo C2, los patinadores de género masculino presentan correlaciones significativas y altas en la FC máxima ($r = 0,77$; $p < 0,001$) (Figura 63) y la ventilación máxima ($r = 0,80$; $p < 0,001$), así como en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) en el test de laboratorio L25 con frecuencia cardiaca identificada por deflexión de la misma (FC UA) en el test de campo C2 ($r = 0,55$; $p < 0,05$) (Figura 64).

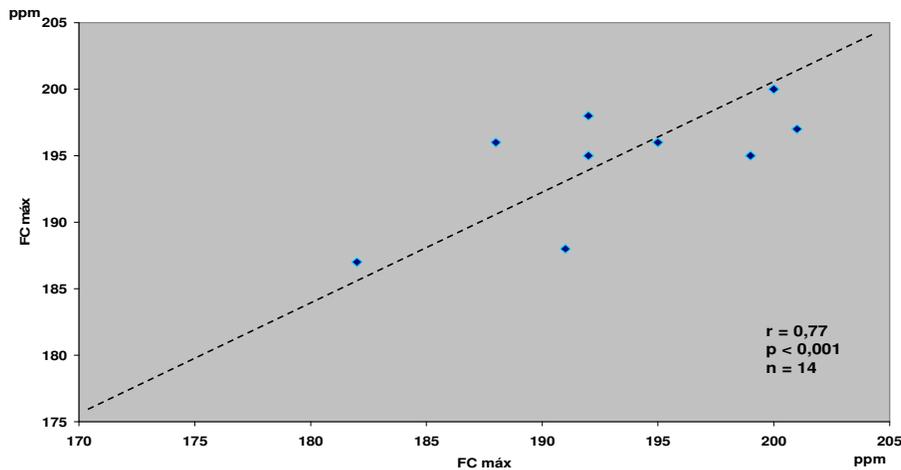


Figura 63. Correlación entre la frecuencia cardiaca máxima en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres.

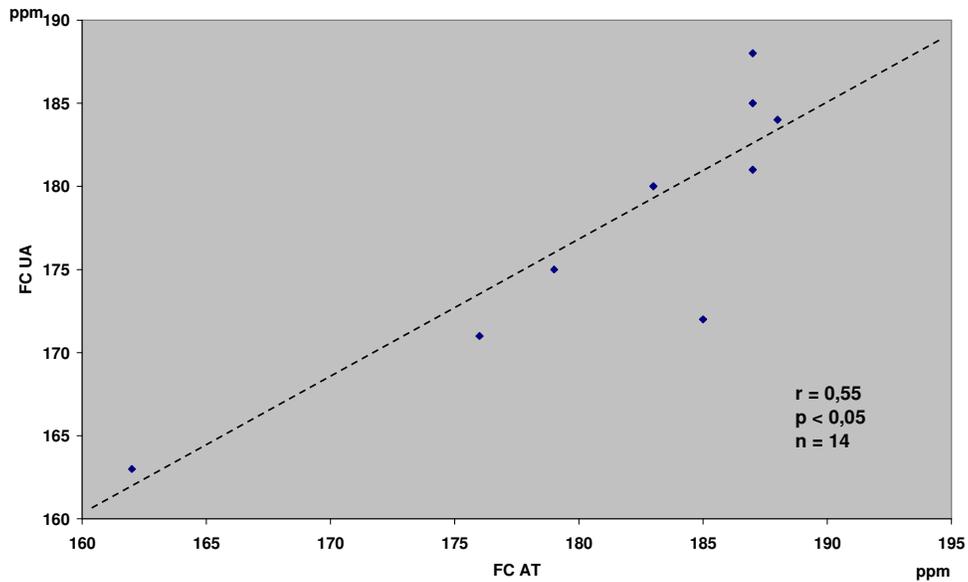


Figura 64. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en los test de laboratorio (L25) y la de deflexión de la misma en el test campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores hombres.

4.2.5.3.2 Test de laboratorio (L25) y de campo (C2) en patinadoras

En la Tabla 48 se muestran los valores máximos alcanzados por las patinadoras en los test de laboratorio L25 y campo C2 tras las 10 semanas de entrenamiento mostrando que no hay diferencias significativas entre ambos test.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	“p”
VO ₂ máx.	49,26 ± 3,12	49,87 ± 4,49	1,24	n.s.
FC máx.	192,67 ± 5,84	193,33 ± 4,66	0,34	n.s.
VE máx.	95,93 ± 5,39	95,04 ± 2,30	-0,93	n.s.
RQ máx.	1,06 ± 0,04	1,11 ± 0,05	4,72	n.s.

Tabla 48. Valores máximos alcanzados en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: n.s.= no significativa.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico se muestran en la Tabla 49 observándose que no hay diferencias significativas en las respectivas variables, a excepción del porcentaje de frecuencia cardiaca respecto a su valor máximo que se identifica como umbral anaeróbico ventilatorio (%FC VT2) en el test de laboratorio y el porcentaje de frecuencia cardiaca respecto a su valor máximo en la que se identifica el umbral anaeróbico por deflexión en la mismas (%FC UA) en el test de campo.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	42,82 ± 3,61	42,09 ± 3,06	-1,70	n.s.
VO ₂ VT2 %	86,68 ± 2,01	84,70 ± 2,70	-2,28	n.s.
FC VT2	180,33 ± 5,69	181 ± 5,50	0,37	n.s.
FC VT2 %	93,59 ± 0,19	93,59 ± 0,61	0	n.s.
VE VT2	70,57 ± 3,25	66,30 ± 5,56	-6,05	n.s.
VE VT2 %	73,70 ± 2,20	69,92 ± 6,58	-5,13	n.s.
RQ VT2	0,95 ± 0,02	0,93 ± 0,008	-2,11	n.s.
RQ VT2 %	90,38 ± 2,33	84,23 ± 3,91	-6,80	n.s.
FC UA	183 ± 3,21	182,33 ± 4,70	-0,37	n.s.
FC UA%	95,08 ± 1,99	94,30 ± 0,32	-0,82	n.s.
FC VT2 vs FC UA	180,33 ± 5,69	182,33 ± 4,70	1,11	n.s.
FC VT2% vs FC UA %	93,59 ± 0,19	94,30 ± 0,32	0,76	*

Tabla 49. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *= $p < 0,05$; n.s.= no significativa.

La frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar el esfuerzo correspondiente en cada uno de estos tests realizados por las patinadoras, no presentan diferencias significativas a lo largo de los 5 min de monitorización de la FC (Tabla 50), apreciándose una tendencia a una mejor recuperación en el test de laboratorio L25.

FC de recuperación	Test de laboratorio L25	Test de campo C2	Diferencia %	"p"
30 seg.	181,67 ± 5,60	180 ± 6,11	-0,92	n.s.
1 min.	170 ± 7,63	169,67 ± 5,23	-0,19	n.s.
3 min.	146,33 ± 5,60	152,33 ± 7,66	4,10	n.s.
5 min.	130,33 ± 5,23	140,67 ± 5,23	7,93	n.s.
% a 30 s	5,06 ± 0,51	6,45 ± 0,92	27,47	n.s.
% a 1 min	11,23 ± 1,59	11,81 ± 0,85	5,16	n.s.
% a 3 min	23,54 ± 1,57	20,90 ± 2,13	-11,21	n.s.
% a 5 min	31,91 ± 1,36	26,90 ± 1,10	-15,70	n.s.

Tabla 50. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar los test de laboratorio (L25) y campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras (n=7). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: n.s.= no significativa.

En cuanto a las correlaciones observadas en los test de laboratorio L25 y campo C2 realizados por las patinadoras, también se presentan altas y significativas en cuanto a la frecuencia cardiaca máxima ($r=0,98$; $p<0,05$) y en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) ($r=0,98$; $p<0,05$) (Figura 65).

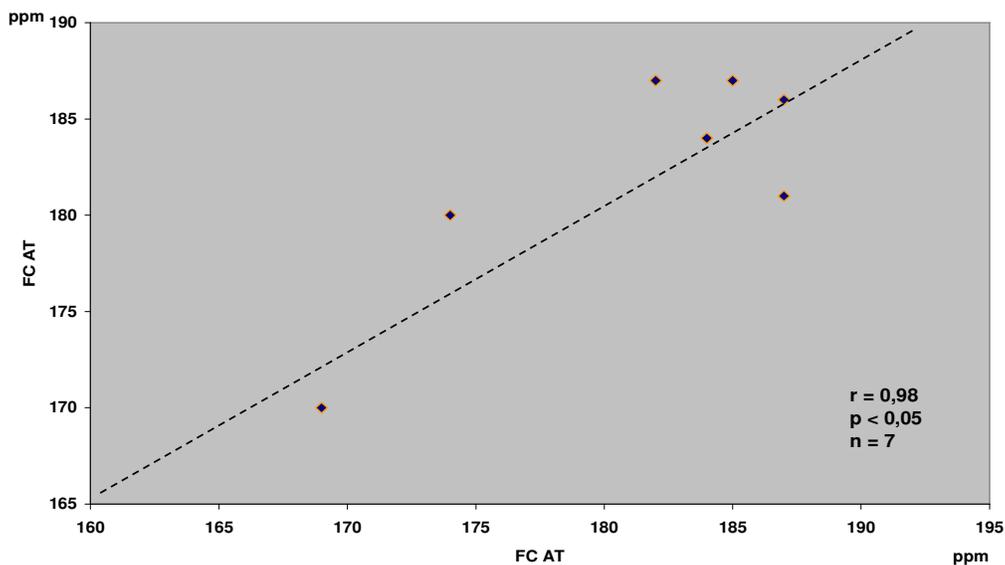


Figura 65. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en los test de laboratorio (L25) de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadoras.

4.2.6 Diferencias de género entre los test de laboratorio y de campo en la primera fase experimental.

4.2.6.1 Diferencias de género en el primer test de laboratorio (L15)

En el primer test de laboratorio L15, y respecto de los valores máximos alcanzados en el cicloergómetro se encuentran diferencias significativas en la carga máxima movilizada en el test L15, un 18,2% significativamente mayor en hombres (Figura 66).

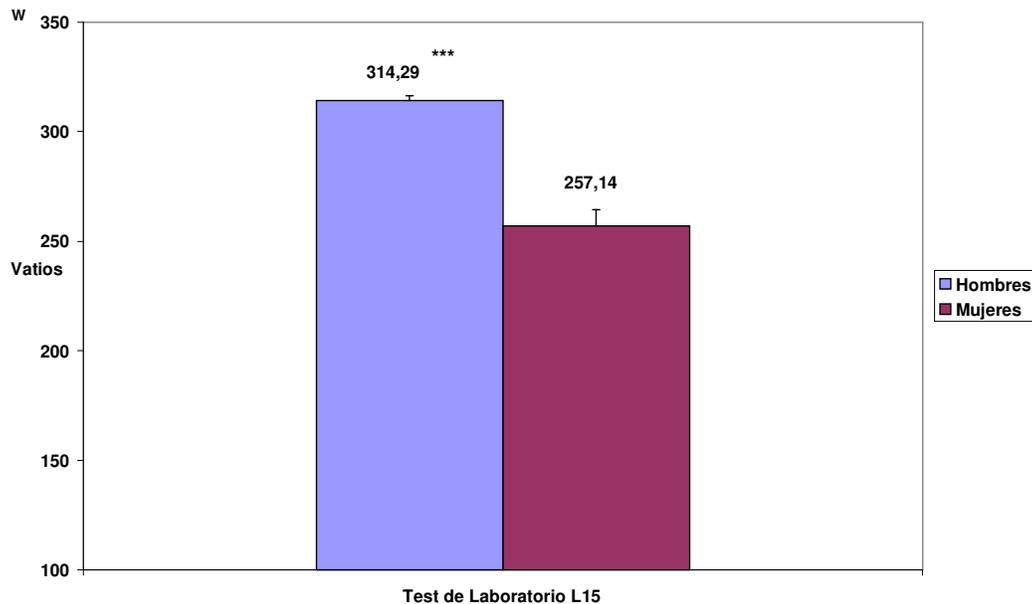


Figura 66. Diferencia de género en la carga máxima (vatios) alcanzada en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

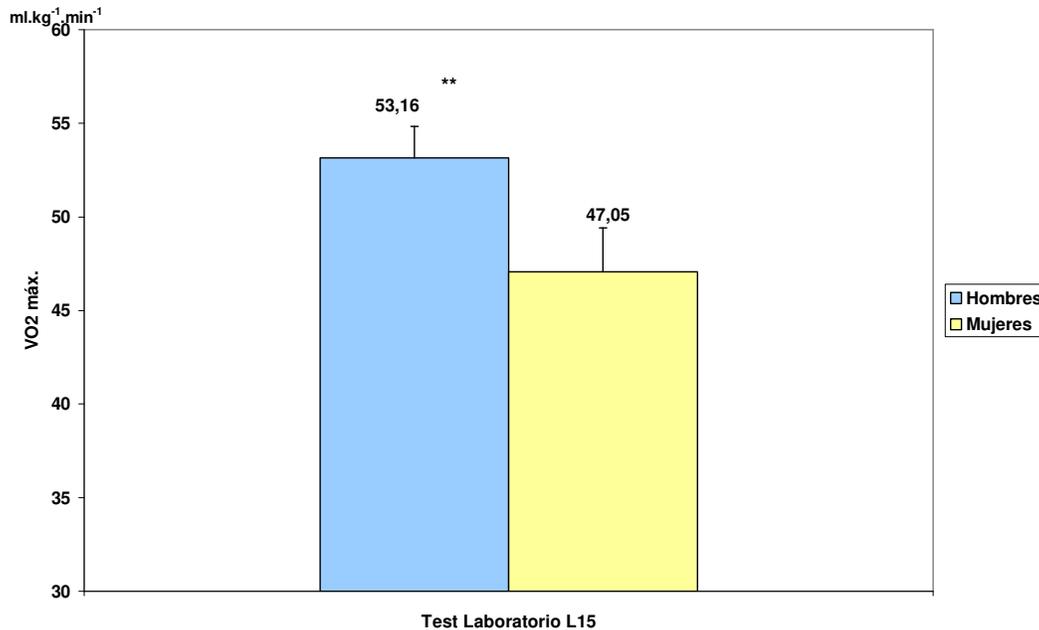


Figura 67. Diferencia de género en el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) alcanzado en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ***= p< 0,01.

También fue un 11,5% significativamente mayor en patinadores hombres el consumo de oxígeno máximo (VO₂máx) en el mismo test de laboratorio L15 (Figura 67), lo que corresponde a una mayor capacidad aeróbica, siendo un parámetro fisiológico muy importante para el buen desempeño del deportista, acompañada de un 31,3% significativamente mayor ventilación máxima también en patinadores hombres (Figura 68).

Valores máximos en el test L15 que se alcanzan tras haber alcanzado una frecuencia cardíaca máxima entorno al 97±1% de su frecuencia cardíaca máxima teórica y que no difiere entre patinadores hombres y mujeres (Figura 69).

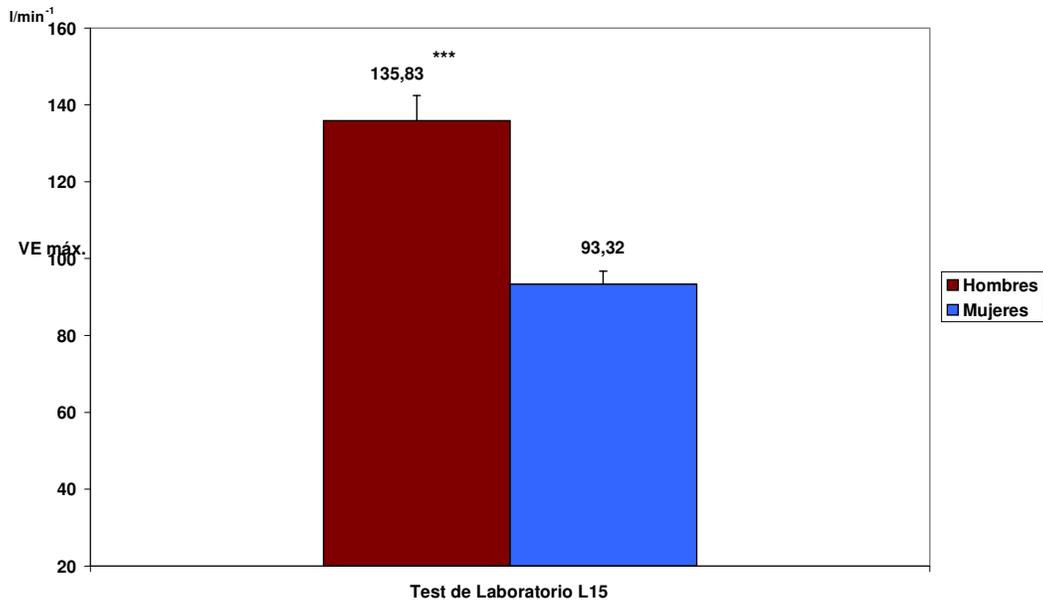


Figura 68. Diferencia de género en la ventilación máxima alcanzada en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

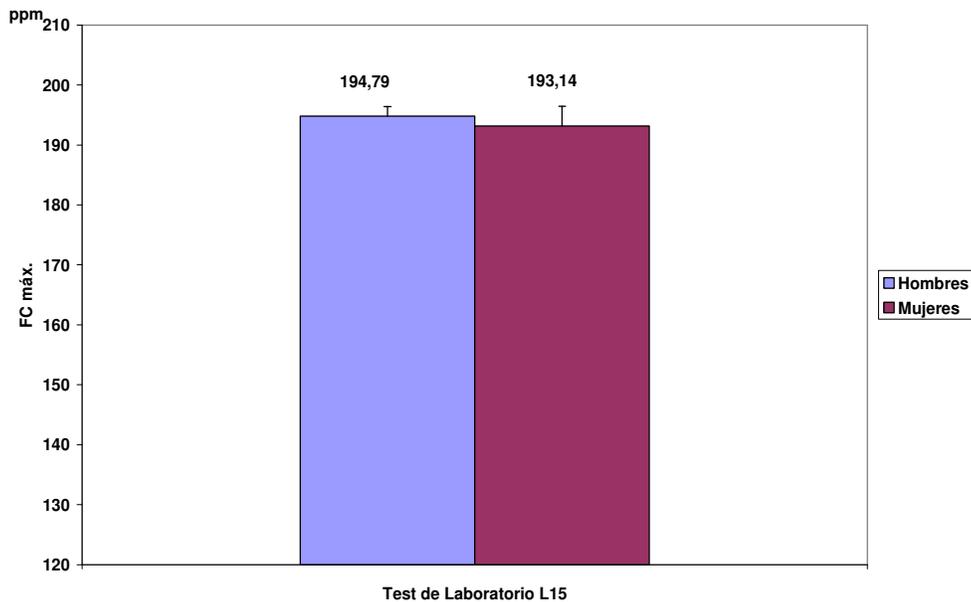


Figura 69. Frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) alcanzada en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM.

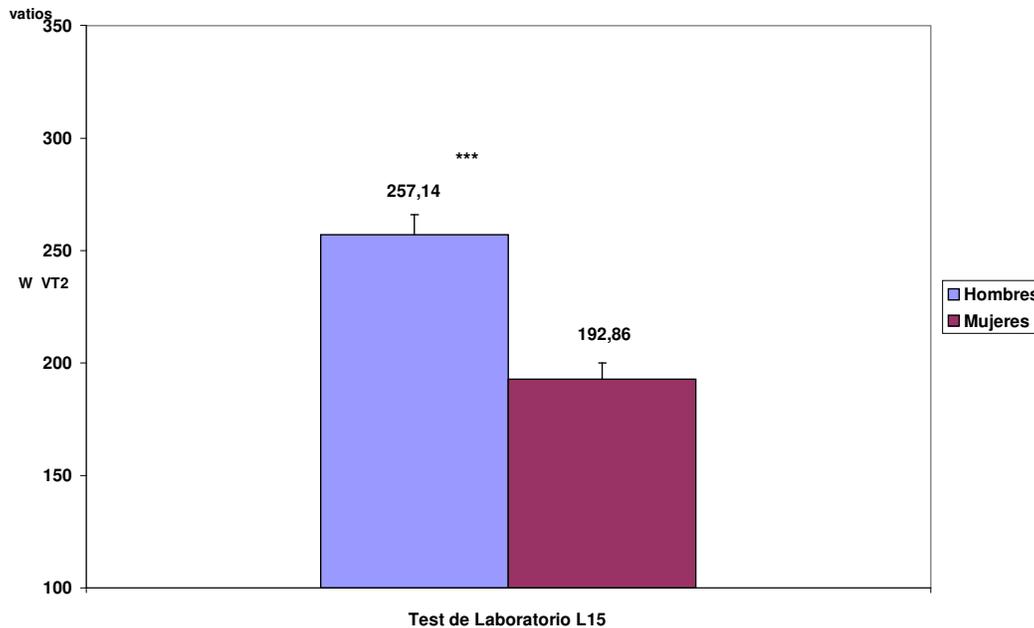


Figura 70. Diferencia de género en la carga movilizada (vatios) en la intensidad identificada como umbral anaeróbico en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

Los valores correspondientes al umbral anaeróbico ventilatorio en el test de laboratorio L15 presenta diferencias significativas en la carga (vatios) correspondiente a dicha intensidad, siendo un 25% mayor en patinadores hombres (Figura 71), sin que su porcentaje respecto de los valores máximos alcanzados muestre diferencias de género significativas ($82,66 \pm 2,98\%$ W- VT2 vs $75,23 \pm 3,15\%$ W VT2), siendo posible que estos valores sean mayores para los patinadores hombres en relación con su mayor masa muscular y su significativa mayor capacidad aeróbica, lo cual favorece tolerar un mayor tiempo de resistencia antes de llegar al umbral anaeróbico. Y respecto a la frecuencia cardíaca correspondiente a este umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) y su respectivo porcentaje respecto de sus valores máximos en el test (%FC-VT2), no se apreciaron diferencias de género significativas entre los patinadores, si bien cursan con valores ligeramente superiores para hombres ($181,14 \pm 1,29$ ppm vs $177,86 \pm 3,21$ ppm; o en términos porcentuales del $93,02 \pm 0,48\%$ vs $92,10 \pm 1,01\%$).

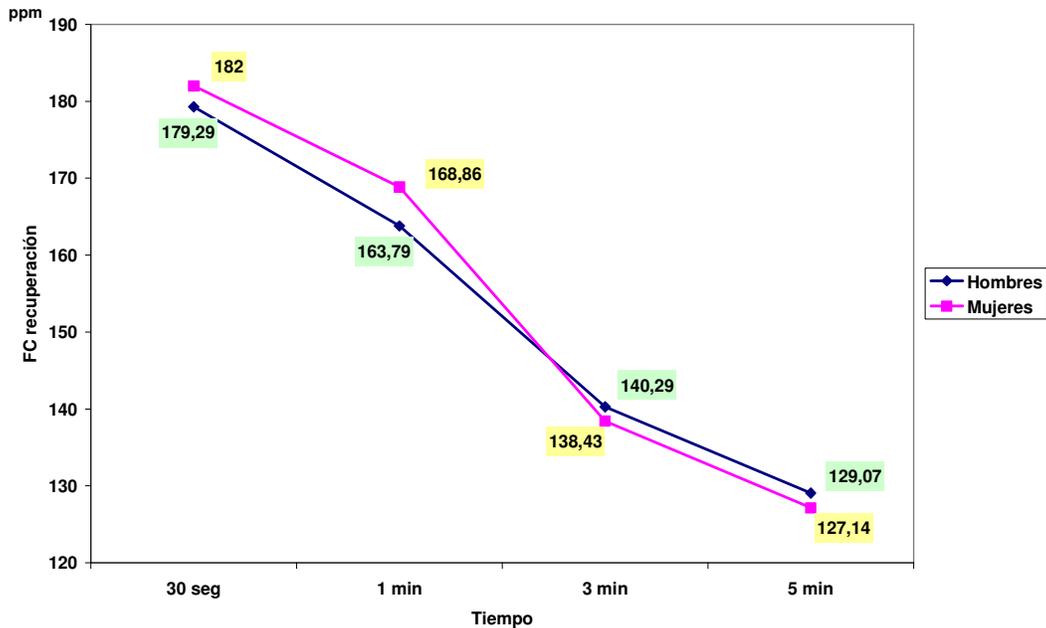


Figura 71. Diferencias de género en la frecuencia cardíaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar el test de laboratorio (L15) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios.

En la frecuencia cardíaca de recuperación monitorizada durante 5 minutos de finalizar el esfuerzo sobre el cicloergómetro en el test de laboratorio L15, no se encontraron diferencias de género significativas (Figura 71); observándose un porcentaje de recuperación muy para patinadores hombres y mujeres, con porcentajes de recuperación medios de $33,03 \pm 1,29 \%$ y $33,71 \pm 1,21 \%$ respectivamente

4.2.6.2. Diferencias de género en el segundo test de laboratorio (L25)

Tras 10 semanas de entrenamiento preparatorio precompetitivo se procedió a realizar el segundo test de laboratorio (L25) en cicloergómetro en esta primera fase experimental, siendo de nuevo la varga máxima movilizada un 19,1% significativamente mayor en patinadores hombres (Figura 72). Igualmente el VO_2 máx primordial para el buen rendimiento deportivo, es también un 12,4% significativamente mayor (Figura 73).

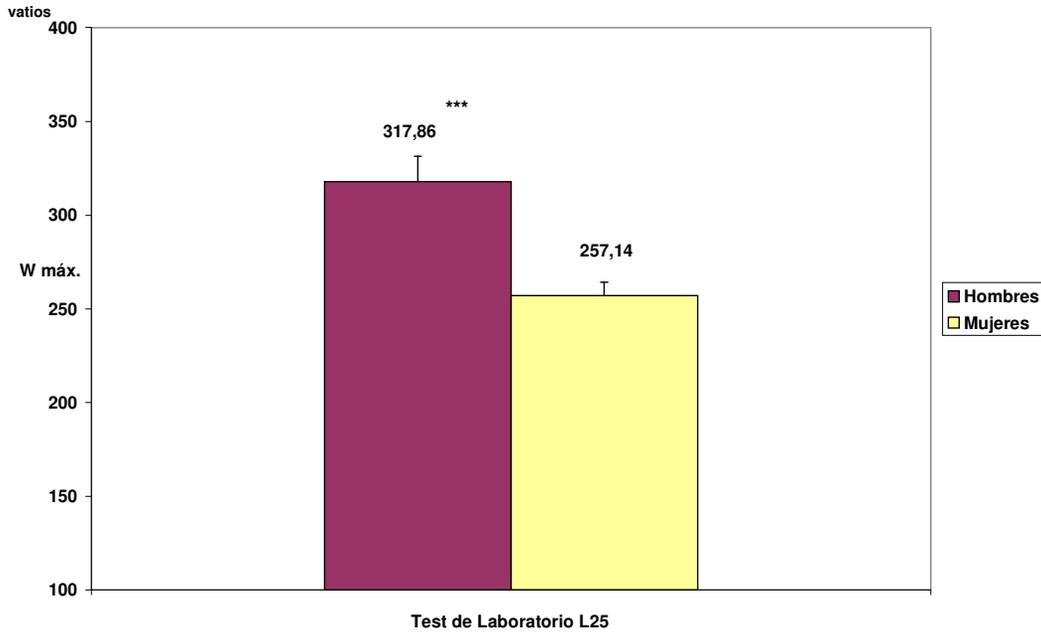


Figura 72. Diferencia de género en la carga máxima (vatios) alcanzada en el test de laboratorio L25 al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

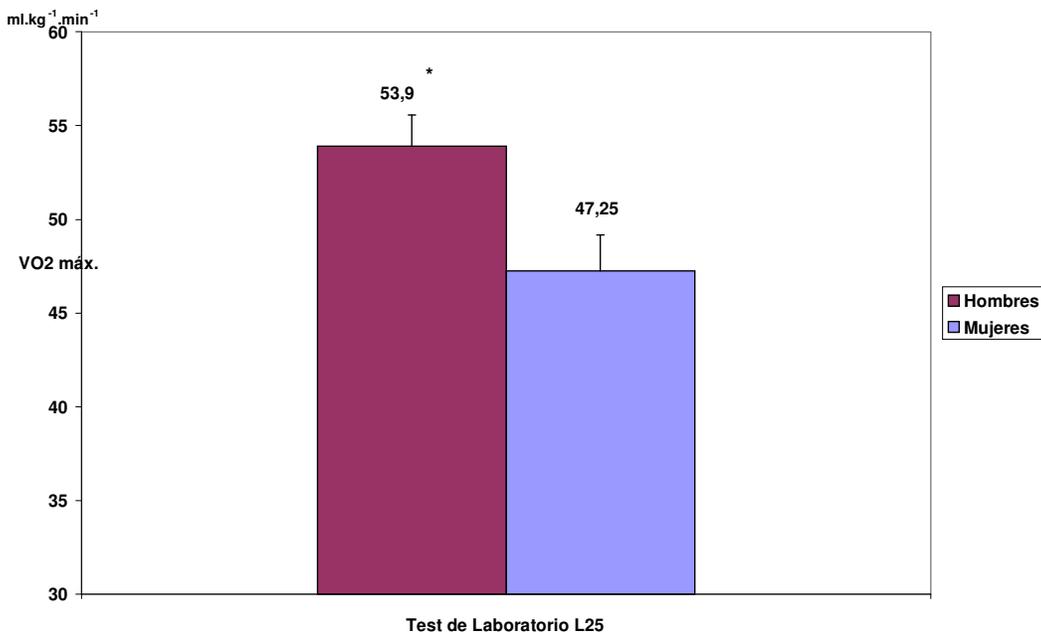


Figura 73. Diferencia de género en el consumo máximo de oxígeno (VO2max) alcanzado en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *= $p < 0,05$.

También la ventilación máxima (VE máx) alcanzada en el test de laboratorio L25 , sigue siendo un 27,6% significativamente mayor en patinadores hombres (Figura 74).

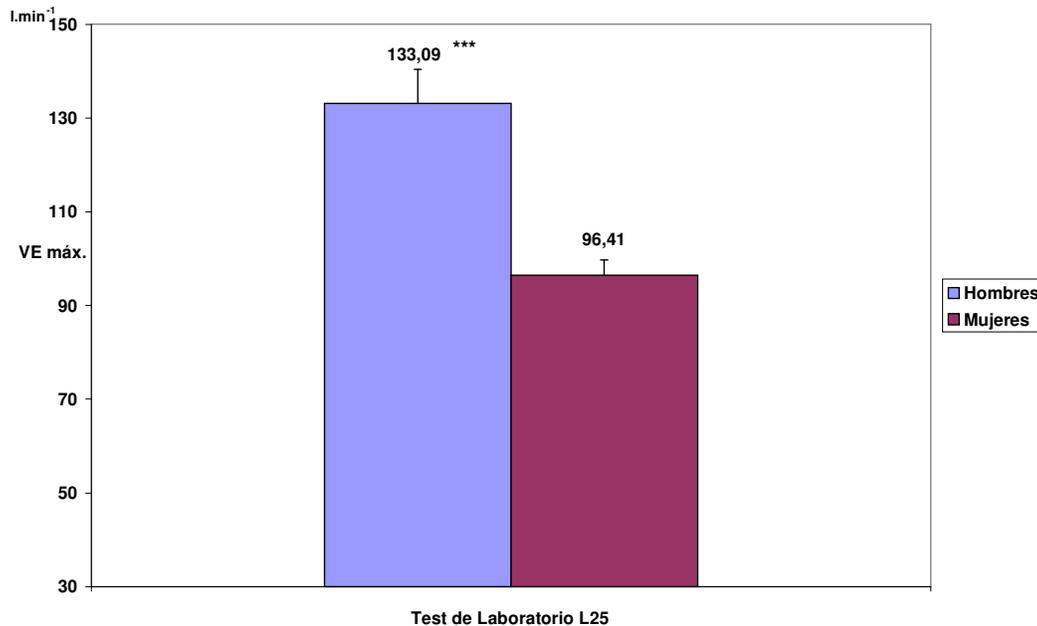


Figura 74. Diferencia de género en la ventilación máxima alcanzada (VE_{max}) en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

Respecto de los valores correspondientes al umbral anaeróbico ventilatorio se observa que la carga correspondiente a dicha intensidad (W VT2) sigue presentando diferencias significativas de género, siendo un 20,5% mayor en patinadores hombres (Figura 75), si bien en su respectivo porcentaje respecto del valor máximo (%W VT2) no las presenta ($82,68 \pm 2,35$ % para los hombres y del $80,47 \pm 0,47$ % para las mujeres).

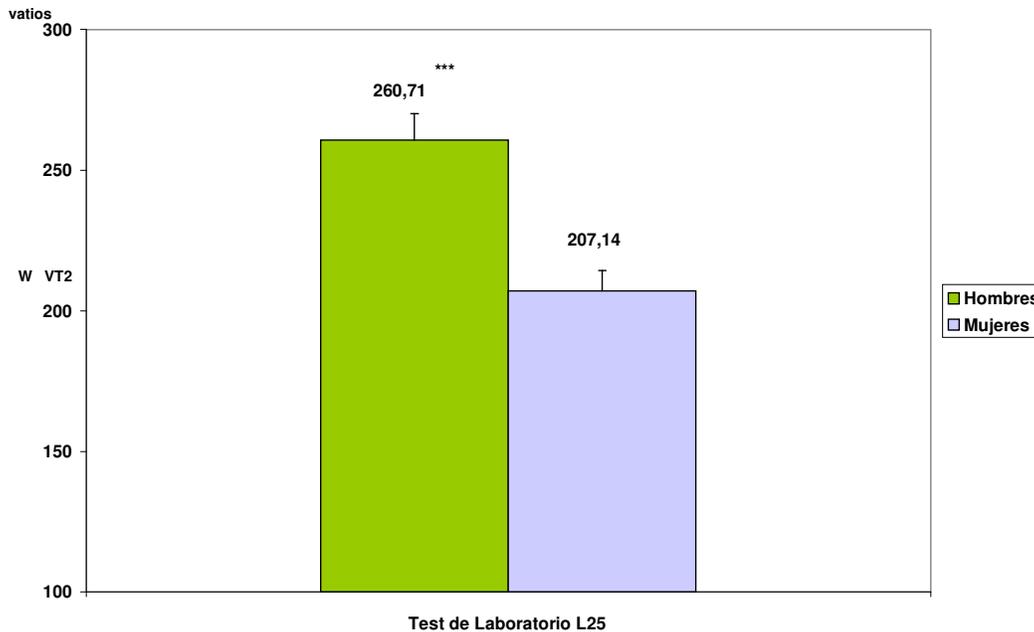


Figura 75. Diferencia de género en la carga movilizada en la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (W-VT2) en el test de laboratorio L15 al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva de los patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

La frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio, así como a su respectivo porcentaje de la frecuencia máxima alcanzada, no presenta diferencias de género significativas en el test de laboratorio L25, identificándose con frecuencias cardiacas de $180,43 \pm 1,58$ ppm y $184 \pm 3,98$ ppm, respectivamente; o porcentajes de su valor máximo del $93,06 \pm 0,62\%$ y del $94,28 \pm 0,36\%$.

Con respecto a la frecuencia cardiaca de recuperación tras finalizar los 5 minutos de esfuerzo en el test de laboratorio L25 tampoco se observaron diferencias de género significativas (Figura 76), con porcentajes de recuperación finalizado los 5 minutos para hombres y mujeres del $34,17 \pm 1,38\%$ y del $34,06 \pm 1,54\%$, respectivamente.

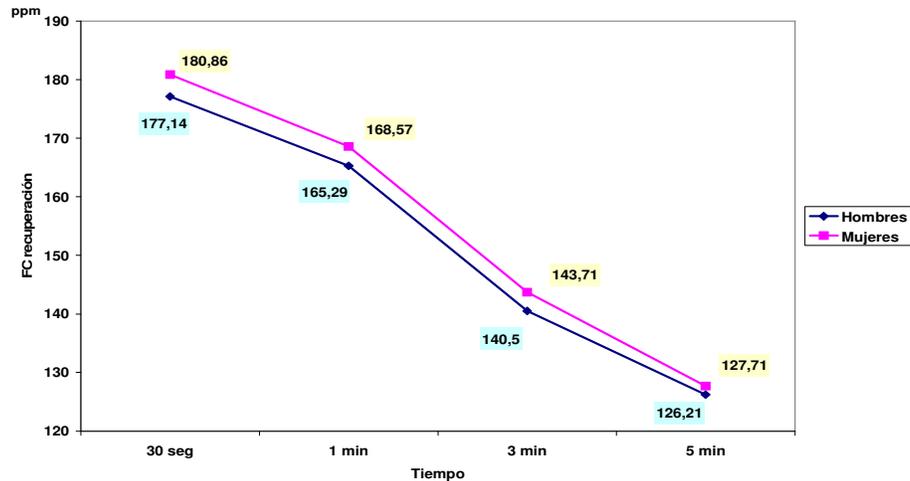


Figura 76. Diferencias de género en la frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar el test de laboratorio (L15) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios

4.2.6.3 Diferencias de género en el primer test de campo C1

Respecto a los valores máximos encontrados en el test de campo C1 se aprecian diferencias de género significativas en la ventilación máxima ($VE_{m\acute{a}x}$), un 27,9% significativamente mayor en patinadores hombres (Figura 77), al igual que un 4,2% en la velocidad máxima alcanzada ($Vel_{m\acute{a}x}$) (Figura 78) en relación al mayor número de períodos completados en el test de campo, puesto que las patinadoras realizaron un periodo y medio por debajo de los hombres.

En cambio en el test de campo C1, tanto en la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) como en el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$) no se encontraron diferencias de género significativas; con valores de $FC_{m\acute{a}x}$ de $196,90 \pm 2,28$ ppm en patinadores hombres y de $192,75 \pm 3,27$ ppm en patinadoras, y $VO_{2m\acute{a}x}$ de $50,20 \pm 1,27$ ml/kg/min y $47,20 \pm 2,04$ ml/kg/min, respectivamente.

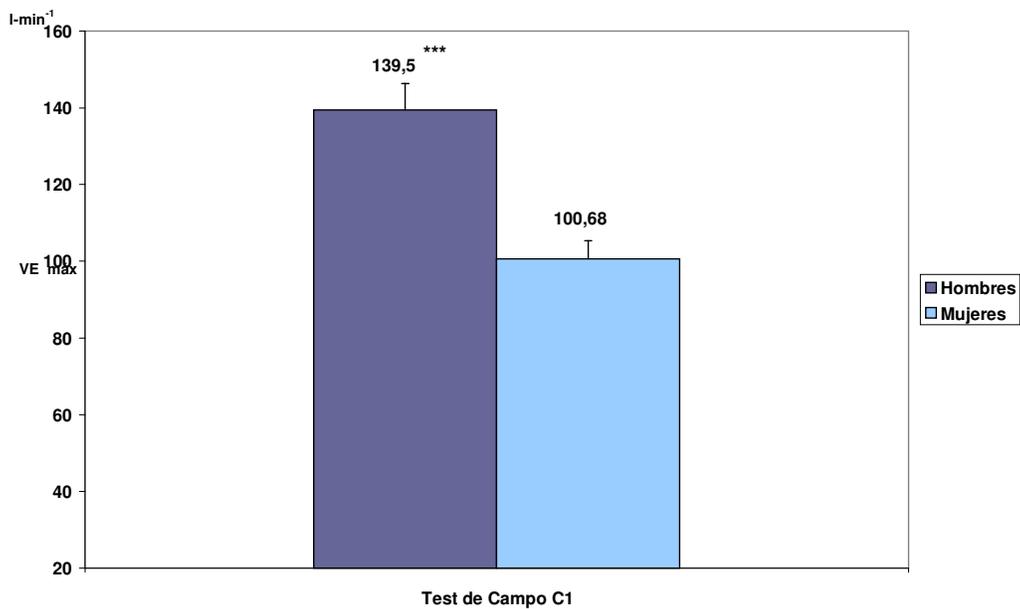


Figura 77. Diferencias de género en la ventilación máxima alcanzada (VE_{max}) en el test de campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ***= p< 0,001.

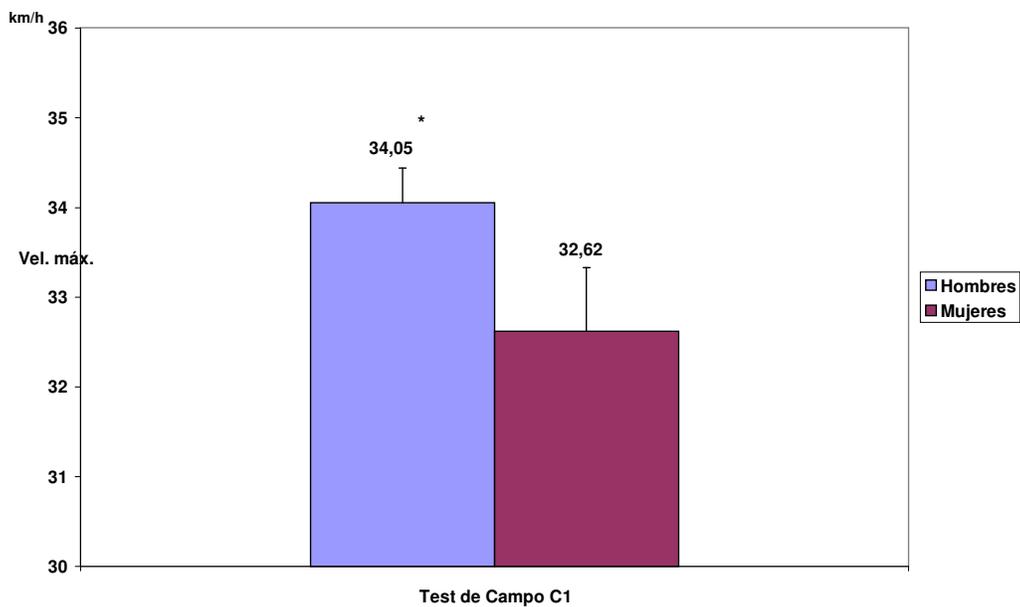


Figura 77. Diferencias de género en la velocidad máxima alcanzada (Vel-max) en el test de campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *= p< 0,05.

Respecto a los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico, tanto por metodología ventilatoria como por a través de su identificación por deflexión en el comportamiento progresivo de su frecuencia cardiaca respecto a la velocidad de carrera, no se encontraron diferencias de género significativas entre los patinadores hombres y mujeres (Tabla 60).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Patinadores Hombres	Patinadoras	"p"
Vel VT2	30,1 ± 0,31	29,25 ± 0,43	n.s.
Vel VT2%	88,13 ± 0,61	89,70 ± 0,92	n.s.
FC VT2	182,70 ± 2,26	180,25 ± 2,95	n.s.
FC VT2 %	92,79 ± 0,53	93,52 ± 0,63	n.s.
Vel UA	29,85 ± 0,41	29,25 ± 0,43	n.s.
Vel UA %	87,65 ± 0,59	89,70 ± 0,92	n.s.
FC UA	182 ± 2,48	180,25 ± 2,95	n.s.
FC UA %	92,43 ± 0,69	93,53 ± 0,75	n.s.

Tabla 51. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en el test de campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios ± EEM. n.s.=no diferencias significativas.

En la Figura 78 se muestra el comportamiento de la frecuencia cardiaca en el transcurso del test de campo C1, tanto para patinadores hombres como mujeres, y la identificación del umbral anaeróbico mediante la identificación de la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca máxima en cada uno de los 5 períodos completados en el test de campo (identificándose a una velocidad de 30 km/h y FC de 181 ppm en hombres; y en el 4 período, a una velocidad de 28,5 km/h y FC de 180 ppm en patinadoras). En ella se observa valores menores de FC máxima hasta el cuarto período del test para patinadores hombres (periodo a partir del cual la FC máxima de cada periodo o intervalo es muy similar). Igualmente se observa una mejor recuperación entre periodos para los patinadores hombres.

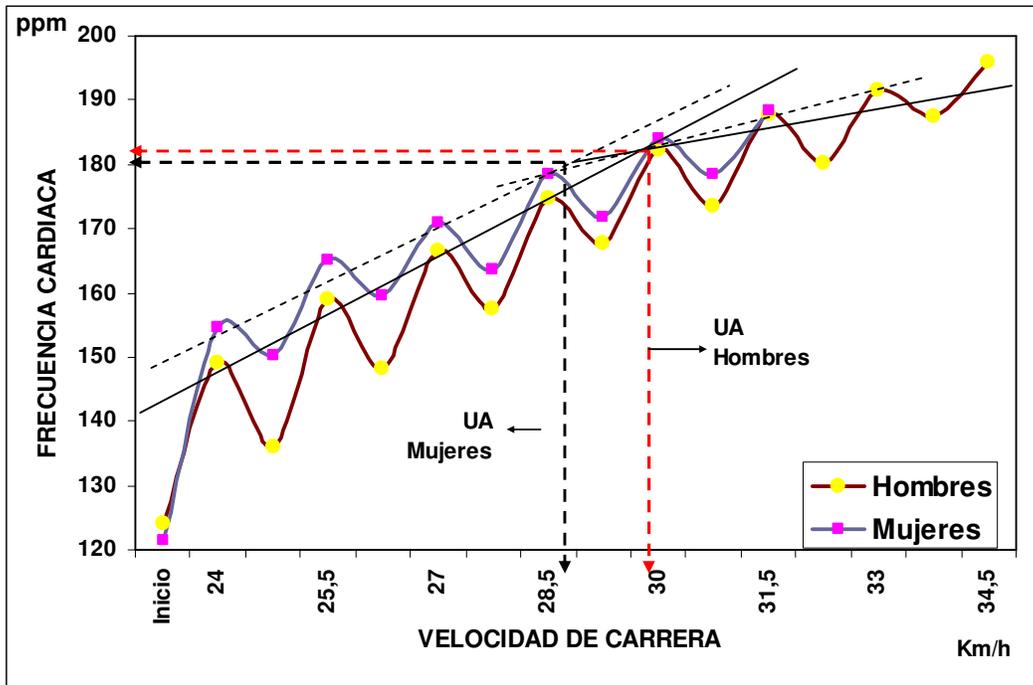


Figura 78. Diferencias de género en el comportamiento de la frecuencia cardíaca e identificación (FC y velocidad de carrera) del umbral anaeróbico (UA) en el test de campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios y rectas tangentes.

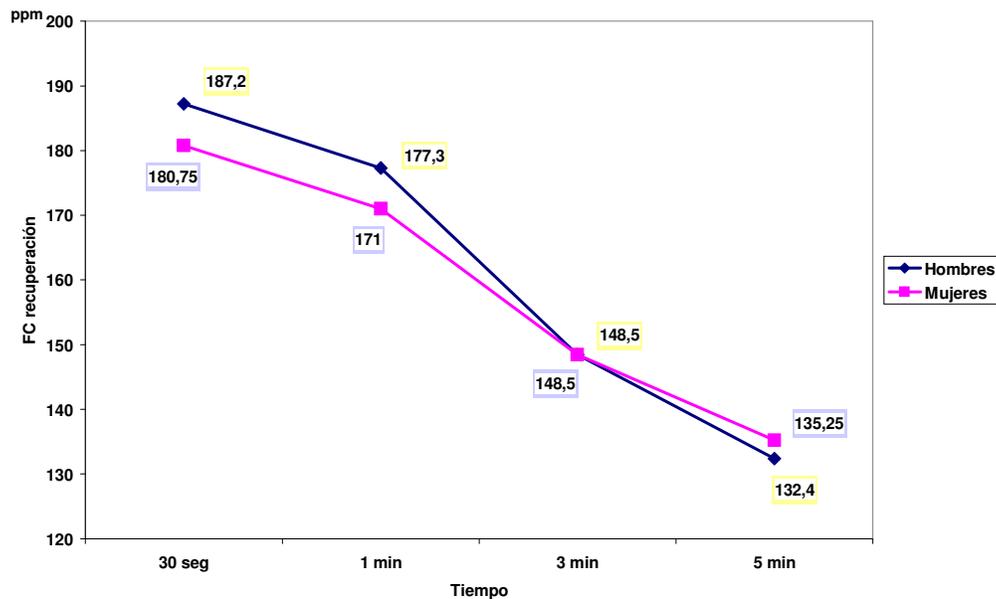


Figura 79. Diferencias de género en la frecuencia cardíaca de recuperación en el test de campo (C1) al inicio del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios.

La frecuencia cardiaca de recuperación registrada durante 5 minutos tras finalizar el test de campo C1 (Figura 79) tampoco presenta diferencias de género significativas, de forma que en el último minuto hay una menor recuperación en las patinadoras (porcentajes de recuperación de FC del $32,45 \pm 1,75$ % para los hombres y para las mujeres del $29,22 \pm 1,17$ %).

4.2.6.3 Diferencias de género en el segundo test de campo C2

Tras 10 semanas de entrenamiento la realización del test de campo C2 sigue presentando diferencias de género significativas en la ventilación máxima alcanzada (VE_{máx}), que es un 35,7% significativamente mayor en patinadores hombres (Figura 80), al igual que un 3,5% en la velocidad máxima alcanzada (Figura 81).

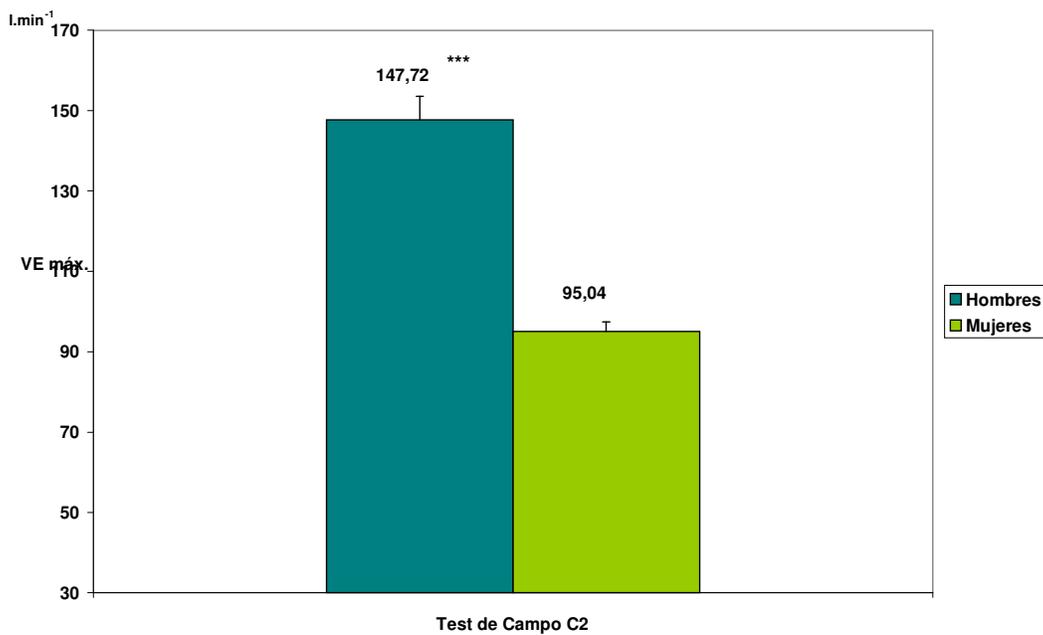


Figura 80. Diferencias de género en la ventilación máxima alcanzada (VE_{máx}) en el test de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$.

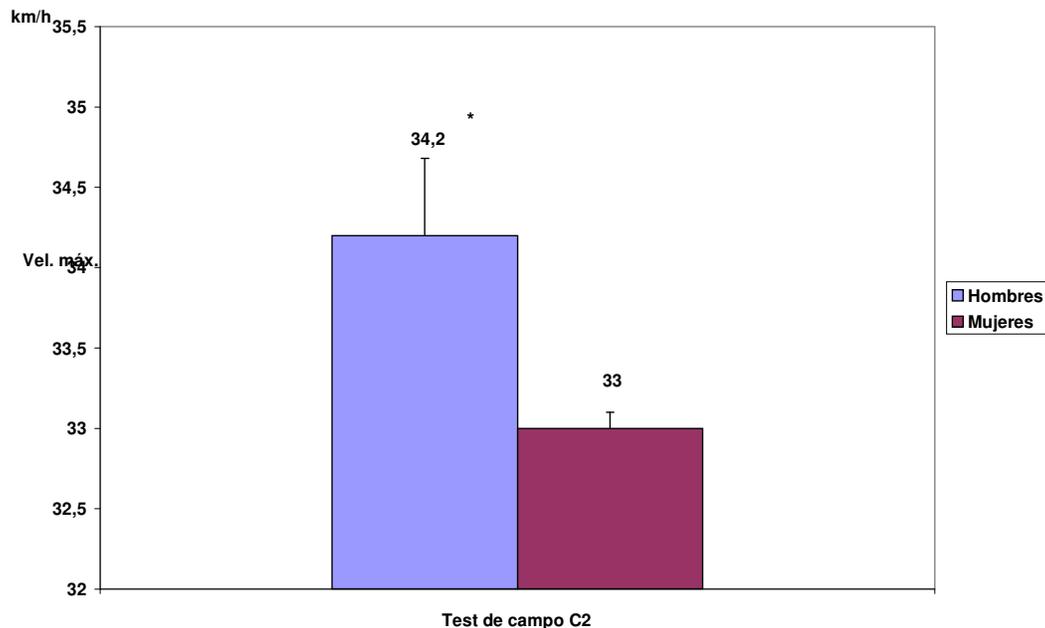


Figura 81. Diferencias de género en la velocidad máxima alcanzada (Vel-max) en el test de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *= $p < 0,05$.

En cambio, en la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) y el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) no se encontraron diferencias de género significativas, mostrando valores medios en la primera variable muy similares con respecto al primer test de campo de esta primera fase experimental, alcanzando FCmax de $195,40 \pm 1,49$ ppm en patinadores hombres y de $193,33 \pm 4,66$ ppm en patinadoras (en torno al 97% de la FCmax teórica); y con VO₂máx de $53,55 \pm 2,43$ ml/kg/min en patinadores hombres y de $49,87 \pm 4,49$ ml/kg/min en patinadoras.

En cuanto a los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en el test de campo C2, tanto ventilatoriamente como por deflexión en la progresión de su frecuencia cardíaca en relación a la velocidad de carrera, no muestran diferencias de género significativas, presentando una velocidad de carrera correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (Vel-VT2) de $30,16 \pm 0,39$ km/h en patinadores hombres y de $29 \pm 0,5$ km/h en patinadoras. Velocidades que corresponden, a su vez, a un porcentaje

de velocidad umbral respecto de su máxima del $87,91\pm 0,84\%$ y del $87,87\pm 1,51\%$, respectivamente para cada género.

La frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) tampoco muestra diferencias de género significativas, siendo de $181,56\pm 2,79$ ppm en patinadores hombres y de $181\pm 5,50$ ppm en patinadoras; valores medios muy similares entre ambos géneros y con respecto al primer test de campo C1, y corresponde a un porcentaje respecto de su valor máximo del $92,86\pm 0,94\%$ y del $93,59\pm 0,61\%$, respectivamente en hombres y mujeres, también muy similar a los resultados del primer test de campo C1.

En cambio la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico, identificada a través de la deflexión del comportamiento progresivo de su frecuencia cardiaca (FC UA), tampoco muestra diferencias de género significativas, siendo de $178,20\pm 2,45$ ppm para patinadores hombres y de $182,33\pm 4,70$ ppm para las patinadoras, si bien en su porcentaje respecto de su valor máximo si que presenta diferencias de género, siendo un 3.4% mayor en las patinadoras (Figura 82).

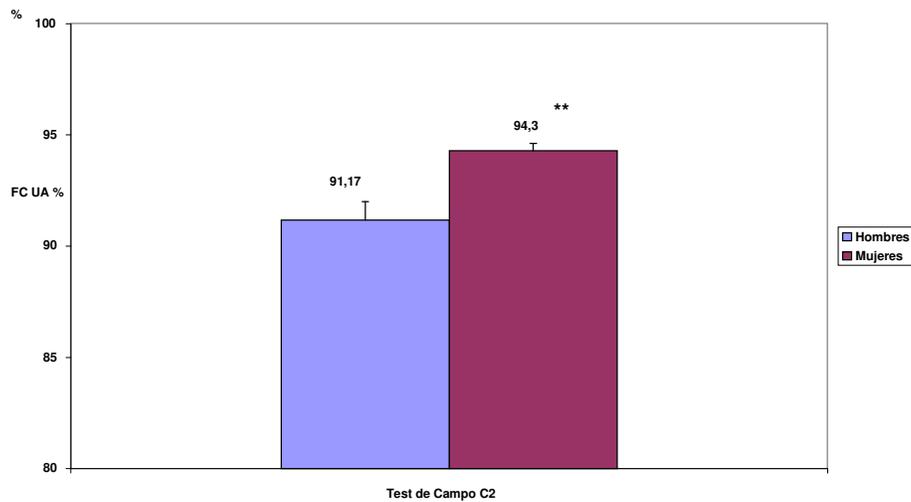


Figura 82. Diferencias de género en el porcentaje de la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico (%FC-UA) en el test de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,01$.

La velocidad correspondiente al umbral anaeróbico identificado por deflexión de su FC (Vel- UA) no presenta diferencias de género significativas entre hombres y mujeres, pero si respecto de su porcentaje respecto del valor máximo (%Vel-UA) (Figura 83).

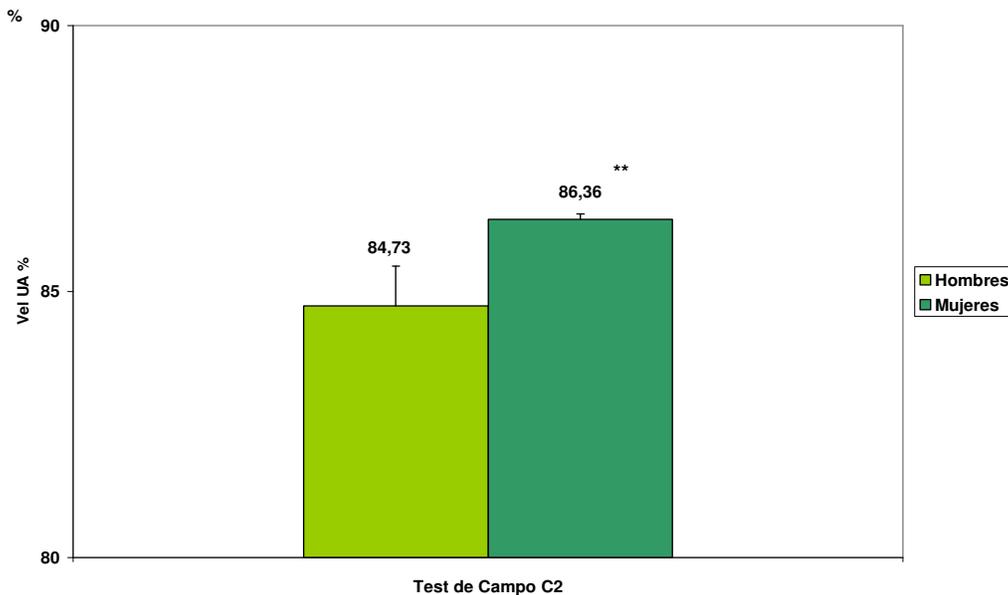


Figura 83. Diferencias de género en el porcentaje de velocidad de carrera, respecto a su velocidad máxima alcanzada, en el umbral anaeróbico (%Vel-UA) en el test de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,01$.

En la Figura 84 se muestra el comportamiento de la frecuencia cardiaca en el transcurso del test de campo C2, tanto patinadores hombres como en patinadoras, con los valores máximos y mínimos de cada uno de los períodos, de igual manera se representa la identificación del umbral anaeróbico por medio de la deflexión en el comportamiento de su frecuencia cardiaca, identificándose en patinadores hombres en el 5 periodo (velocidad de 30 km/h y FC de 180 ppm) y en patinadoras a una velocidad de 28,5 km/h y FC de 181 ppm. También se puede observar que los valores de la frecuencia cardiaca en cada uno de los periodos y hasta el final del test son inferiores en patinadores hombres.

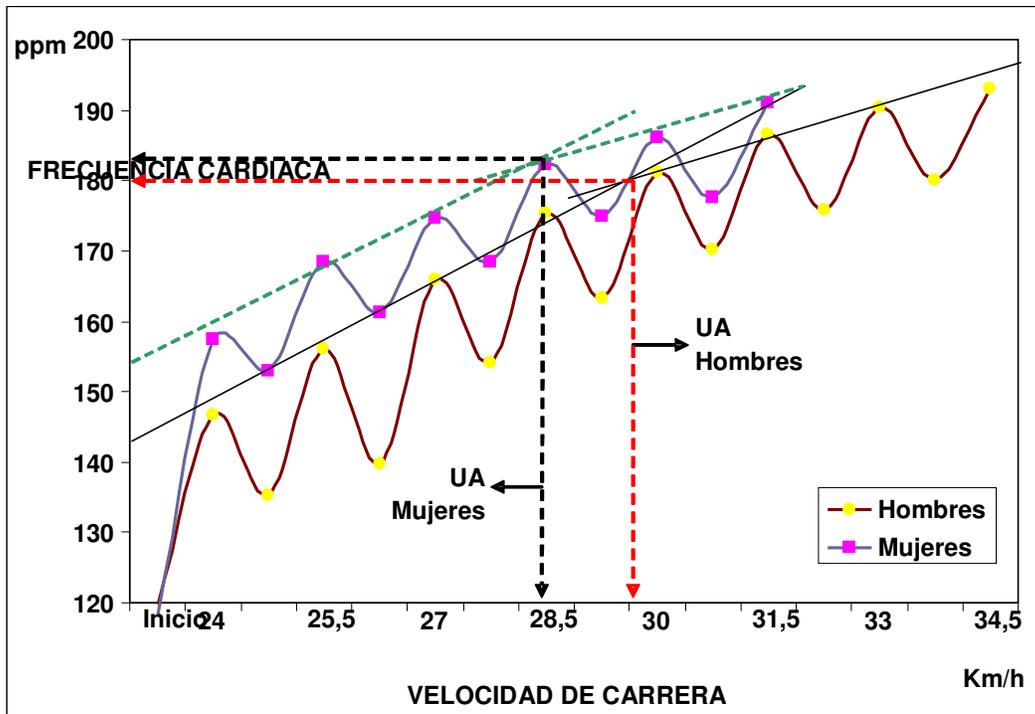


Figura 84. Diferencias de género en el comportamiento de la frecuencia cardíaca e identificación (FC y velocidad de carrera) del umbral anaeróbico (UA) en el test de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios y rectas tangentes.

La frecuencia cardíaca de recuperación tras los 5 minutos de finalizar el test C2 no presenta diferencias de género significativas (Figura 85), observándose que los patinadores hombres logran una mejor recuperación ($30,82 \pm 1,09\%$ en patinadores hombres y del $26,90 \pm 1,10\%$ en patinadoras).

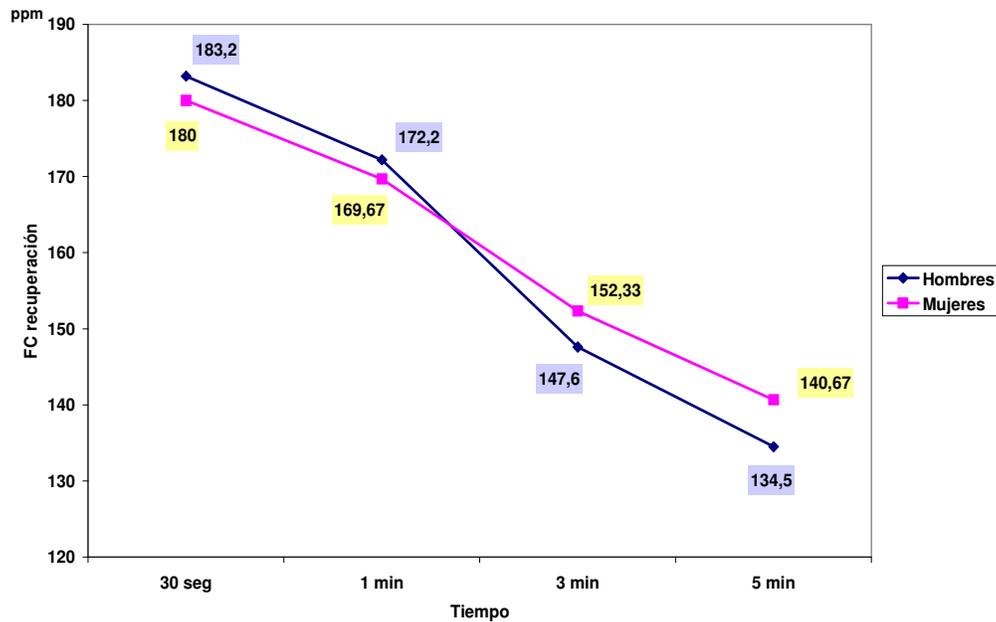


Figura 85. Diferencias de género en la frecuencia cardiaca de recuperación en el test de campo (C2) al final del macrociclo de preparación específica precompetitiva en patinadores (n=21). Valores medios.

4.2.7 Análisis de la Frecuencia Cardiaca en Entrenamientos y Competición

En esta primera fase experimental también se monitorizó la frecuencia cardiaca de los patinadores durante sus modelos de entrenamientos, al igual que se controló la velocidad de carrera y la intensidad con la cual rodaban en el patinódromo. Igualmente se ha procedido a describir su frecuencia cardiaca en competiciones nacionales y su velocidad de carrera, por medio del tiempo total y por vuelta.

Las velocidades máximas que los patinadores alcanzan en la pista, son de 36–34,28 km/h en patinadores hombres y de 34,28–31,30 km/h en patinadoras. Estos valores máximos se tomaron teniendo en cuenta al rodar en grupo (a razón de rodar en los entrenamientos a 20 a 21 segundos por los patinadores hombres y de 21 a 23 segundos por las patinadoras), y como es conocido se rueda más rápido en grupo que individualmente. De hecho,

durante la realización individual en patinódromos de los test de campo de esta primera fase experimental, los patinadores hombres ruedan a una velocidad de 34,62 km/h como máxima, mientras que las patinadoras alcanzan los 33 km/h (es decir, 1-1,5 km/h menor que cuando ruedan en grupo).

Los patinadores tradicionalmente realizan la gran mayoría de sus entrenamientos en la pista (patinódromo) variando sus sesiones, de corta, media y larga duración, dándose un gran énfasis al trabajo interválico de corta duración y media duración con el objeto de lograr una mayor capacidad de resistencia al rodar en intensidades altas, puesto que en competición la intensidad es claramente superior pese a que se rueda en grupos de 20 patinadores, aproximadamente. En la competición se patina a frecuencias cardíacas que corresponden al 80% y 90% de su FCmax para la primera intensidad, y entre el 70%-80% para la segunda. De igual manera se rueda con estos mismos porcentajes de velocidad sobre la pista de acuerdo a los valores determinados en las competiciones y en los entrenamientos.

En las Figuras 86, 87 y 88 se muestran las frecuencias cardíacas monitorizadas en 3 modelos tipo de entrenamiento de los patinadores de élite estudiados. En la Figura 86 se muestra la frecuencia cardíaca controlada en un “entrenamiento interválico de corta duración”, en el que se realizaron 5 series de 3 minutos de duración cada una de ellas (dando aproximadamente entre 8 y 9 vueltas al patinódromo en cada serie) con un período de recuperación de 2 minutos entre cada serie. Al finalizar estas series realizaron un descanso de 10 minutos, para posteriormente realizar otra serie de 5 repeticiones, igual que la anterior, rodando entre el 85%-90% de su velocidad máxima y entre el 80%-90% de la frecuencia cardíaca máxima. En este tipo de entrenamientos se observan promedios de FC (n=21) de $170,23 \pm 0,21$ ppm y $185 \pm 0,12$ ppm, respectivamente. En su registro, es necesario resaltar que se rodaba en grupos de 10 a 15 patinadores, donde en ocasiones varia la posición del patinador monitorizado, lo cual le permitía rodar a la misma intensidad con una menor frecuencia cardíaca.



Figura 86. Frecuencia cardíaca monitorizada en patinador durante entrenamiento “intervalo de corta duración”.



Figura 87. Frecuencia cardíaca monitorizada en patinador durante entrenamiento “intervalo de media duración”.

Los patinadores también realizan comúnmente otro tipo de entrenamiento que es el “intervalo de media duración” donde se rueda entre el 85%-90% de su velocidad máxima y una frecuencia cardíaca entre el 80%-90 %, realizando 4 series cada una con una duración de 10 minutos, rodando aproximadamente 5 km por serie (es decir, 25 vueltas a la pista), con una velocidad promedio de 22 segundos por vuelta (33 km/h), y con un periodo de

recuperación de 6 minutos entre series. La frecuencia cardiaca media de esfuerzo para los patinadores (n=21) fue de $182,41 \pm 0,23$ ppm por serie (Figura 87).

El tercer modelo de entrenamientos tipo que realizan en la pista es el entrenamiento “interválico de larga duración y baja intensidad”, en el que ruedan 30 minutos en el patinódromo a una intensidad del 70%-75% de su velocidad máxima y a una frecuencia cardiaca del 70%-80% de su frecuencia cardiaca máxima, con un periodo de recuperación de 12 minutos aproximadamente. Posteriormente realizan otra serie en las mismas condiciones anteriores, encontrando valores medios (n=21) de los patinadores de $162,15 \pm 0,10$ ppm en cada serie. (Figura 88).



Figura 88. Frecuencia cardiaca monitorizada en patinador durante entrenamiento “interválico de larga duración”.

En las diferentes pruebas de competición nacional puntuables para la Selección Nacional de Colombia también se ha procedido a la monitorización de la frecuencia cardiaca (registrada cada 5 s mediante Polar S610), ya fueran competiciones de 10 km (es decir, 50 vueltas al patinódromo de 200 metros de longitud); de 15 km (es decir, 75 vueltas a la pista); o de 20 km (es decir, 100 vueltas al patinódromo de 200 m de longitud), en las que se observa una

frecuencia cardiaca media (n=21) en el transcurso de la respectiva competencia de $183 \pm 0,14$ ppm (Figura 89), $186 \pm 0,47$ (Figura 90) y de $185 \pm 0,72$ ppm (Figura 91). Los tiempos medios obtenidos en cada una de las pruebas de competición descritas son de 16,5 minutos para los 10 kms, de 23 minutos para los 25 kms; y de 31 minutos para la competición de 20 kms; siendo respectivamente la velocidad alcanzada de 36,36 km/h de media para la prueba de los 10 km (estos valores teniéndolos en cuenta al rodar en grupo de aproximadamente de 30 patinadores en la competición); de 39,13 km/h de velocidad para la prueba de 15 kms; y para la prueba de 20 km, una velocidad media de 38,70 km/h.

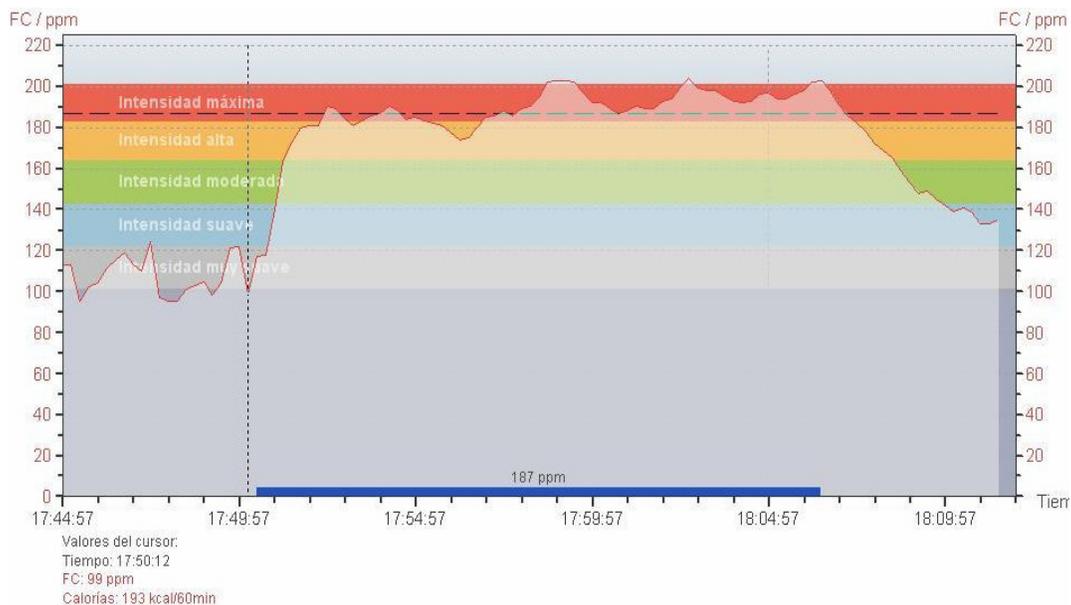


Figura 89. Frecuencia cardiaca monitorizada en patinador durante una competición de 10 km (50 vueltas al patonódromo).

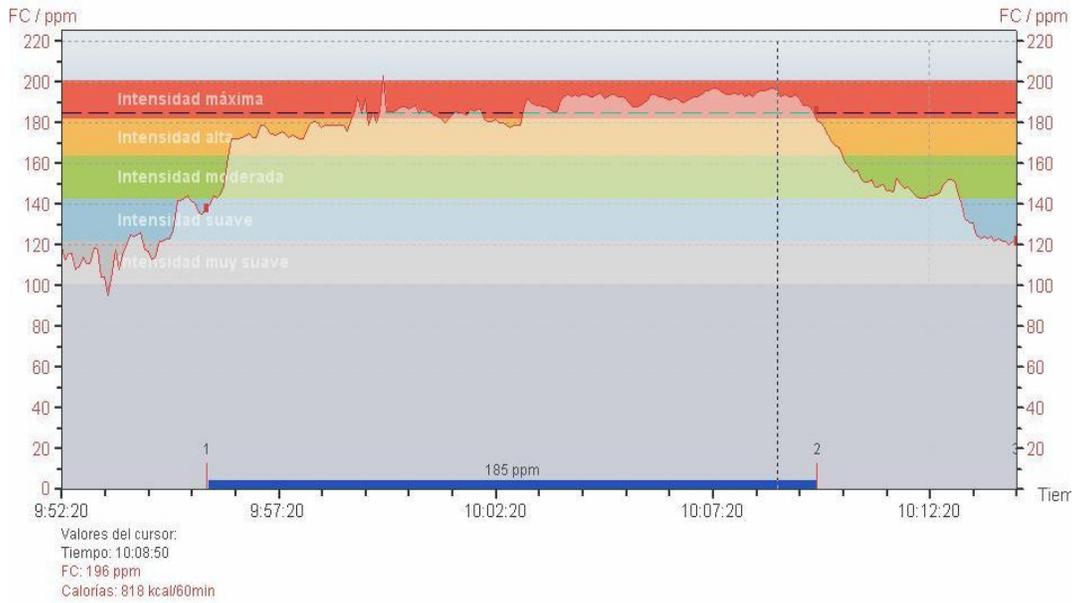


Figura 90. Frecuencia cardíaca monitorizada en patinador durante una competición de 15 km (75 vueltas al patinódromo).

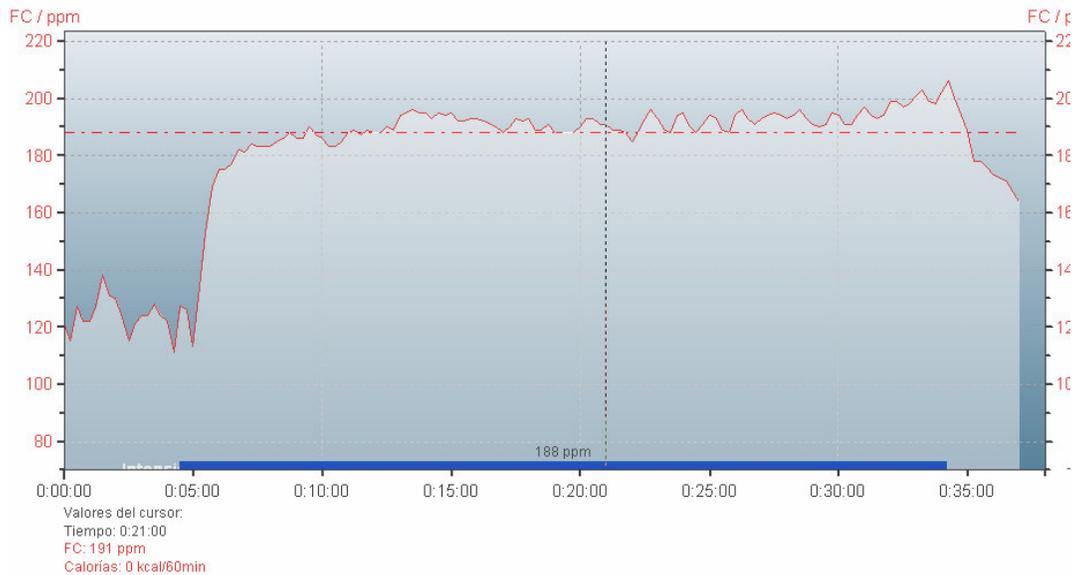


Figura 91. Frecuencia cardíaca monitorizada en patinador durante una competición de 20 km (100 vueltas al patinódromo).

El análisis de los test de campo realizados en esta fase experimental muestra valores máximos de FC y velocidad de carrera superiores en competición con respecto a los test, ya que tanto en competición como en

muchos entrenamientos se rueda en grupo y a mayores velocidades, logrando mantener una velocidad mas elevada en competición. La velocidad y frecuencia cardiaca media manejadas en la competición son mayores que las identificadas como correspondientes a los umbrales anaeróbicos determinados en los respectivos test de campo. Se hace necesario o imprescindible conocer la condición física de cada patinador individualmente, e identificar perfectamente su umbral anaeróbico, para transpolar estos resultados a una adecuada preparación de los patinadores al rodar en los entrenamientos y obtener el mejor rendimiento en competición, teniendo en cuenta que se rueda en grupo y se manejan elevadas intensidades.

4.3 RESULTADOS DE LOS TEST DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL

El test de campo diseñado y desarrollado en la primera fase experimental mostró que los cambios o incrementos de la frecuencia cardiaca entre períodos eran muy bruscos o grandes entre un período y otro, que los períodos completados que alcanzaban eran muy pocos, posiblemente a que el incremento de la velocidad entre períodos era alto y se llegaba a la fatiga muscular antes de lo previsto. En esta segunda fase experimental se realizan, tras varias modificaciones por método de ensayo-error, los ajustes necesarios al test de campo para que éste pudiera determinar con mayor precisión los valores máximos y en el umbral anaeróbico atendiendo a la metodología para protocolos interválicos propuesta por Probst y cols. (1989), García-López y cols (2003) y Vaquera y cols (2007).

Los ajustes realizados al test de campo en esta segunda fase experimental fueron los siguientes:

1. Se redujo el incremento de velocidad entre períodos de 1,5 km/h a 0,8 km/h, con la finalidad de que el patinador realizara un mayor número de períodos y tener más puntos de referencia para poder determinar el

umbral anaeróbico a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de las frecuencias cardíacas máximas de cada periodo o intervalo de esfuerzo desarrollado.

2. Se incrementó el tiempo de recuperación entre períodos, que pasó de ser de 30 segundos a 45 segundos, ya que el patinador cuando rodaba a una velocidad alta no tenía suficiente tiempo para parar de inmediato y poder disponer de tiempo para una adecuada recuperación.

3. Se redujo el número de vueltas por período a 6 a 4 vueltas, ya que el rodar un mayor número de vueltas en un período con una velocidad alta implica un mayor esfuerzo y llegar pronto a la fatiga.

Para su validación en esta segunda fase experimental se realizaron los siguientes test: un test de campo maximal, progresivo y continuo hasta el agotamiento en la pista, monitorizándose la frecuencia cardíaca y la velocidad de carrera, coincidiendo con el periodo de preparación específica de su plan de entrenamiento; y al cabo de 1 mes, finalizando la etapa específica, se realizó un test de laboratorio sobre el cicloergómetro, maximal, progresivo y continuo hasta el agotamiento con análisis ergoespirométrico de gases y monitorización de la frecuencia cardíaca. Tras su recuperación, a los 3 días también realizaron el test de campo con los ajustes referidos, objeto de esta investigación, con análisis ergoespirométrico de gases y monitorización de frecuencia cardíaca y velocidad de carrera. Posteriormente, al cabo de 10 semanas de entrenamiento en el macrociclo competitivo (se encontraban en la fase pre-competitiva de su preparación) se procedió a realizar otra vez el test de campo, monitorizando la frecuencia cardíaca y la velocidad de carrera pero sin análisis de gases.

4.3.1 Resultados Test de campo Continuo (K) y Test de Campo Interválico (C3) en todos los Patinadores

En la Tabla 52 se muestran los valores máximos determinados en los test de campo continuo (K) (desarrollado con la metodología descrita por Conconi y cols en 1996) y test de campo interválico (C3) realizados en la fase final o decisiva de la investigación, con todos los deportistas participantes en esta fase, no mostrando diferencias significativas en la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en los mismos (que representa el 97% de la FCmax teórica de los patinadores), pero sí en tiempo total de esfuerzo en el test (T total) y en la distancia total recorrida en los mismos (D total), entorno al 60% y 45% mayor en el test interválico C3, puesto que el test de campo continuo se desarrolla más rápidamente al tener que rodar “sólo” 2 vueltas para incrementar la velocidad, mientras que en el test de campo interválico tienen que rodar 4 vueltas, además de realizar una pausa de recuperación de 45 segundos. Ello no fue óbice para la velocidad máxima alcanzada al finalizar el test (Vel máx) también fuera significativamente un 5,4% mayor en el test de campo interválico C3.

VALORES MAXIMOS	Test de campo conitnuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	“p”
T total	1036,07 ± 27,17	2545 ± 74,89	145,64	***
D total	7528,57 ± 238,68	13446,43 ± 440,35	78,61	***
FC máx	196,21 ± 2,22	196,07 ± 1,22	-0,07	n.s.
Vel. máx.	31,91 ± 0,36	33,71 ± 0,44	5,64	***

Tabla 52. Valores máximos alcanzados en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) por los patinadores (n=30) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas:*** = p < 0,001 y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de campo continuo (K) e interválico (C3) se muestran en la Tabla 53. En el test de campo continuo (K) este umbral anaeróbico se identificó a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de su frecuencia cardiaca; mientras que en el test de campo interválico (C3) se determinó tanto por metodología ventilatoria (VT2) como a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de su frecuencia cardiaca (FC-UA)

en relación a su velocidad de carrera. En ella se presentan diferencias significativas en la velocidad correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en el test de campo continuo (K) (Vel UA) con la determinada por método ventilatorio (Vel VT2) en el test de campo interválico (un 7,8% significativamente mayor en test interválico), al igual que ocurre con la frecuencia cardiaca en dicho umbral anaeróbico (FC UA vs FC VT2), un 2,3% significativamente mayor en el test interválico (la cual persiste en sus respectivos porcentajes respecto del valor máximo alcanzado).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
Vel UA – Vel VT2	27,80 ± 0,35	30,15 ± 0,42	8,45	***
Vel UA % - Vel VT2 %	86,89 ± 0,96	87,95 ± 0,53	1,22	n.s.
FC UA – FC VT2	177,31 ± 1,80	181,46 ± 1,30	2,34	**
FC UA % - FC VT2 %	90,58 ± 0,56	92,56 ± 0,57	2,19	**
Vel UA	27,71 ± 0,34	29,65 ± 0,45	7,00	***
Vel UA %	86,89 ± 0,96	87,95 ± 0,53	1,22	n.s.
FC UA	177,79 ± 1,73	180,29 ± 1,22	1,41	*
FC UA %	90,64 ± 0,52	91,96 ± 0,48	1,46	*

Tabla 53. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) de los patinadores (n=30) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001 y n.s. = no significativo.

La monitorización de la frecuencia cardiaca en el transcurso tanto del test de campo continuo (K) como en el test de campo interválico (C3) nos permite registrar el comportamiento de la misma en cada uno de ellos, con sus valores máximos de FC en cada período o intervalo, teniendo en cuenta la similitud de la velocidad de carrera impuesta en cada uno de los respectivos tests (Figura 92). En ella se puede observar que en los primeros períodos no hay diferencias significativas entre las frecuencias cardiacas en el mismo periodo de esfuerzo, pero a partir del período 7 hasta aproximadamente el 15 si hay diferencias significativas (p<0,05), siendo la FC superior en el test de campo K entre estos períodos, lo que también acontece al finalizar cada test, pero sin diferencias significativas. Ello es debido a la menor velocidad en estos periodos en el test de campo continuo (K) respecto del interválico (C3) (periodo

5: 23,6 vs 23,3 km/h; periodo 7: 24,8 vs 24,8 km/h; periodo 15: 29,6 vs 31,2 km/h; periodo 20: 32,6 vs 35,2 km/h, respectivamente),

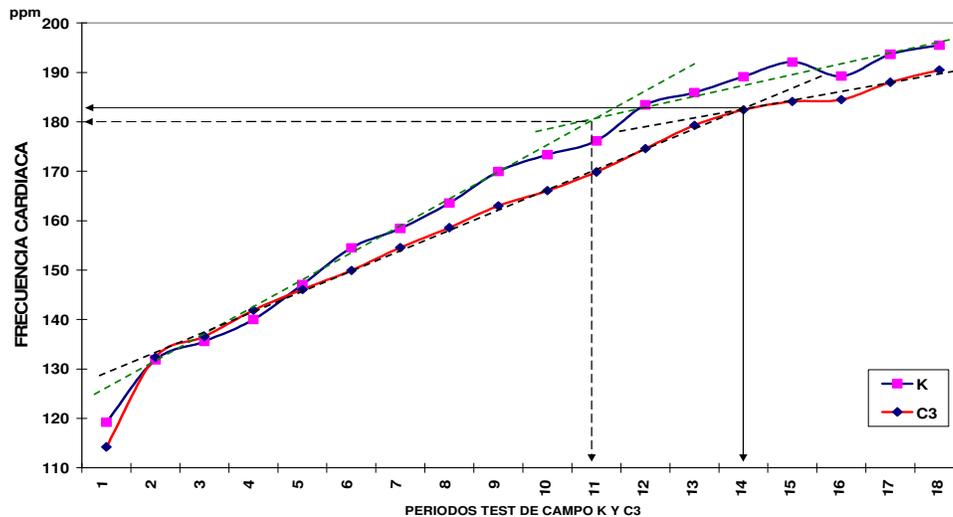
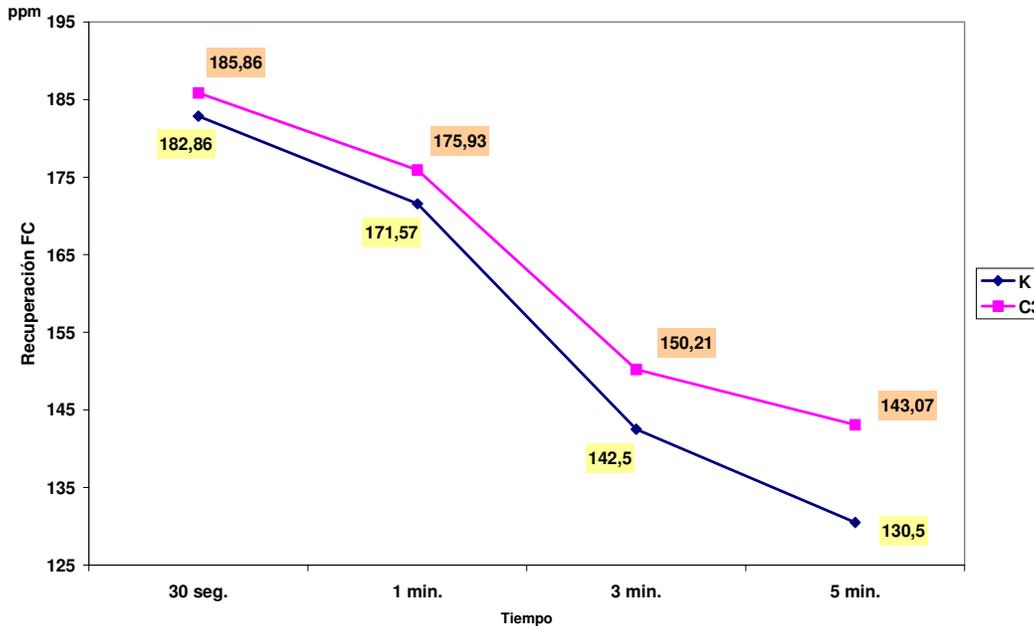


Figura 92. Frecuencia cardíaca e identificación de la intensidad correspondiente al umbral anaeróbico en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) por los patinadores (n=30) en el periodo de preparación específica. Valores medios y rectas tangentes.

La identificación del umbral anaeróbico a través de la deflexión del comportamiento progresivo de la frecuencia cardíaca en el test de campo continuo K presentó mucha más mayor dificultad que en el test de campo C3 (Un 15,3% no se detecta, vs un 8,7% en el test de campo interválico), correspondiendo su identificación con el período 11, es decir con una FC de 179 ppm y a una velocidad de 27,2 km/h. En cambio en el test de campo interválico la intensidad umbral anaeróbico se corresponde con una FC de 182 ppm y una velocidad de 30,4 km/h, es decir coincidiendo con el período 14 de este test de campo (Figura 92).

La frecuencia cardíaca de recuperación monitorizada durante 5 minutos tras finalizar los test de campo se muestra en la Figura 93, observándose hay diferencias significativas en el tercer (un 2,5% mayor FC de recuperación) y quinto minuto (un 5,41% mayor FC de recuperación) en el test de campo interválico (C3). Porcentajes de recuperación de la frecuencia cardíaca

significativamente menores en el test de campo interválico durante los 5 min de recuperación (en torno a un $17 \pm 2\%$), excepto en la recuperación inmediata (% a 30 segundos) (Figura 93).



FC de recuperación	Test d campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
% a 30 s	$6,44 \pm 0,97$	$4,98 \pm 0,61$	-22,63	n.s
% a 1 min	$12,24 \pm 1,27$	$10,05 \pm 0,83$	-17,86	*
% a 3 min	$27,16 \pm 1,38$	$23,17 \pm 1,38$	-14,67	***
% a 5 min	$33,27 \pm 1,40$	$26,83 \pm 1,46$	-19,36	***

Figura 93. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) por los patinadores ($n=30$) en el periodo de preparación específica. Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas de ***= $p < 0,001$, *= $p < 0,05$ y n.s. = no significativo.

No se han observada relevantes correlaciones significativas entre los valores máximos alcanzados en ambos test de campo continuo (K) e interválico (C3) realizados por los patinadores en su fase de preparación específica, pero sí respecto al umbral anaeróbico identificado, ya que se encuentra una correlación significativa y alta en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico (Vel. UA) en el test de campo continuo (K) y la correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (Vel VT2) en el test de campo (C3) ($r=0,71$; $p < 0,001$). (Figura 94). También se encuentra una

correlación significativa ($r=0,71$; $p < 0,001$) en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico en ambos test de campo.

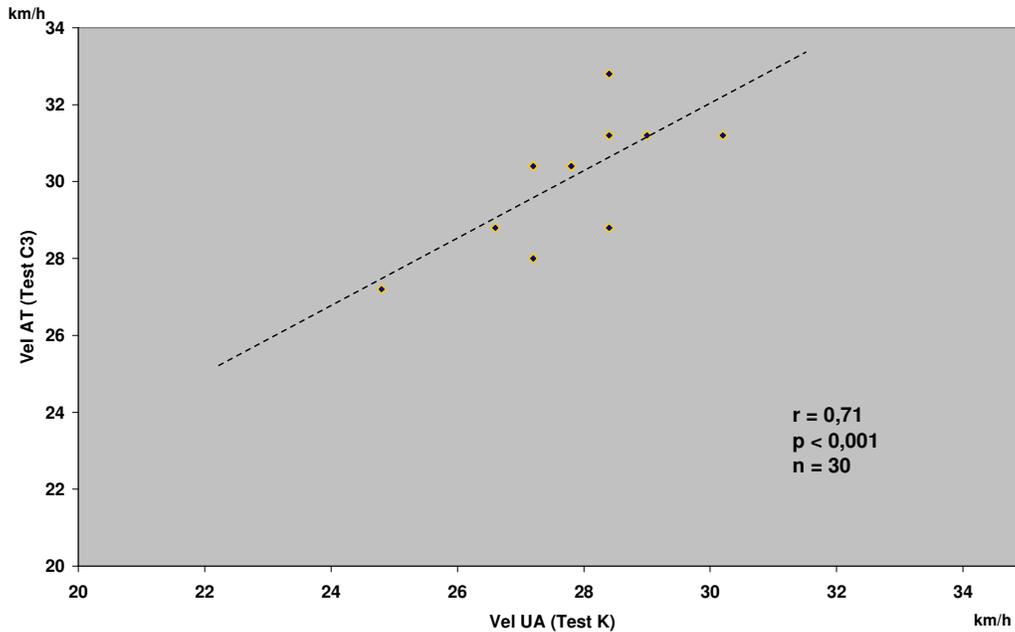


Figura 94. Correlación entre la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico identificada tanto en el test de campo continuo K (Vel UA) como en el test de campo interválico C3 (Vel VT2) en patinadores.

4.3.1.1 Resultados Test de Campo Continuo (K) y Test de Campo Interválico (C3) en Patinadores Hombres

Los valores máximos alcanzados en los test de campo continuo (K) e interválico (C3) por los patinadores hombres se muestran en la (Tabla 54), constatándose de nuevo que el tiempo total de esfuerzo (T_{total}), la distancia total recorrida (D_{total}), y, por lo tanto, en la velocidad máxima (Vel. máx.) alcanzada es significativamente muy superior en el test de campo interválico (C3).

VALORES MAXIMOS	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	“p”
T total	1035 ± 33,67	2624,09 ± 69,56	153,54	***
D total	7509,09 ± 292,15	13859,09 ± 410,36	84,56	***
FC máx	195,55 ± 2,57	196,27 ± 1,26	0,37	n.s.
Vel. máx.	31,89 ± 0,44	34,18 ± 0,37	7,18	***

Tabla 54. Valores máximos alcanzados en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) por los patinadores hombres (n=19) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas:*** = $p < 0,001$ y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes al umbral anaeróbico identificado en los test de campo continuo (K) y en el test de campo interválico (C3) (Tabla 55) muestran diferencias significativas en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico en el test de campo continuo (K) (Vel UA) y en la del umbral ventilatorio del test de campo C3 (Vel VT2), un 8,3% significativamente mayor en el test de campo interválico. También la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico en el test de campo continuo (K) (FC UA) y al umbral ventilatorio en el test de campo interválico (C3)(FC VT2) es un 2.1% significativamente mayor en el test de campo interválico C3.

VALORES EN EL UMBRAL ANEROBICO	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	“p”
Vel UA – Vel VT2	28,04 ± 0,33	30,56 ± 0,42	8,99	***
Vel UA % - Vel VT2 %	87,89 ± 1,12	89,23 ± 0,40	1,52	n.s.
FC UA – FC VT2	177,10 ± 2,23	180,80 ± 1,50	2,09	*
FC UA % - FC VT2 %	90,86 ± 0,68	92,11 ± 0,66	1,38	n.s.
Vel UA	27,90 ± 0,33	30,03 ± 0,44	7,63	***
Vel UA %	87,60 ± 1,05	87,85 ± 0,65	0,29	n.s.
FC UA	177,73 ± 2,12	180,36 ± 1,20	1,48	n.s.
FC UA %	90,92 ± 0,62	91,91 ± 0,61	1,09	n.s.

Tabla 55. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) de los patinadores (n=19) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$ y n.s. = no significativo.

La monitorización de la frecuencia cardiaca en el transcurso de los test campo continuo (K) e interválico (C3) también muestra un comportamiento similar, en el que no se aprecian diferencias significativas hasta el periodo 7 en las frecuencias cardiacas entre ambos test. A partir del periodo 7 la frecuencia cardiaca media de cada periodo es significativamente menor el test de campo interválico C3, a pesar de que en cada periodo en este test de campo la velocidad de desplazamiento en cada periodo es ligeramente mayor (Figura 95).

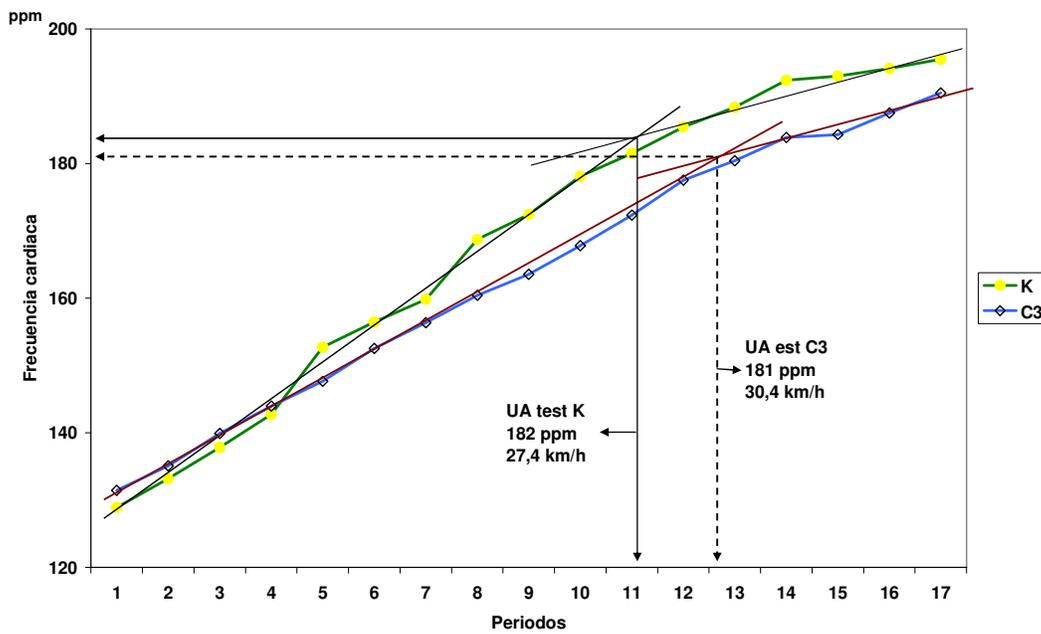
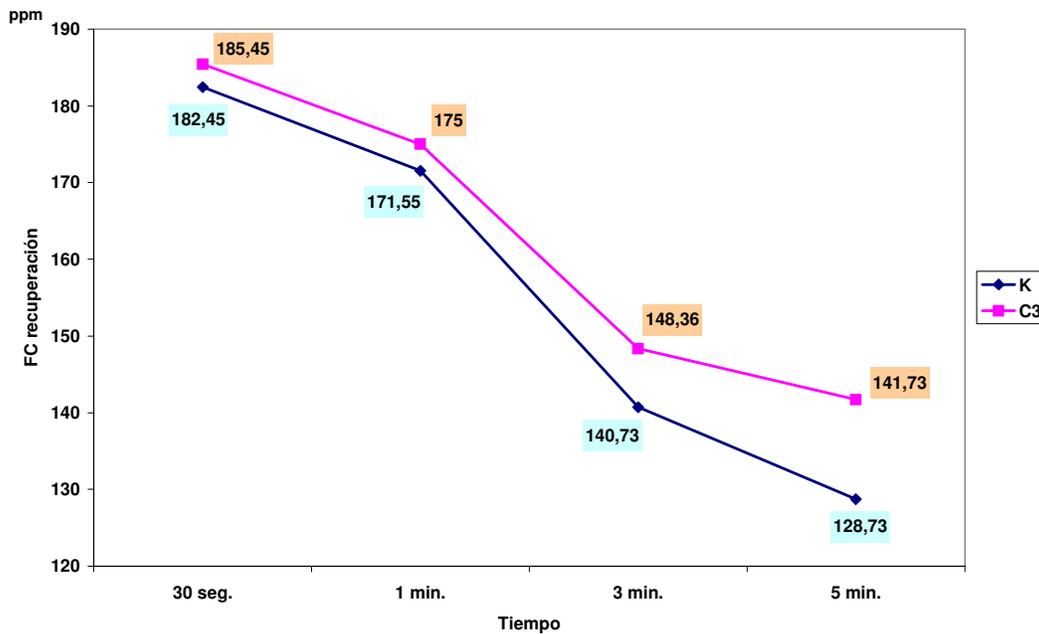


Figura 95. Frecuencia cardiaca e identificación de la intensidad correspondiente al umbral anaeróbico (UA) en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) realizados por los patinadores hombres (n=19) en el periodo de preparación específica. Valores medios y rectas tangentes.

La intensidad correspondiente al umbral anaeróbico identificada a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de la misma durante el test de campo continuo (K) se corresponde con una frecuencia cardiaca de 182 ppm (y que, a su vez, corresponde con el periodo 11 de esfuerzo; es decir a 27,4 km/h); mientras que en el test de campo interválico (C3) se corresponde a 181 ppm de frecuencia cardiaca (es decir, en el periodo 13, a una velocidad de 30.4

km/h) (Figura 95). Teniendo igualmente una mayor dificultad para su identificación precisa en el test de campo continuo (K) que en el test de campo interválico (C3).

La frecuencia cardiaca de recuperación durante los 5 min después de finalizar el esfuerzo de los respectivos test de campo muestra igualmente (Figura 96) que es significativamente superior en el test de campo interválico a partir del minuto 3 y 5 de recuperación, por lo que los porcentajes de recuperación son significativamente menores en el test de campo interválico C3 tanto en el minuto 3 (un 13%) como en el 5 (un 18%).



FC de recuperación	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
% a 30	6,43 ± 0,76	5,26 ± 0,75	-18,20	n.s.
% a 1 min	12,08 ± 1,08	10,61 ± 0,97	-12,17	n.s.
% a 3 min	27,90 ± 1,56	24,19 ± 1,56	-13,30	*
% a 5 min	33,99 ± 1,55	27,57 ± 1,77	-18,89	***

Figura 96. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) por los patinadores hombres (n=19) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas de ***=p< 0,001, * = p<0,05 y n.s. = no significativo.

En los test de campo continuo (K) e interválico (C3) realizados por los patinadores hombres hemos encontrado correlaciones significativas en valores máximos como la velocidad máxima alcanzada (Vel máx) ($r=0,78$; $p<0,001$) (con valores medios de $31,89 \pm 0,44$ km/h para el test de campo continuo K y de $34,18 \pm 0,37$ km/h para el test de campo C3. (Figura 97). También se ha encontrado una correlación significativa ($r=0,68$; $p<0,01$) entre la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico (FC UA) en ambos test de campo para los patinadores hombres.

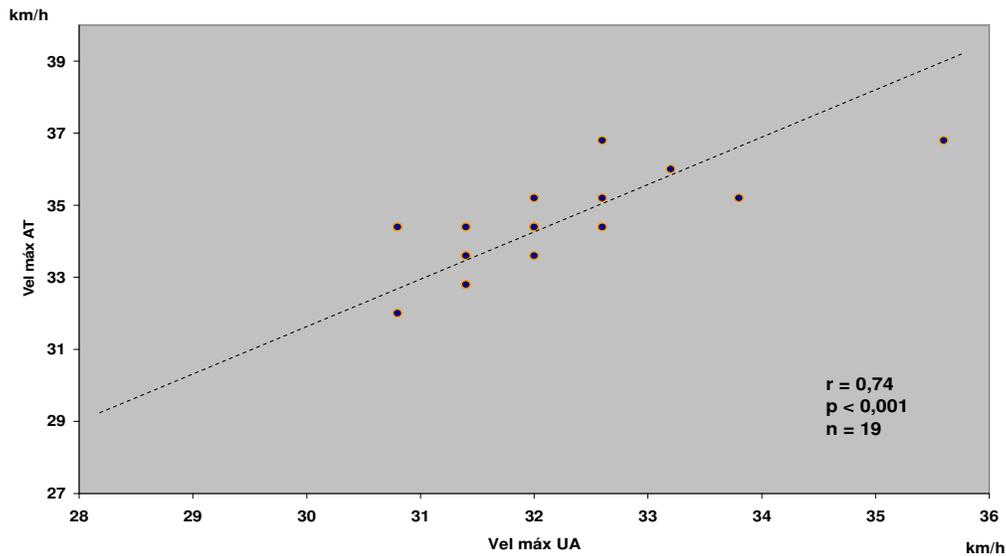


Figura 97. Correlación entre la velocidad máxima alcanzada en los test de campo continuo K (Vel max) e interválico C3 en patinadores hombres.

4.3.1.2 Resultados Test de Campo Continuo (K) y Test de Campo Interválico (C3) en Patinadoras.

Los valores máximos alcanzados por las patinadoras en los test de campo continuo (K) e interválico (C3) se muestran en la Tabla 56 mostrando también diferencias significativas en el tiempo total (T total) y en la distancia total recorrida (D total), que siguen siendo mayores en el test de campo interválico C3, pero no en la frecuencia máxima alcanzada ni en la velocidad máxima desarrollada en los mismos.

VALORES MAXIMOS	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
T total	1040 ± 40	2255 ± 167,10	116,83	**
D total	7600 ± 400	11933,33 ± 1156,6	57,02	*
FC máx	198,67 ± 4,97	196,33 ± 3,93	-1,68	n.s.
Vel. máx.	32 ± 0,60	32 ± 1,22	0	n.s.

Tabla 56. Valores máximos alcanzados en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) en patinadoras (n=11) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *=p< 0,05; ** = p<0,01 y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico tanto en el test de campo continuo (K) como en el test de campo interválico (C3) en las patinadoras (Tabla 57) muestran que la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico en el test de campo continuo K (FC UA) y la correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio en el test de campo interválico C3 (FC VT2) es un 3,19% significativamente mayor en este último; al igual que sucede con sus respectivos porcentajes respecto de su valor máximo alcanzado (del 89,63±0,77% y del 94,04±0,63%, respectivamente).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
Vel UA – Vel VT2	27 ± 1,11	28,80 ± 0,92	6,67	n.s.
Vel UA% -Vel VT2%	84,30 ± 1,96	90,05 ± 1,17	6,82	*
FC UA – FC VT2	178 ± 3,05	183,67 ± 2,66	3,19	**
FC UA% - FCVT2 %	89,63 ± 0,77	94,04 ± 0,63	4,92	***
Vel UA	27 ± 1,11	28,26 ± 1,16	4,67	n.s.
Vel UA %	84,30 ± 1,96	88,31 ± 0,83	4,76	*
FC UA	178 ± 3,05	180 ± 4,35	1,12	n.s.
FC UA %	89,63 ± 0,77	92,13 ± 0,54	2,79	n.s.

Tabla 57. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) en patinadoras (n=11) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *=p<0,05; **=p<0,01; ***=p<0,001 y n.s. = no significativo.

También se encuentran diferencias significativas en el porcentaje de velocidad en el umbral anaeróbico (Vel UA %), un 3% significativamente mayor en el test de campo interválico C3. A pesar de que en el test de campo continuo K se rueda dando 2 vueltas al patinódromo conformando un mismo

periodo antes de incrementarse la velocidad, mientras que en el test de campo interválico (C3) se rueda durante 4 vueltas en cada período a la misma velocidad, y tras finalizar el periodo de recupera 45 segundos, no se obtuvo diferencias significativas en las demás variables.

La monitorización de la frecuencia cardiaca durante el desarrollo de cada uno de los test de campo continuo (K) e intervalito (C3) realizado por las patinadoras en función de la velocidad de desplazamiento correspondiente a cada período, la cual coincidiera para así ver la relación entre períodos y su velocidad, (Figura 98) no presenta diferencias significativas en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca de cada uno de los períodos realizados.

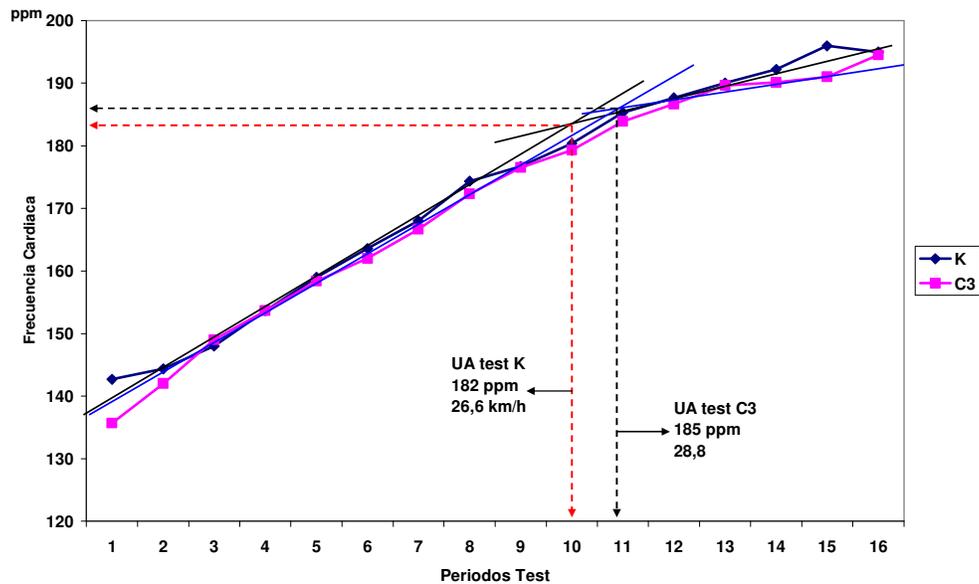
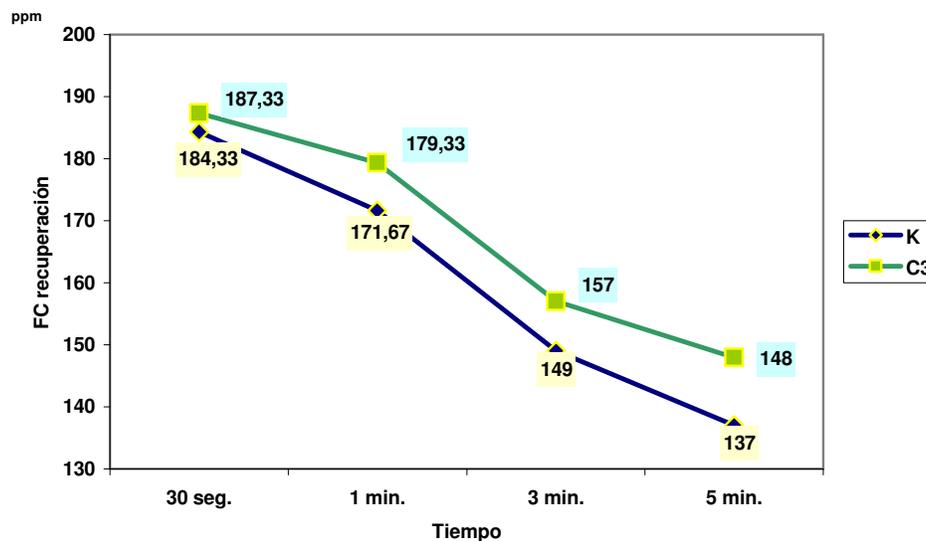


Figura 98. Frecuencia cardiaca e identificación de la intensidad correspondiente al umbral anaeróbico (UA) en los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) realizados por patinadoras (n=11) en el periodo de preparación específica. Valores medios y rectas tangentes

La identificación en las patinadoras de la intensidad de esfuerzo correspondiente al umbral anaeróbico a través de la deflexión en este comportamiento de la frecuencia cardiaca muestra que en el test de campo continuo (K) se corresponde a valores medios en patinadoras de 182 ppm y una velocidad de 26,6 km/h (período 10); mientras que en el test de campo

interválico (C3) corresponde a una frecuencia cardiaca de 185 ppm y una velocidad 28,8 km/h (período 12), siendo un 7,7% inferior en su velocidad en el test de campo continuo. (Figura 98).

La frecuencia cardiaca de recuperación durante los 5 minutos siguientes a finalizar ambos test de campo continuo e interválico no muestra diferencias significativas en las patinadoras (Figura 99), a pesar de la tendencia a que sea mayores (y peor porcentaje de recuperación) en el test de campo interválico C3.



FC de recuperación	Test de campo continuo (K)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
% a 30 s	6,44 ± 4,23	3,95 ± 0,52	-38,64	n.s.
% a 1 min	12,81 ± 5,24	8,01 ± 0,90	-37,48	n.s.
% a 3 min	24,42 ± 2,86	19,42 ± 1,87	-20,48	n.s.
% a 5 min	30,59 ± 3,21	24,06 ± 1,20	-21,35	n.s.

Figura 99. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar los test de campo maximal, progresivo y continuo (K) o interválico (C3) por las patinadoras (n=11) en el periodo de preparación específica. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: n.s. = no significativo.

No se han encontrado correlaciones significativas relevantes entre las variables analizadas, tanto de valores máximos como en los correspondientes al umbral anaeróbico, en los test de campo continuo (K) e interválico (C3) realizados por las patinadoras en su fase de preparación específica.

4.3.2 Resultados Test de Laboratorio Continuo (L6) y Test de Campo Interválico (C3) (TIVRE Patín®) en todos los Patinadores

Los patinadores realizaron también un test de laboratorio continuo (L6) sobre cicloergómetro y progresivo hasta la extenuación, seguido 3 días después del test de campo interválico (C3) en la pista del patinódromo de Santander (Colombia), y cuyos valores máximos ergoespirométricos se muestran en la Tabla 58. En ella se observa que no existen diferencias en la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) alcanzada en ambos test (en torno al 96% de la frecuencia cardiaca máxima teórica) y también las lógicas diferencias significativas en el tiempo total de duración del test (T total), un 70% menor en el test continuo al carecer de las pausas entre periodos. También que el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx), es un 1% menor en el test de laboratorio, acompañado también de un significativo 5,64% mayor ventilación máxima en el test continuo y un 2,65% significativamente mayor cociente respiratorio máximo (RQ máx.) en el test interválico.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
T total	709,85 ± 25,61	2562,65 ± 51,89	261,01	***
VO ₂ máx.	61,19 ± 1,30	62,01 ± 1,19	-1,43	n.s.
FC máx.	193 ± 1,08	194,47 ± 0,89	0,76	n.s.
VE máx.	138,35 ± 5,67	130,55 ± 5,32	-5,64	***
RQ máx.	1,13 ± 0,01	1,16 ± 0,01	2,65	*

Tabla 58. Valores máximos alcanzados en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en patinadores (n=40). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; ***= p < 0,001; y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico por metodología ventilatoria ergoespirométrica tanto en el test de laboratorio continuo (L6) como en el test de campo interválico C3 se muestran en la Tabla 59. En ella no se aprecian diferencias significativas en el consumo

de oxígeno en el umbral ventilatorio (VO_2 VT2), ni en su porcentaje respecto del valor máximo alcanzado en los tests (VO_2 VT2 %). Diferencias significativas que si se presentan en la ventilación correspondiente a la intensidad umbral ventilatorio (VE VT2) que son en torno al 6% significativamente mayor en el test de campo C3; Diferencias muy posiblemente condicionadas por la diferencia de duración y exigencia del tipo de protocolo de ambos test.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
VO_2 VT2	48,60 ± 1,04	47,18 ± 1,11	-3,03	n.s.
VO_2 VT2 %	79,48 ± 0,67	77,21 ± 0,89	2,86	n.s.
FC VT2	176,39 ± 1,14	177,21 ± 1,02	-0,55	n.s.
FC VT2 %	91,39 ± 0,39	92,27 ± 0,40	0,96	n.s.
VE VT2	82,09 ± 3,37	87,46 ± 3,21	6,54	***
VE VT2 %	59,75 ± 1,19	67,94 ± 1,65	13,71	***
RQ VT2	0,99 ± 0,003	0,99 ± 0,006	0	n.s.
RQ VT2 %	87,61 ± 0,65	85,34 ± 0,75	-2,26	*
FC VT2 – FC UA	176,39 ± 1,17	177,44 ± 1	0,61	n.s.
FC VT2% - FC UA%	91,39 ± 0,37	91,25 ± 0,36	0,33	n.s.

Tabla 59. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en los patinadores (n=40). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$; ***= $p < 0,001$; y n.s. = no significativo.

Tampoco muestra diferencias significativas en la frecuencia cardiaca en el umbral ventilatorio (FC VT2), ni en el porcentaje de esta misma variable respecto de su valor máximo (FC VT2 %) (Figura 100). Igualmente tampoco muestra diferencias significativas en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio en el test de laboratorio L6 (FC VT2), con la frecuencia cardiaca correspondiente a la deflexión de la misma que identifica el umbral anaeróbico en el test de campo C3 (Tabla 59).

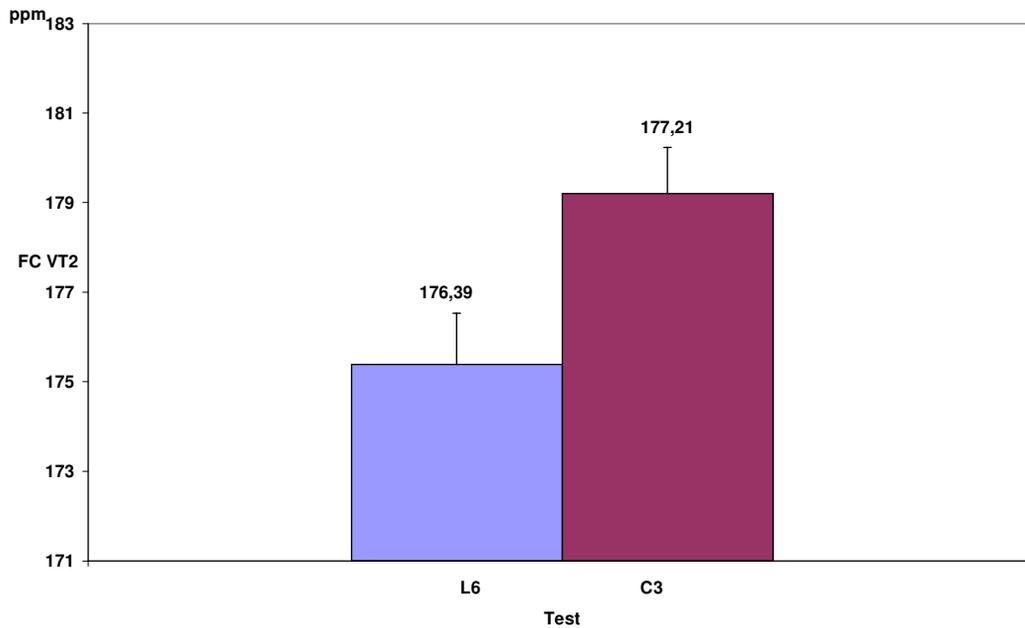
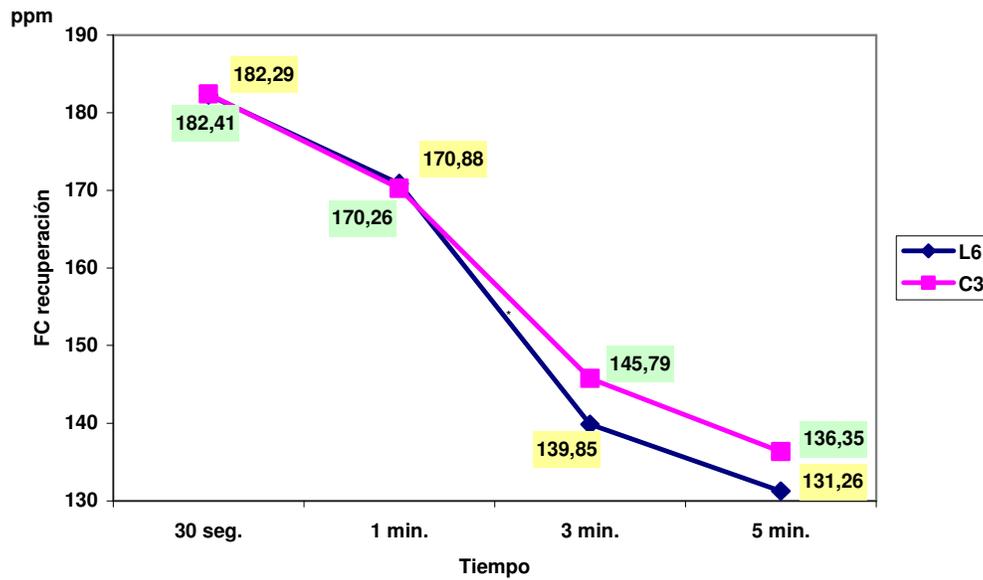


Figura 100. Frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (VT2) en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en los patinadores (n=40). Valores medios \pm EEM.

La frecuencia cardiaca de recuperación durante los 5 minutos tras finalizar del test máximos de laboratorio continuo (L6) y de campo interválico (C3) se muestran en la Figura 101, en la que se muestran las diferencias significativas observadas a partir del minuto 3 y 5, siendo mayor en el test de campo interválico (y, por lo tanto, teniendo entre un 6 u 9% peor recuperación).

A pesar del diferente protocolo de ambos test se han encontrado entre los test máximos de laboratorio continuo (L6) y de campo interválico (C3) correlaciones significativas y altas tanto en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) ($r=0,91$; $p < 0,001$) (Figura 102) como en la ventilación máxima (VE máx) ($r=0,90$; $p < 0,001$), como en el consumo de oxígeno (VO_2) correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico ventilatorio (VT2) ($r=0,89$; $p < 0,001$) (Figura 103), o en la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) y la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico (FC UA) determinado en el test de campo interválico a través de la deflexión en su comportamiento progresivo ($r=0,72$; $p < 0,001$) (Figura 104). Igualmente acontece una correlación significativa en la ventilación

correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (VE VT2) entre ambos test (r=0,84, p<0,001).



FC de recuperación	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
% a 30 s	5,27 ± 0,44	5,87 ± 0,38	11,39	n.s.
% a 1 min	11,22 ± 0,66	12,17 ± 0,88	8,47	n.s.
% a 3 min	27,33 ± 0,89	24,77 ± 0,99	-9,37	***
% a 5 min	31,76 ± 0,78	29,63 ± 1	-6,71	**

Figura 101. Frecuencia cardiaca de recuperación en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en los patinadores (n=40). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ***=p<0,001

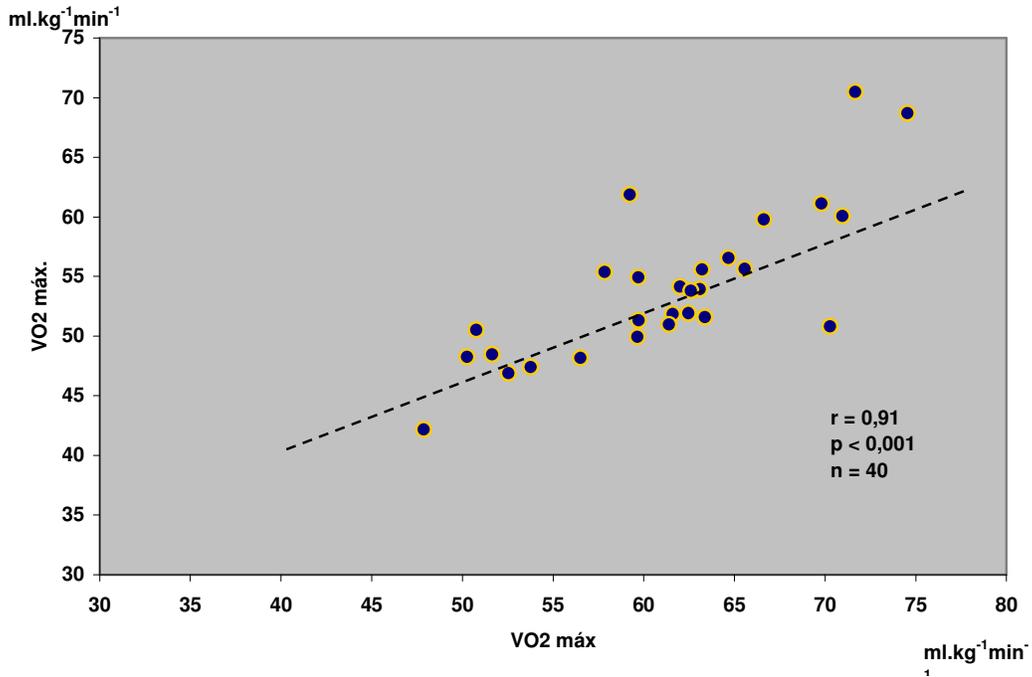


Figura 102. Correlación entre el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx.) alcanzado en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo intervánico (C3) en los patinadores.

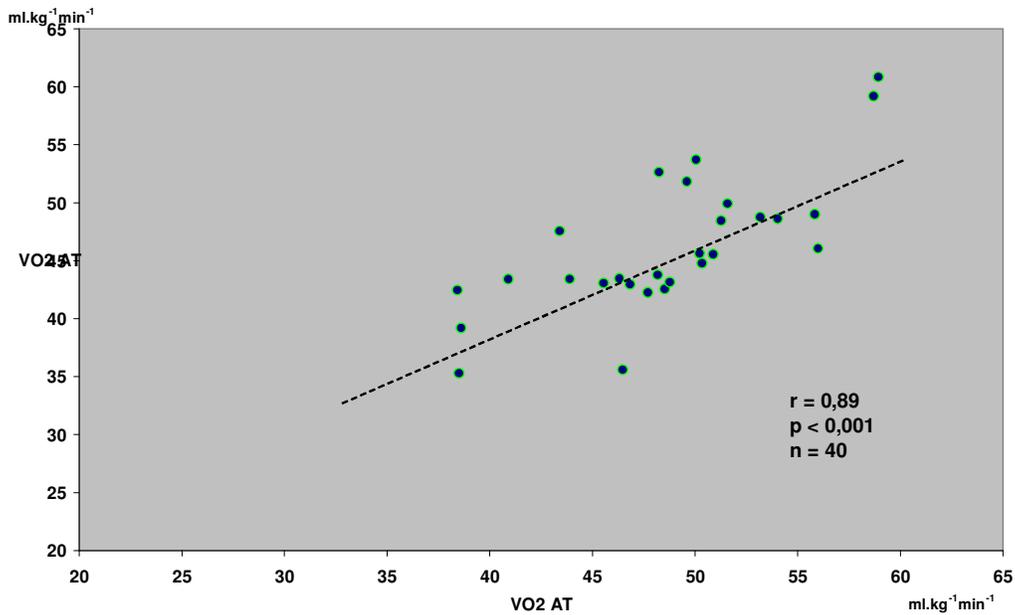


Figura 103. Correlación entre el consumo de oxígeno correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (VO₂ VT₂) en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo intervánico (C3) en los patinadores.

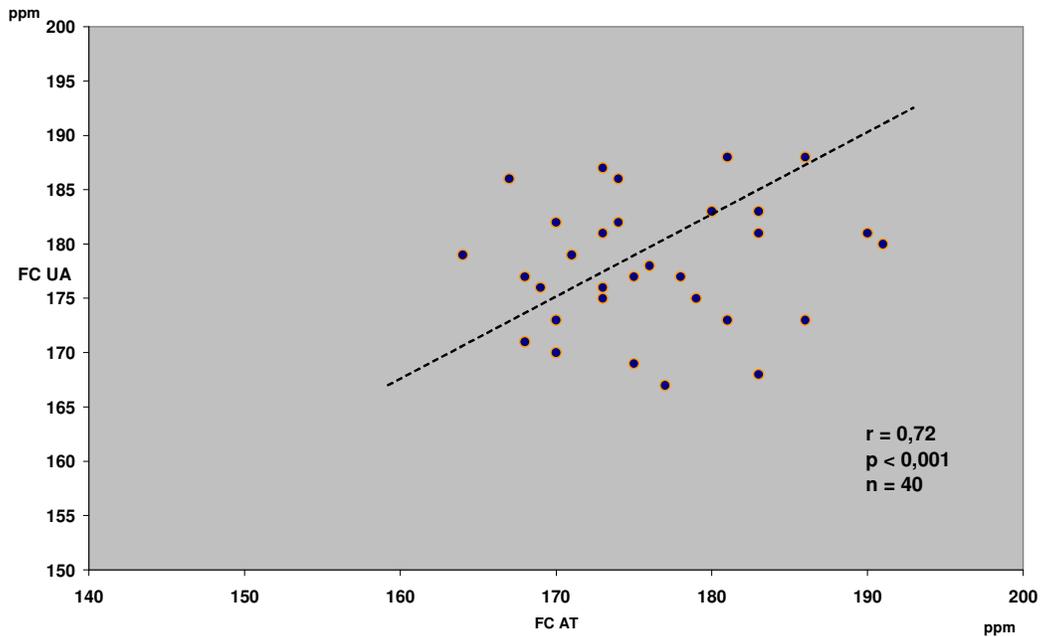


Figura 104. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico tanto por método ventilatorio (FC VT2) en el test continuo de laboratorio (L6) como por deflexión de la misma en el test de campo interválico (C3) (FC VT2) en patinadores.

Es relevante que el propio test de campo interválico (C3) se muestre una correlación significativa y alta la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico cuando se determina por métodos ventilatorios (FC-VT2) como a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de las frecuencias cardiacas máximas de cada periodo o intervalo umbral anaeróbico (FC-UA), ($r=0,97$; $p<0.001$) (Figura 105), la cual se muestra igualmente significativa y alta ($r=0,83$; $p < 0,001$) si se refiere a sus porcentajes respecto de los sus frecuencias cardiacas máximas ($92,28\pm0,38\%$ vs $91,38\pm0,37\%$, respectivamente). Valores de intensidad del umbral anaeróbico que muestran igualmente una correlación alta y significativa ($r=0,92$; $p<0,001$) entre las velocidades de desplazamiento a la que corresponden en el test de campo interválico (C3) (Figura 106), (velocidades de $30,05\pm0,25$ km/h y $29,40 \pm 0,32$ km/h, respectivamente).

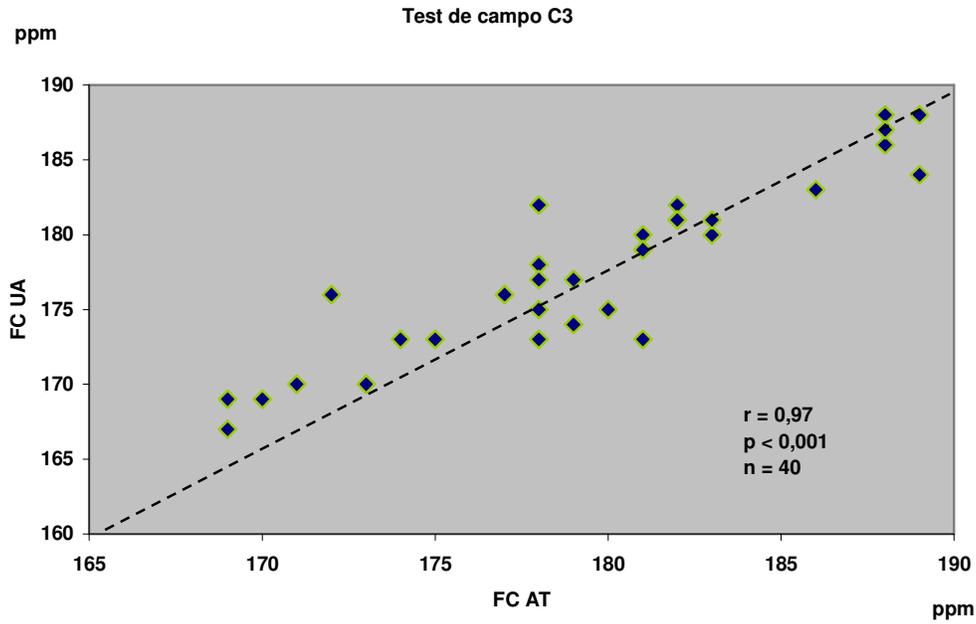


Figura 105. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por método ventilatorio (FC VT2) como a través de su deflexión (FC UA) en el test de campo interválico (C3) en patinadores.

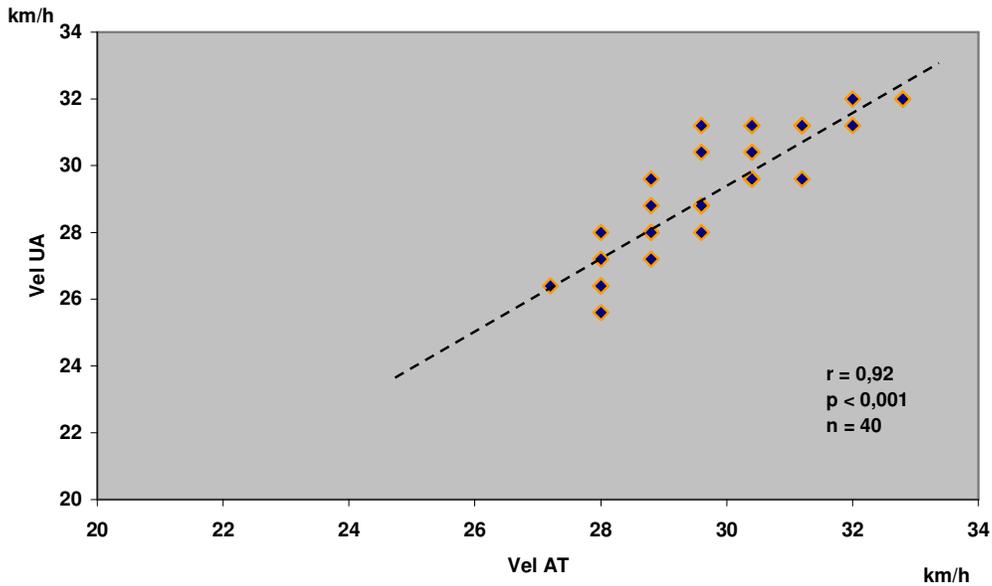


Figura 106. Correlación entre la velocidad de desplazamiento correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por método ventilatorio (Vel VT2) como a través de su deflexión (Vel UA) en el test de campo interválico (C3) en patinadores.

4.3.2.1 Resultados del Test de Laboratorio Continuo (L6) y del Test de Campo Interválico (C3) en patinadores hombres

En la Tabla 60 se muestran los valores máximos alcanzados en estos test realizadores por patinadores hombres de la misma especialidad deportiva observándose que hay diferencias significativas en la frecuencia cardiaca máxima, ni tampoco en la ventilación o el cociente respiratorio máximo alcanzado, pero sí lógicamente de nuevo en el tiempo total de duración de los mismos (T total), un 245,03 % mayor en el test de campo interválico. Tampoco en el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), aunque es un 5,3% menor en el test de laboratorio en relación al test de campo interválico.

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
T total	781,67 ± 30,84	2697 ± 76,99	245,03	***
VO_2 máx.	64,43 ± 1,57	67,85 ± 1,70	5,3	n.s.
FC máx.	193,80 ± 1,94	193,40 ± 1,53	-0,21	n.s.
VE máx.	153,65 ± 4,88	147,60 ± 4,43	-3,94	n.s.
RQ máx.	1,14 ± 0,01	1,15 ± 0,01	0,88	n.s.

Tabla 60. Valores máximos alcanzados en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en patinadores hombres (n=26). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: ***= $p < 0,001$; y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico por metodología ventilatoria ergoespirométrica tanto en el test de laboratorio continuo (L6) como en el test de campo interválico C3 en los patinadores de género masculino se muestran en la Tabla 61.

En ella tampoco se aprecian diferencias significativas en el consumo de oxígeno correspondiente a la intensidad identificada como umbral ventilatorio (VO_2 VT2), al igual que referido en términos porcentuales respecto a su VO_{2max} (VO_2 VT2 %). También es significativamente mayor en el test de campo interválico tanto la ventilación (VE VT2), como su porcentaje respecto de

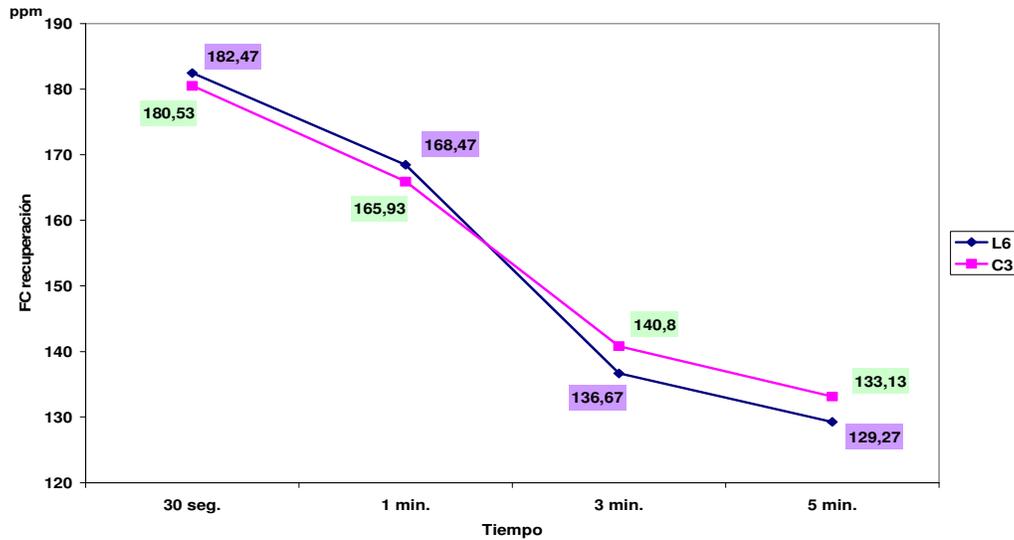
la ventilación máxima alcanzada (VE VT2 %), correspondientes al umbral anaeróbico ventilatorio. En las demás variables determinadas en el umbral en estos respectivos test de la fase final, realizada con los patinadores hombres, no se encuentran diferencias significativas, ya sea cociente respiratorio o sobre todo la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio. Tampoco entre la frecuencia cardiaca ventilatoria en el test de laboratorio continuo (L6) y la correspondiente a su deflexión en el test de campo interválico (C3).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	51,89 ± 1,01	52,48 ± 1,69	1,23	n.s.
VO ₂ VT2 %	80,73 ± 0,94	77,34 ± 1,33	-4,2	n.s.
FC VT2	177,07 ± 1,58	178,29 ± 1,33	0,69	n.s.
FC VT2 %	90,89 ± 0,58	92,09 ± 0,55	1,32	n.s.
VE VT2	92,78 ± 2,84	99,25 ± 3,43	6,97	*
VE VT2 %	60,58 ± 1,35	67,40 ± 1,74	11,26	**
RQ VT2	0,96 ± 0,006	0,95 ± 0,009	-1,04	n.s.
RQ VT2 %	84,10 ± 0,78	82,94 ± 0,81	-1,38	n.s.
FC VT2 – FC UA	175,87 ± 1,90	175,93 ± 1,45	0,03	n.s.
FC VT2% - FC UA%	90,75 ± 0,56	90,99 ± 0,61	0,26	n.s.

Tabla 61. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en los patinadores hombres (n=26). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; ***= p < 0,001; y n.s. = no significativo.

La frecuencia cardiaca tras la recuperación monitorizada durante 5 minutos tras finalizar los test se muestra en la Figura 107, no observándose diferencias significativas entre los test a lo largo de los 5 minutos en los patinadores hombres.

A pesar del diferente protocolo en ambos test y de las diferencias significativas en el VO₂máx alcanzado por los patinadores hombres, se observa una correlación significativa y alta (r=0,90; p<0,001) entre el consumo máximo de oxígeno alcanzado en ambos test (Figura 108).



FC de recuperación	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
30 seg. %	5,60 ± 0,85	6,36 ± 0,64	13,57	n.s.
1 min. %	12,89 ± 1,17	13,96 ± 1,57	8,30	n.s.
3 min. %	29,31 ± 1,37	26,94 ± 1,35	-8,09	n.s.
5 min. %	33,07 ± 1,11	30,93 ± 1,57	-6,47	n.s.

Figura 107. Frecuencia cardiaca de recuperación en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en patinadores hombres (n=26). Valores medios±EEM. Diferencias significativas: n.s.=no significativa.

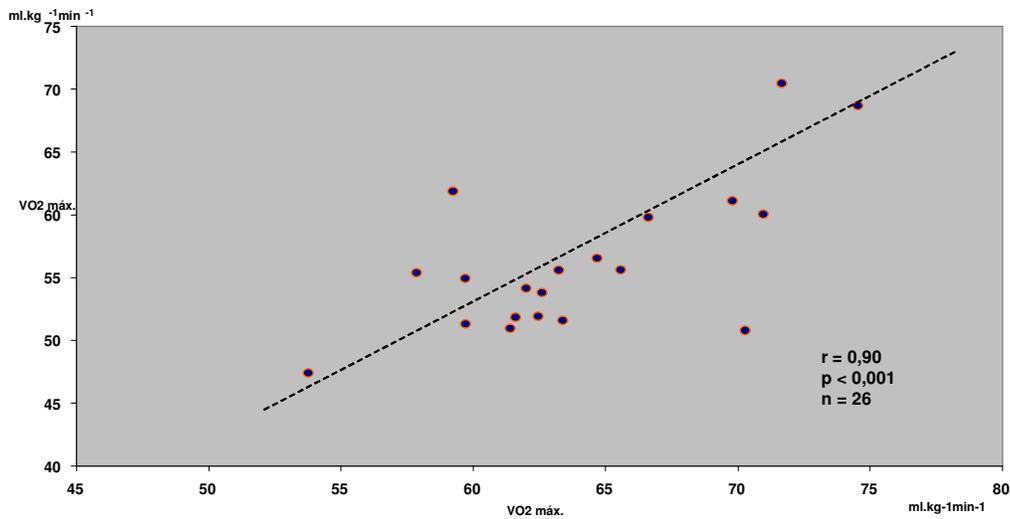


Figura 108. Correlación entre el consumo de oxígeno máximo (VO2 máx.) alcanzado en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en los patinadores hombres.

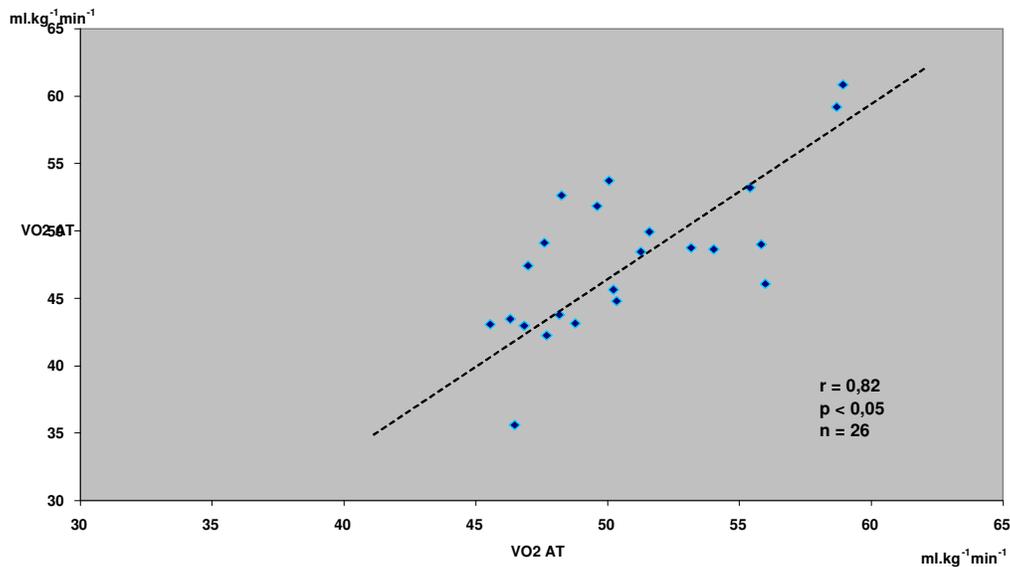


Figura 109. Correlación entre el consumo de oxígeno correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (VO₂ VT₂) en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en los patinadores

Igualmente hemos observado también una correlación significativa en el consumo de oxígeno correspondiente al umbral ventilatorio (VO₂ VT₂) tanto en el test de laboratorio continuo L6 como en el test de campo interválico C3, (r=0,82 p<0,05) (Figura 109); cursando con valores medios de 51,89 ± 1,01 ml.kg⁻¹.min⁻¹ y 49,48 ± 1,69 ml.kg⁻¹.min⁻¹, respectivamente.

Y como uno de los objetivos del estudio era validar este test de campo específico interválico “TIVRE Patin[®]” para el patinaje de velocidad se ha encontrado una correlación significativa entre la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT₂) determinada en el test de laboratorio continuo L6, y la correspondiente a la determinada indirectamente a través de la deflexión del comportamiento progresivo de las frecuencias cardiacas máximas de cada periodo en el test de campo interválico (C3) (r=0,84; p<0,01) (Figura 110), cursando con valores medios de 175,87±1,90 ppm y de 175,93±1,45 ppm.

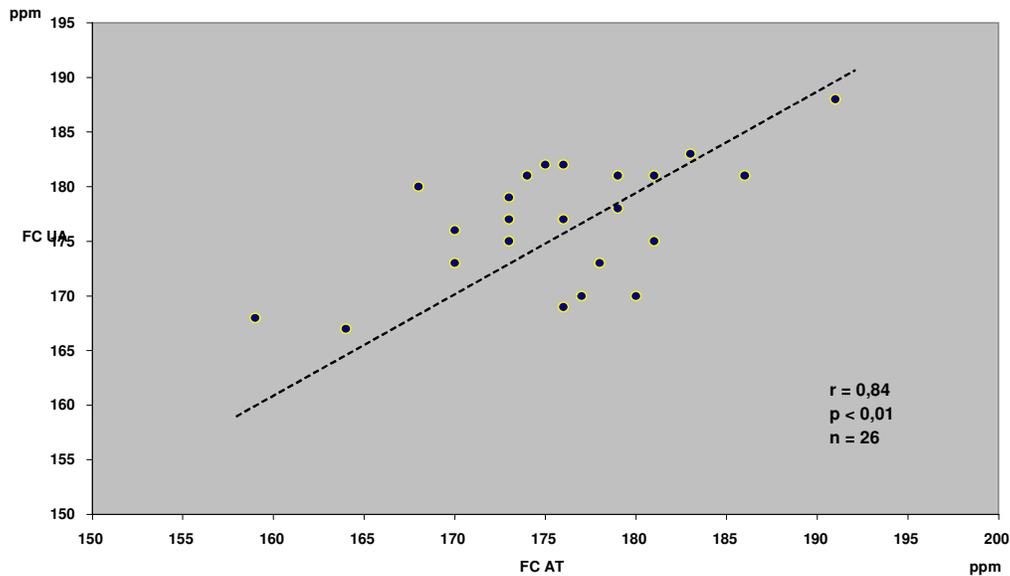


Figura 110. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por método ventilatorio (FC VT2) como a través de su deflexión (FC UA) en el test de campo interválico (C3) en patinadores hombres.

Igual de relevante ha sido encontrar de igual manera una correlación significativa y alta durante la realización del test de campo interválico (C3) entre la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) y la determinada en el mismo test indirectamente a través de la deflexión de su comportamiento progresivo (FC UA) en el transcurso del test de campo interválico ($r=0,89$; $p<0,05$) (cursando con frecuencias cardiacas de $177,14\pm 1,90$ ppm y $177\pm 1,92$ ppm, respectivamente en el mismo test), al igual que ocurre con sus porcentajes respecto de la frecuencia cardiaca máxima ($r=0,88$; $p<0,05$) (Figura 111) (valores medios de $91,18\pm 0,98$ % y $91,11\pm 1,05$ %, respectivamente en el mismo test de campo interválico C3).

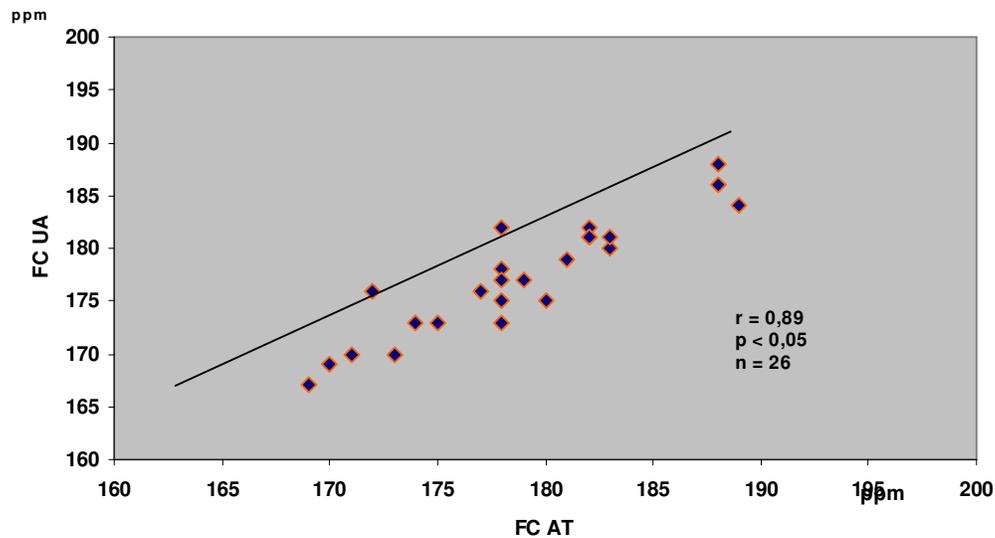


Figura 111. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por método ventilatorio (FC VT2) como a través de su deflexión (FC UA) en el test de campo interválico (C3) en patinadores hombres.

4.3.2.2 Resultados Test de Laboratorio Continuo (L6) y Test de Campo Interválico (C3) en Patinadoras

En las patinadoras los valores máximos alcanzados en los test ergoespirométricos de laboratorio continuo L6 y de campo interválico C3 se muestran en la Tabla 62, no apreciándose en ellas tampoco diferencias significativas en la frecuencia cardiaca máxima (que llegan al 95% y 97% de la frecuencia cardiaca máxima teórica por ser test en cicloergómetro y en patín), ni el cociente respiratorio máximo ni en la ventilación máxima alcanzada, pero sí, de nuevo como es lógico por el distinto protocolo de ambos test, diferencias significativas en el tiempo total de duración del test (T total), muy significativamente superior en el test de campo interválico C3. Tampoco muestra los valores de consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx) diferentes, aunque tiende a ser un 3% menor en el test de laboratorio continuo (L6).

VALORES MAXIMOS	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
T total	556,11 ± 24,35	2368,33 ± 87,81	325,87	***
VO ₂ máx.	52,69 ± 2,17	54,37 ± 1,59	3,19	**
FC máx.	191,67 ± 2,42	194,44 ± 1,95	1,45	n.s.
VE máx.	95,63 ± 5,71	91,71 ± 3,53	-4,10	n.s.
RQ máx.	1,12 ± 0,02	1,14 ± 0,01	1,79	n.s.

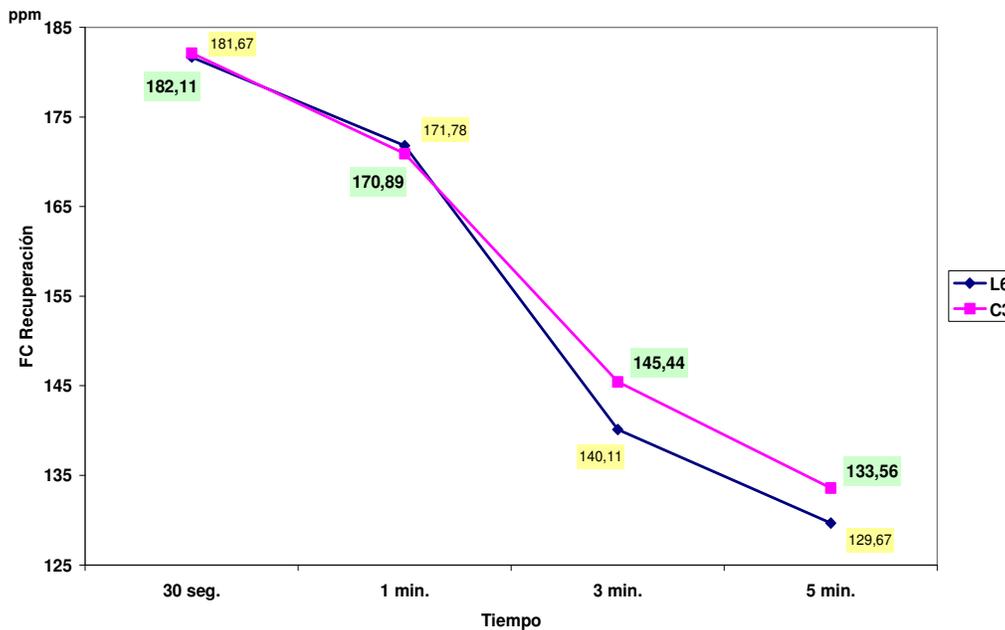
Tabla 62. Valores máximos alcanzados en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en patinadoras (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: **= $p \leq 0,01$; ***= $p < 0,001$; y n.s. = no significativo.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test de laboratorio continuo L6 y en el test de campo interválico C3 realizados por las patinadoras con análisis ergoespirométrico de gases mediante el equipo Metamax II y portando un pulsómetro para identificar la posible deflexión en la progresión de su frecuencia cardiaca se muestran en la Tabla 63. En ella no se observan diferencias significativas en cociente respiratorio al que se identifica dicha intensidad umbral, ni en valores absolutos ni porcentuales respecto a su máximo, ni tampoco en el consumo de oxígeno correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (VO₂ VT2) ni en valores porcentuales respecto al VO₂máx alcanzado (VO₂ VT2 %). También se muestra que la ventilación correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio también es significativamente mayor en el test de campo interválico, tanto en valores absolutos (un 13%) como en valores porcentuales respecto a su ventilación máxima alcanzada (un 18%).

En cuanto a la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico ventilatorio (FC VT2) se muestra un 3,7% significativamente mayor en el test de campo interválico C3, si bien no se aprecian estas diferencias en valores porcentuales respecto a su valor máximo (ya que la frecuencia cardiaca máxima alcanzada tiende a ser mayor en este test).

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
VO ₂ VT2	41,78 ± 1,98	43,24 ± 1,80	1,10	n.s.
VO ₂ VT2 %	79,28 ± 1,69	79,52 ± 2	0,31	n.s.
FC VT2	174,17 ± 2,77	180,67 ± 2,17	3,73	**
FC VT2 %	91,77 ± 0,58	93,36 ± 0,59	1,73	n.s.
VE VT2	59,33 ± 2,46	67,26 ± 2,34	13,37	*
VE VT2 %	62,47 ± 1,85	74,02 ± 4,36	18,49	**
RQ VT2	0,96 ± 0,008	0,97 ± 0,01	1,04	n.s.
RQ VT2%	85,66 ± 1,65	85,06 ± 2,02	-0,70	n.s.
FC VT2 – FC UA	175,67 ± 2,53	177,78 ± 2,19	1,20	n.s.
FC VT2% - FC UA%	91,66 ± 0,75	91,42 ± 0,53	-0,26	n.s.

Tabla 63. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico en los test máximos y progresivos tanto continuo en laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en las patinadoras (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = p < 0,05; ** = p < 0,01; y n.s. = no significativo.



FC de recuperación	Test de laboratorio continuo (L6)	Test de campo interválico (C3)	Diferencia %	"p"
% a 30 s	4,82 ± 0,39	5,96 ± 0,62	23,65	n.s.
% a 1 min.	10,02 ± 0,72	11,80 ± 1,47	17,76	n.s.
% a 3 min	26,63 ± 1,32	24,92 ± 2,27	-6,42	n.s.
% a 5 min	32,06 ± 1,63	30,99 ± 2,24	-3,34	n.s.

Figura 112. Frecuencia cardiaca de recuperación en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en las patinadoras (n=14). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: n.s.=no significativas.

La frecuencia cardiaca de recuperación monitorizada tras finalizar los respectivos test durante 5 minutos se muestra en la Figura 112 observándose que no hay diferencias significativas durante este tiempo en los valores de frecuencia cardiaca ni en sus porcentajes de recuperación respecto de la frecuencia cardiaca final del esfuerzo.

En esta fase final de la investigación hemos observado en las patinadoras correlaciones significativas en valores máximos, como el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{máx}$) ($r=0,98$, $p<0,001$) (Figura 113), o en valores en el umbral anaeróbico como en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio (FC-VT2) en el test de laboratorio L6 con la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico (FC-UA), en el test de campo C3 ($r=0,75$, $p<0,05$) (Figura 114), al igual que en su porcentaje respecto a su valor máximo tanto en el test de laboratorio L6 (FC VT2 %) como en el test de campo interválico C3 (FC UA %) ($r=0,64$; $p<0,05$).

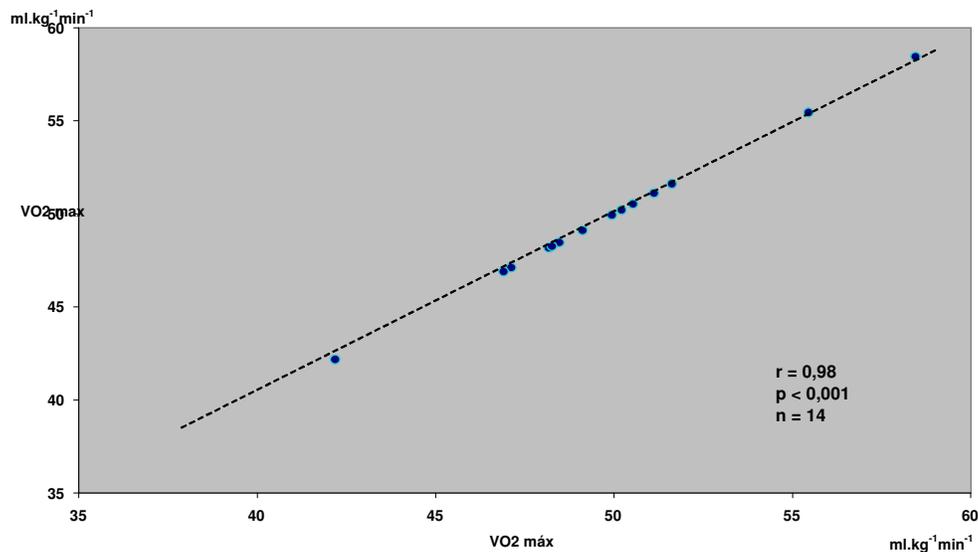


Figura 113. Correlación entre el consumo de oxígeno máximo ($VO_2\text{máx}$) alcanzado en los test máximos y progresivos tanto continuo de laboratorio (L6) como de campo interválico (C3) en las patinadoras.

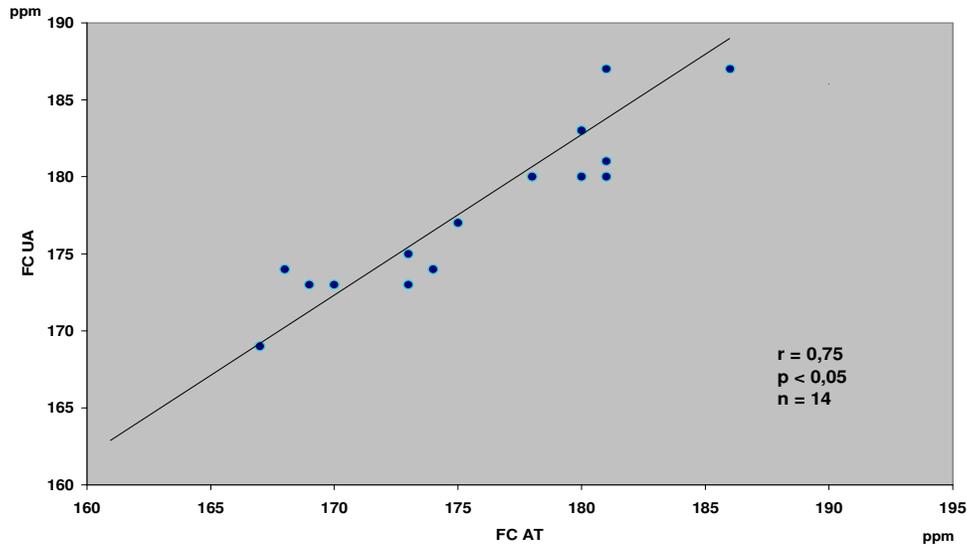


Figura 114. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico identificada por método ventilatorio (FC VT2) en el test continuo de laboratorio (L6) como por deflexión en su comportamiento en test de campo interválico (C3) en las patinadoras.

Y en el propio test de campo interválico C3 se ha observado una relevante correlación para la validarlo como test que puede determinar el umbral anaeróbico a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de las frecuencias cardíacas máximas de cada intervalo o periodo de esfuerzo en el mismo, de la misma, ($r=0,82$, $p<0,05$) (Figura 115) entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por metodología ventilatoria (FC VT2) y por deflexión de su comportamiento progresivo en el pulsómetro (FC UA) en el propio test de campo interválico C3 (valores medios de $180,67\pm 2,71$ ppm y de $177,67\pm 2,77$ ppm, respectivamente).

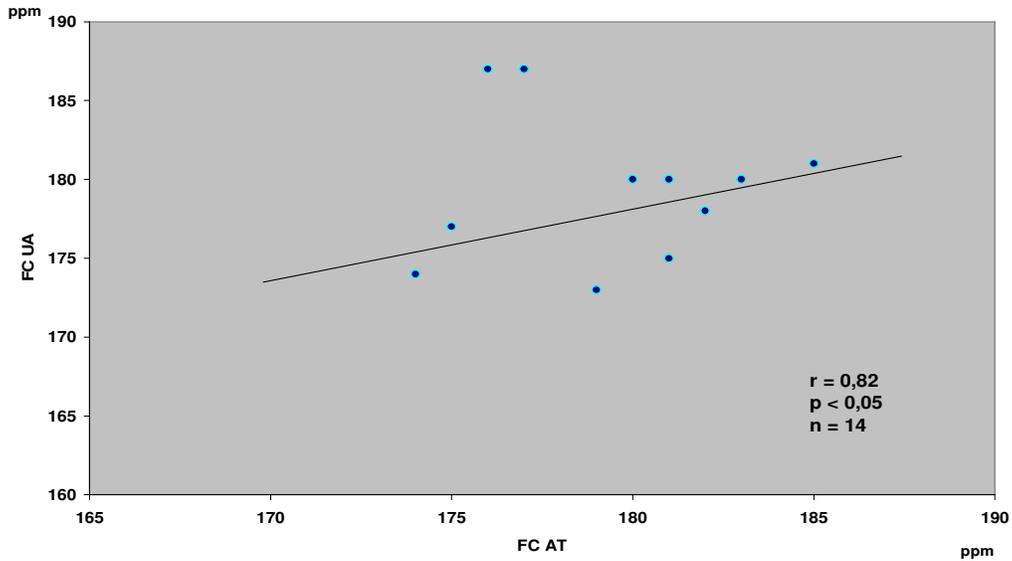


Figura 115. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por método ventilatorio (FC VT2) como a través de su deflexión (FC UA) en el test de campo interválico (C3) en patinadoras.

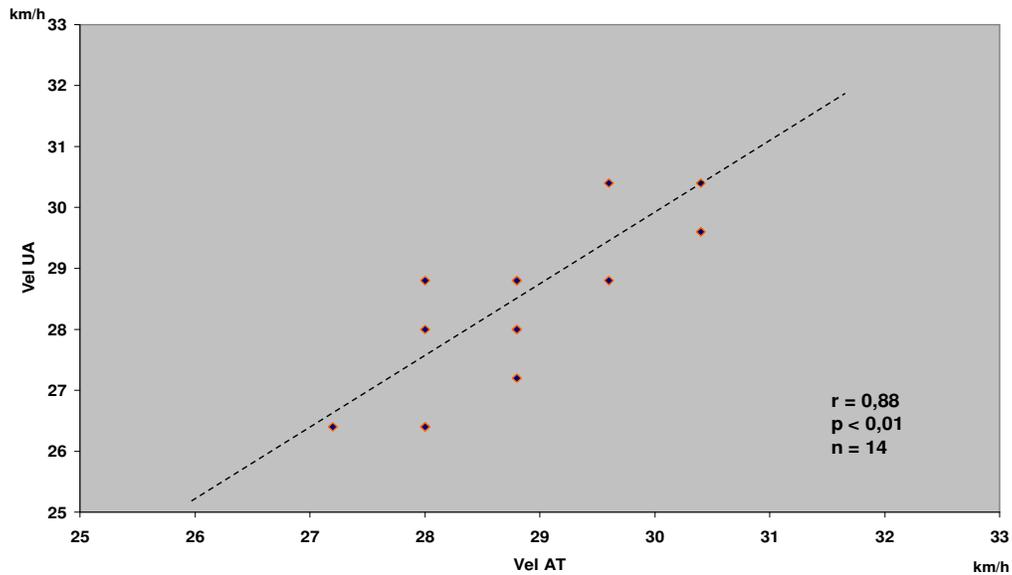


Figura 116. Correlación entre la velocidad de carrera correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico cuando se identifica por método ventilatorio (FC VT2) como a través de su deflexión (FC UA) en el test de campo interválico (C3) en patinadoras.

En él, igualmente las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico así determinado (tanto ventilatoriamente (Vel VT2) como por medio de su deflexión (Vel UA), también presentan una significativa y alta correlación ($r=0,88$, $p<0,001$) (valores medios de $28,93\pm 0,38$ km/h y de $27,73\pm 0,53$ km/h, respectivamente) en el test de campo interválico C3 (Figura 116).

4.3.3 Resultados Test de Campo Interválico (C3 y C4) en Patinadores

En esta fase final también se volvió a repetir el test de campo interválico C3 a 15 patinadores de género masculino pero trascurridas 10 semanas de entrenamiento en el macrociclo competitivo (test de campo interválico C4), con el objeto de analizar a través de él la adaptación y evolución de las variables tanto de carácter máximo como en la intensidad umbral anaeróbico, habida cuenta de que se realizó bajo monitorización con pulsómetros (Polar 610) y ergoerpirometría ventilatoria (analizador de gases Metamax II).

En la Tabla 64 se muestran los valores máximos encontrados en el mismo test de campo C3 cuando se repite 10 semanas después (C4), observándose que no difiere ni en la frecuencia cardiaca máxima alcanzada (en torno al 96% de la FC máxima teórica) ni en el tiempo de duración en el mismo (aunque es algo mayor en el test de campo interválico (C4), pero encontrando una que tras las 10 semanas se recorren un 5.4% significativamente una mayor distancia total (D total) en el test, alcanzando también una significativa mayor velocidad de patinaje (un 2,3%) (Figura 117).

VALORES MAXIMOS	Test de campo interválico C3	Test de campo interválico C4	Diferencia %	"p"
T total	2640,50 ± 49,19	2689,50 ± 68,78	1,86	n.s.
D total.	14025 ± 328,90	14780 ± 414,67	5,38	**
FC máx.	195,30 ± 1,31	194,50 ± 1,39	-1,43	n.s.
Vel. máx.	34,16 ± 0,31	34,96 ± 0,41	2,34	**

Tabla 64. Valores máximos alcanzados en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=15). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; n.s. = no significativas.

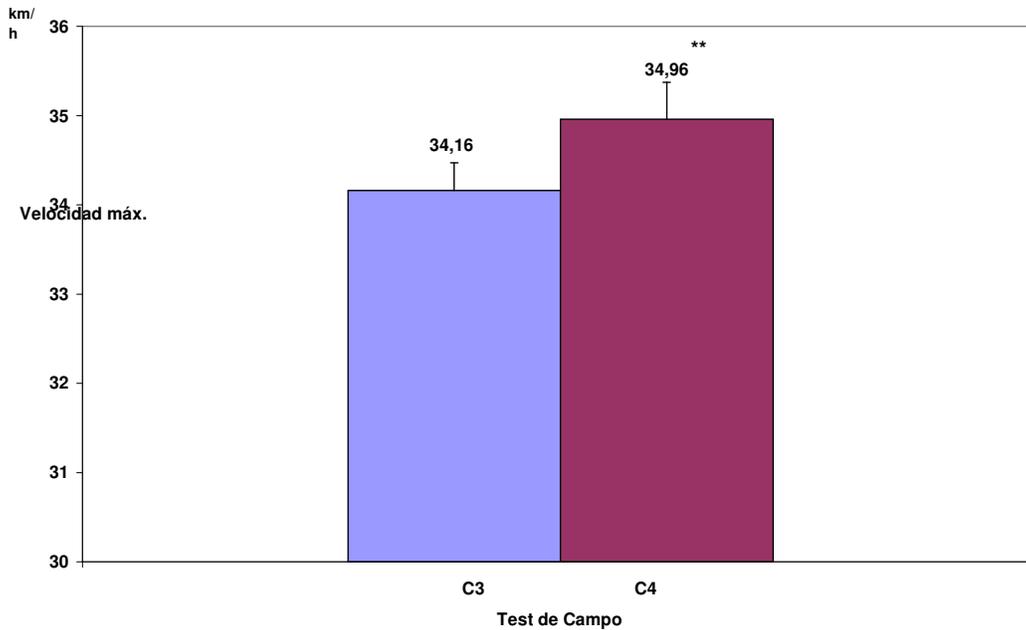


Figura 117. Velocidad máxima (Vel máx.) alcanzada en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación precompetitiva de los patinadores (n=15). Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: **= $p < 0,01$.

Los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico, tanto por metodología ventilatoria en el test C3 como indirectamente a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de sus frecuencias cardíacas máximas de cada periodo en el test de campo C3 y C4 se muestran en la Tabla 65. En ella se observa que la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico ventilatorio en el test de campo C3 (FC VT2) es apenas un 1,3% significativamente mayor que la frecuencia cardíaca del umbral anaeróbico en el test de campo interválico C4 (FC UA), pero sin que sus porcentajes respecto a las frecuencias cardíacas máximas alcanzadas presenten diferencias significativas, posiblemente relacionado con la menor frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el test de campo interválico C4.

VALORES EN EL UMBRAL ANAEROBICO	Test de campo interválico C3	Test de campo interválico C4	Diferencia %	"p"
FC VT2 - FC UA	176,13 ± 1,69	173,80 ± 2,21	-1,32	*
FC VT2% - FC UA%	90,62 ± 0,88	90,28 ± 0,88	-0,38	n.s.
Vel VT2 - Vel UA	30,50 ± 0,28	30,80 ± 0,36	0,98	n.s.
Vel VT% -Vel UA %	88,42 ± 0,83	88,11 ± 0,52	-0,35	n.s.
FC UA	176 ± 1,62	173,80 ± 2,21	-1,25	*
FC UA %	90,13 ± 0,84	90,28 ± 0,88	0,17	n.s.
Vel. UA	30 ± 0,32	30,80 ± 0,36	2,67	*
Vel. UA %	87,82 ± 0,56	88,11 ± 0,52	0,33	n.s.

Tabla 65. Valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico por metodología ventilatoria (VT2) o por deflexión en el comportamiento progresivo de su frecuencia cardiaca (UA) en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación precompetitiva de los patinadores (n=15). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$; n.s. = no significativas.

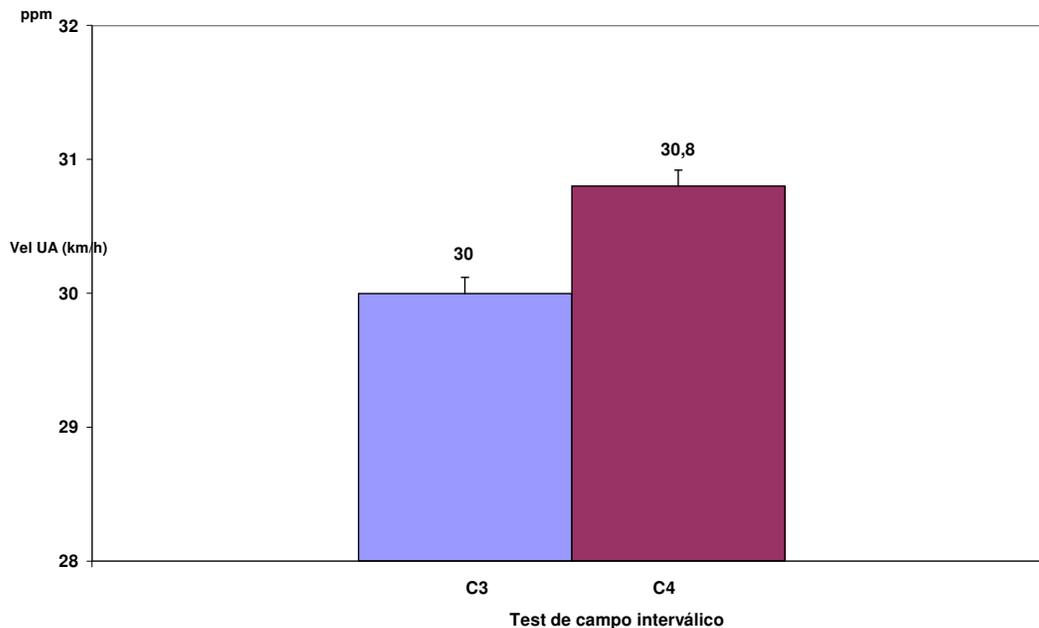


Figura 118. Velocidad de carrera correspondiente al umbral anaeróbico (Vel UA) en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación precompetitiva de los patinadores (n=15). Valores medios ± EEM.

Igualmente se presentan diferencias significativas en la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral anaeróbico identificado mediante la deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca (FC UA) en los test de campo interválico C3 y C4, un 1,3% menor tras las 10 semanas

de entrenamiento, pero acompañada de una mejora, aunque no significativa, en la velocidad de carrera (Vel UA) a la que se corresponde dicha frecuencia cardiaca e intensidad umbral anaeróbico (velocidades medias de $30 \pm 0,32$ km/h y $30,80 \pm 0,36$ km/h, respectivamente (Figura 118).

La frecuencia cardiaca máxima alcanzada en cada uno de los periodos o intervalos de esfuerzo que conforma el test de campo interválico, tanto antes (C3) como después de las 10 semanas de entrenamiento en macrociclo competitivo (C4) se muestran en la Tabla 66, apreciándose en ella que ya desde el periodo 2 la frecuencia cardiaca máxima de cada periodo es en torno al 4% y 7,5% significativamente menor en todos los periodos tras las 10 semanas de entrenamiento precompetitivo de los patinadores (test de campo C4) salvo en el periodo final, en el cual ya no difiere la frecuencia cardiaca máxima alcanzada.

FC máxima periodo	n	Test de campo interválico C3	n	Test de campo interválico C4	Diferencia %	"p"
FC p2	15	128,50 ± 3,26	15	121,60 ± 2,66	-5,37	**
FC p3	15	131,40 ± 3,40	15	124,70 ± 2,71	-5,10	**
FC p4	15	136,40 ± 3,29	15	127,70 ± 2,76	-6,38	***
FC p5	15	141,20 ± 3,14	15	131 ± 3,18	-7,22	***
FC p6	15	144,50 ± 3,19	15	134,30 ± 3,35	-7,06	***
FC p7	15	148,90 ± 3,06	15	137,80 ± 3,42	-7,45	***
FC p8	15	152,90 ± 3,27	15	141,80 ± 3,49	-7,26	***
FC p9	15	157,10 ± 3,17	15	146,50 ± 3,81	-6,75	***
FC p10	15	160,40 ± 3,03	15	151,80 ± 3,94	-5,36	***
FC p11	15	164,60 ± 2,98	15	155,40 ± 4,17	-5,59	***
FC p12	15	168,60 ± 2,63	15	159,50 ± 4,60	-5,40	***
FC p13	15	174,20 ± 2,62	15	165,20 ± 4,93	-5,17	**
FC p14	15	176,90 ± 2,51	15	169,20 ± 4,58	-4,35	*
FC p15	15	180,90 ± 2,59	15	173,50 ± 3,99	-4,09	**
FC p16	13	183,80 ± 2,78	14	177,70 ± 3,90	-3,32	**
FC p17	8	187,90 ± 2,72	8	181,60 ± 3,46	-3,35	**
FC p18	8	189 ± 2,87	7	182,88 ± 3,84	-3,24	*
FC p19	3	189,33 ± 1,89	4	184,33 ± 4,74	-2,64	n.s.

Tabla 66. Frecuencia cardiaca máxima de cada período (p) en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=número de patinadores). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$; **= $p \leq 0,001$; ***= $p \leq 0,0001$; n.s. = no significativas.

Y en la Tabla 67 se muestran la frecuencia cardiaca mínima alcanzadas tras la recuperación de cada uno de los períodos o intervalos de esfuerzos realizados en el test de campo interválico antes (C3) o tras las 10 semanas de entrenamiento en macrociclo precompetitivo (C4), apreciándose igualmente que hay diferencias significativas en todos los períodos, siendo las frecuencias cardiacas menores (en torno al 4,5% y 9,5%) para cada periodo, lo que denota una mejor recuperación para dicha intensidad de esfuerzo en el test de campo C4.

FC mínima periodo	n	Test de campo interválico C3	n	Test de campo interválico C4	Diferencia %	"p"
FC p2	15	114 ± 4,06	15	107,60 ± 3,07	-5,61	*
FC p3	15	119,10 ± 4,55	15	108,70 ± 3,60	-8,73	***
FC p4	15	123,30 ± 3,25	15	111,50 ± 3,68	-9,57	***
FC p5	15	126,10 ± 2,51	15	113,80 ± 3,42	-9,75	***
FC p6	15	126,10 ± 2,82	15	115,70 ± 3,38	-8,25	***
FC p7	15	132,30 ± 3,14	15	119,30 ± 3,77	-9,83	***
FC p8	15	132,30 ± 2,75	15	122,40 ± 3,77	-7,48	***
FC p9	15	136,60 ± 4,24	15	125,80 ± 4,43	-7,91	***
FC p10	15	142,50 ± 3,64	15	129,80 ± 4,27	-8,91	***
FC p11	15	146,90 ± 3,15	15	134,20 ± 4,85	-8,65	***
FC p12	15	151,50 ± 3,14	15	140,70 ± 5,35	-7,13	***
FC p13	15	155,70 ± 3,50	15	144,80 ± 5,46	-7	***
FC p14	15	160,50 ± 4,05	15	149,30 ± 5,89	-6,98	*
FC p15	15	167,40 ± 3,83	14	152,10 ± 6,23	-9,14	***
FC p16	12	169 ± 4,33	10	161,30 ± 4,85	-4,56	*
FC p17	8	175,38 ± 3,66	7	162,75 ± 4,43	-7,20	***
FC p18	5	173,33 ± 4,49	4	165,67 ± 5,19	-4,42	*

Tabla 67. Frecuencia cardiaca mínima en la recuperación de cada período (p) en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=numero de patinadores). Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: * = $p < 0,05$; **= $p \leq 0,001$; ***= $p \leq 0,001$.

En la Figura 119 se representa el registro de la frecuencia cardiaca monitorizada durante la realización del test de campo interválico TIVRE Patín antes (C3) y tras 10 semanas (C4) de entrenamiento en macrociclo precompetitivo, observándose que realizan hasta 19 periodos o intervalos de esfuerzo, lo cual representa un mayor número de puntos de referencia para poder trazar las rectas tangentes que los unan para poder identificar la

intensidad umbral anaeróbico mediante la detección de la deflexión en el comportamiento progresivo de las frecuencias cardíacas máximas de cada intervalo de esfuerzo. En ella también se aprecia como el test es sensible para observar como el comportamiento de la frecuencia cardíaca difiere significativamente (Tablas 66 y 67) tras las 10 semanas de entrenamiento, ya que el test de campo interválico C4 cursa valores menores de frecuencia cardíaca tanto máximas (hasta un 7,5%) como mínimas (hasta un 9,5%) en relación al test de campo C3, a modo de un desplazamiento del comportamiento en función de la velocidad de desplazamiento hacia abajo y a la derecha; es decir, a una misma intensidad de esfuerzo le corresponde una menor frecuencia cardíaca, o a una misma frecuencia cardíaca se desplaza a una mayor velocidad de desplazamiento.

Esto conlleva que la determinación de la intensidad umbral anaeróbico (UA) a través de identificar la deflexión de su frecuencia cardíaca en relación a la velocidad de carrera (Vel.) es significativamente mayor en tras las 10 semanas de entrenamiento, ya que corresponde a una mayor velocidad de desplazamiento y a una significativa menor frecuencia cardíaca. En el test de campo C3 se identifica la intensidad umbral anaeróbico (Figura 119) a una frecuencia cardíaca de $176 \pm 1,62$ ppm ($90,13 \pm 0,84\%$ de la FC máxima) y una velocidad de carrera de $30,0$ km/h ($87,82 \pm 0,56\%$ de la velocidad máxima), es decir $23,68$ segundos por vuelta en esta velocidad umbral y estando en un período 14 para este test de campo. En cambio, en el test de campo C4 se identificó la intensidad umbral anaeróbico a una FC de $173,80 \pm 2,21$ ppm ($90,28\%$ de la FC máxima) y una velocidad de carrera de $30,8 \pm 0,36$ km/h ($88,11 \pm 0,52\%$ de la velocidad máxima), es decir un tiempo por vuelta en este umbral de $23,22$ segundos, estando en un período 15 de este test de campo. En este grupo de patinadores se alcanzó una media de 17 periodos completos en los respectivos test.

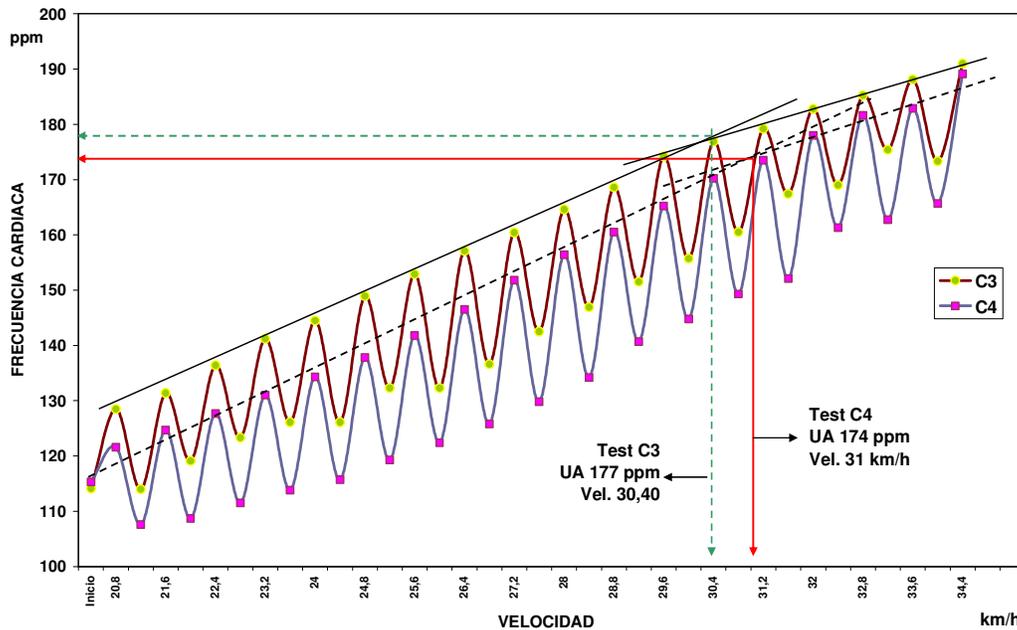


Figura 119. Frecuencia cardíaca (FC) y velocidad de carrera (Vel) en cada periodo o intervalo de esfuerzo en el test de campo intervalario C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=15). Valores medios y rectas tangentes para identificar la intensidad umbral anaeróbico (UA).

En la Tabla 68 se muestran los porcentajes de recuperación de la frecuencia cardíaca correspondientes a las pausas de 45 s que cada periodo dispone antes de iniciar el siguiente periodo o intervalo de esfuerzo. En ella se aprecia que los porcentajes de recuperación de la frecuencia cardíaca son mayores y mejores tras las 10 semanas de entrenamiento (test C4), ya que en todos son menores los porcentajes de recuperación, con una tendencia entre el 1 y el 15%, pero muchos de ellos de forma significativa (un 20% y 43%).

En la Figura 120 se muestran los porcentajes de recuperación de cada período en cada uno de los test de campo intervalario TIVRE Patín C3 y C4, observándose una tendencia a que a partir del período 9 empieza disminuir este porcentaje de recuperación para el test de campo intervalario C3, mientras que para el test de campo intervalario C4 empieza a disminuir este porcentaje a partir del período 10. También se observa a partir del periodo correspondiente al umbral anaeróbico, que para el test de campo C3 es el período 14 y para el test de campo C4 es el período 15, los porcentajes de recuperación medios de los periodos pre y post umbral son significativamente menores.

FC de recuperación en periodos	Test de campo interválico C3	Test de campo interválico C4	Diferencia %	"p"
FC p2 %	11,45 ± 1,26	11,56 ± 1,29	0,95	n.s.
FC p3 %	9,55 ± 1,76	12,90 ± 1,77	26,07	*
FC p4 %	9,54 ± 1,31	12,68 ± 2,08	25,91	*
FC p5 %	10,61 ± 0,92	13,10 ± 1,60	19,07	*
FC p6 %	12,62 ± 1,42	13,79 ± 1,55	8,51	n.s.
FC p7 %	11,12 ± 1,18	13,40 ± 1,70	18,50	*
FC p8 %	13,35 ± 1,38	13,68 ± 1,49	2,47	n.s.
FC p9 %	13,09 ± 1,81	14,11 ± 2,03	7,39	n.s.
FC p10 %	11,21 ± 1,20	14,53 ± 1,52	22,72	*
FC p11 %	10,73 ± 1,13	13,69 ± 1,74	23,59	*
FC p12 %	10,11 ± 1,38	11,89 ± 1,58	15,09	n.s.
FC p13 %	10,67 ± 1,08	12,40 ± 1,65	14,06	n.s.
FC p14 %	9,33 ± 1,50	11,92 ± 1,97	21,83	*
FC p15 %	7,51 ± 1,33	12,56 ± 2,24	40,21	***
FC p16 %	8,13 ± 1,41	9,32 ± 1,26	12,77	n.s.
FC p17 %	5,30 ± 1,13	9,34 ± 1,41	43,33	**
FC p18 %	6,87 ± 1,42	8,73 ± 1,30	21,41	*

Tabla 68. Porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca tras cada período o intervalo de esfuerzo en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=15). Diferencias significativas de * = p< 0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001 y n.s. = no significativa.

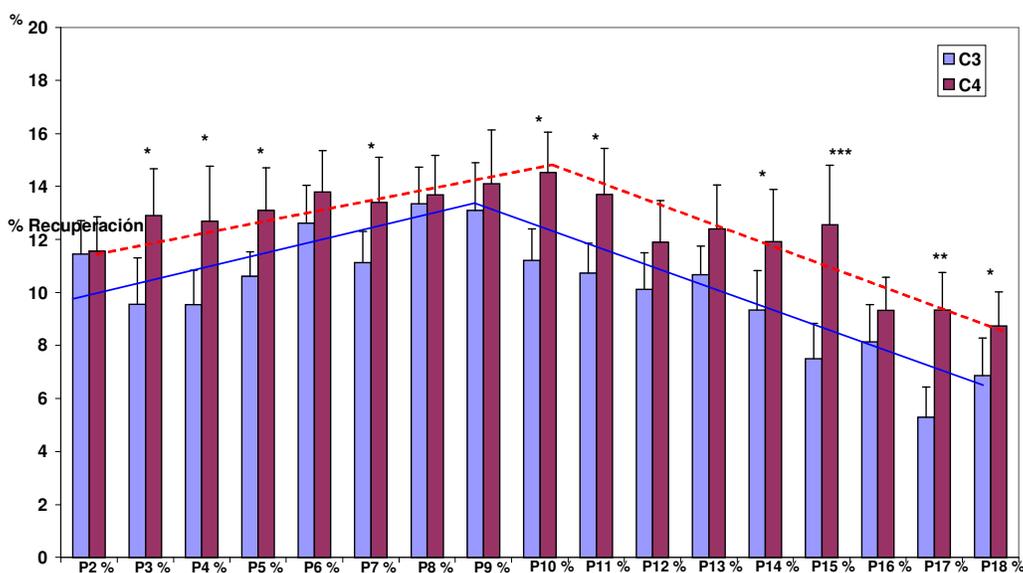
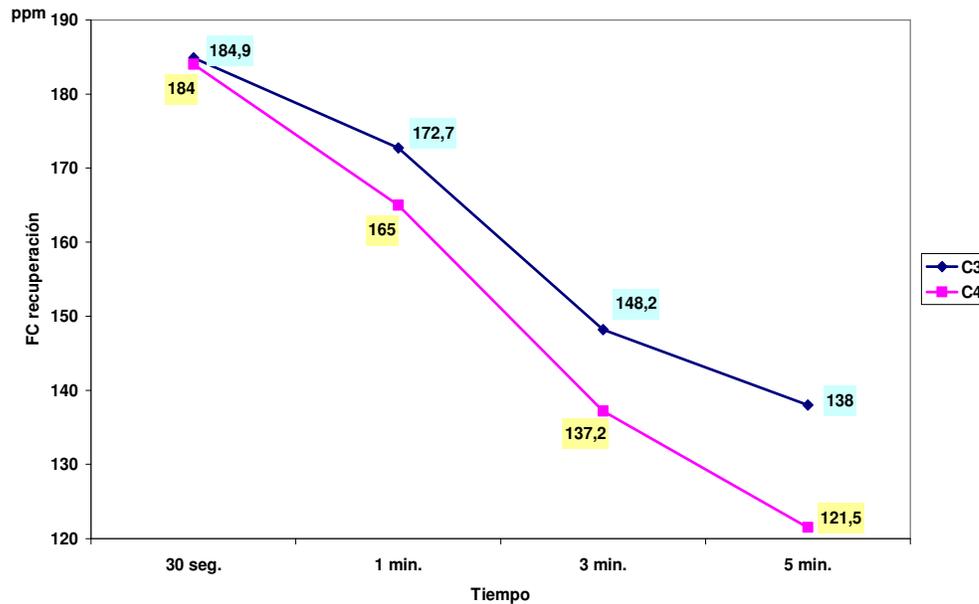


Figura 120. Porcentaje de recuperación de la frecuencia cardiaca tras cada período o intervalo de esfuerzo en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=15). Diferencias significativas entre periodos: * = p< 0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001 y n.s. = no significativa.

FC recuperación periodos (%)	Test de campo interválico C3	Test de campo interválico C4	"p" C3-C4
Pre-UA (%)	11,02 ± 1,52	13,01 ± 1,86	p<0,01
Post-UA (%)	6,95 ± 1,39	9,13 ± 1,34	p<0,001
"p" Pre-Post UA	p<0,001	p<0,001	

Tabla 69. Porcentaje medio de recuperación de la frecuencia cardiaca en los periodos antes de la intensidad umbral anaeróbico (Pre-UA) y después de la misma (Pst-UA) en el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=15) y nivel de significación ("p") entre test y entre el pre y post umbral anaeróbico de cada test.



FC de recuperación	Test de campo interválico C3	Test de campo interválico C4	Diferencia %	"p"
% a 30 s	5,04 ± 0,65	4,42 ± 0,52	-12,30	n.s.
% a 1 min	11,32 ± 1,78	14,28 ± 1,63	26,15	*
% a 3 min	23,84 ± 1,70	28,73 ± 2,22	20,51	**
% a 5 min	29,05 ± 1,85	36,88 ± 1,97	26,95	***

Figura 121. Frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 minutos de finalizar el test de campo interválico C3 y C4 tras 10 semanas de preparación competitiva de los patinadores (n=15). Diferencias significativas entre periodos: * = p< 0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001 y n.s. = no significativa

La frecuencia cardiaca de recuperación durante los 5 min tras finalizar los test es significativamente menor tras las 10 semanas de entrenamiento en macrociclo precompetitivo (es decir, en el test de campointerválico C4), (Figura 121) desde el primer minuto de recuperación, lo que conduce a que los porcentajes de recuperación sean del 26% significativamente menores.

Entre ambos test de campo interválico C3 y C4 distantes 10 semanas en su ejecución se encuentran correlaciones significativas entre valores máximos relevantes como la velocidad máxima alcanzada en el test (Vel máx) ($r=0,76$ y $p < 0,01$); o en valores correspondientes a la intensidad umbral anaeróbico como entre la frecuencia cardiaca en el umbral ventilatorio en el test de campo C3 (FC VT2) y la frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico en el test de campo C4 (FC UA), ($r = 0,78$, $p < 0,01$) o en sus correspondientes porcentajes en el umbral anaeróbico respecto de sus valores máximos ($r=0,81$, $p < 0,01$) (Figura 122).

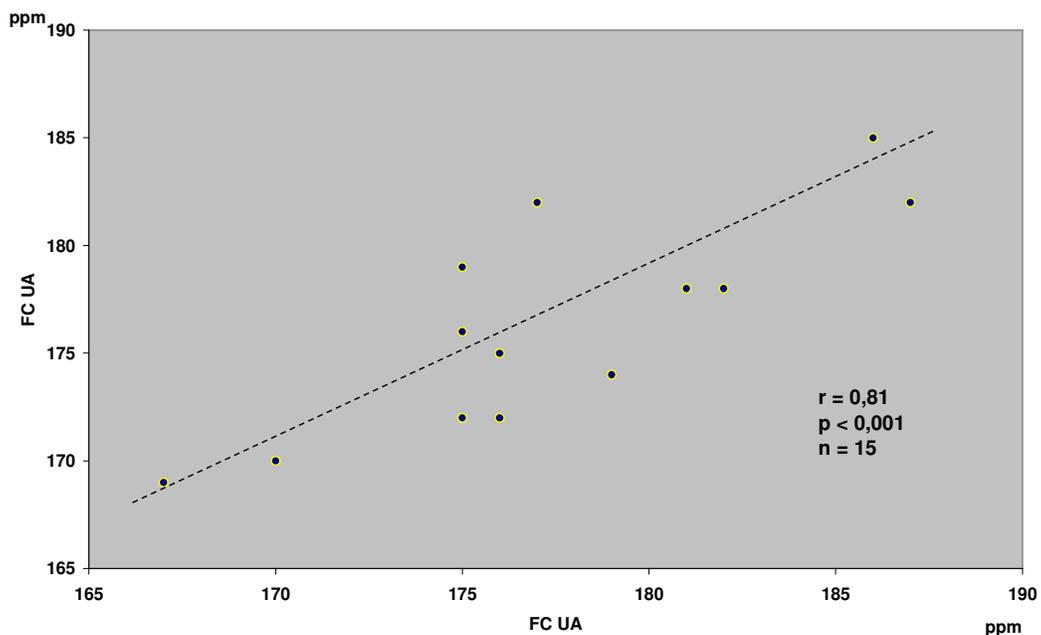


Figura 122. Correlación entre la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad el umbral anaeróbico (FC UA) determinado por deflexión en su comportamiento progresivo tanto en el test de campo interválico (C3) como cuando se repite 10 semanas después (C4).

4.3.3.1 Diferencias de género en los Test de la Fase Final o Decisiva de los patinadores

4.3.3.1.1 Respecto del test de campo continuo (K), que utiliza la metodología de Conconi adaptada al patinaje (monitorizando frecuencia cardiaca en función de la velocidad de carrera en el patinódromo), no se aprecian diferencias de género significativas en este test entre los patinadores en las variables máximas ni en las correspondientes al umbral anaeróbico (UA). En el transcurso del test de campo continuo (K) se observan diferencias de género significativas desde el inicio del test en la frecuencia cardiaca de esfuerzo hasta el periodo 8 (menor frecuencia en hombres), periodo a partir del cual ya se observan diferencias significativas, ni siquiera en la determinación de la intensidad umbral anaeróbico, con un valor medio de 182 ppm y velocidad de 27,4 km/h para los hombres y de FC de 182,5 ppm y velocidad de 27,2 km/h para las mujeres, apreciándose en el período 11 para ambos géneros. (Figura 123).

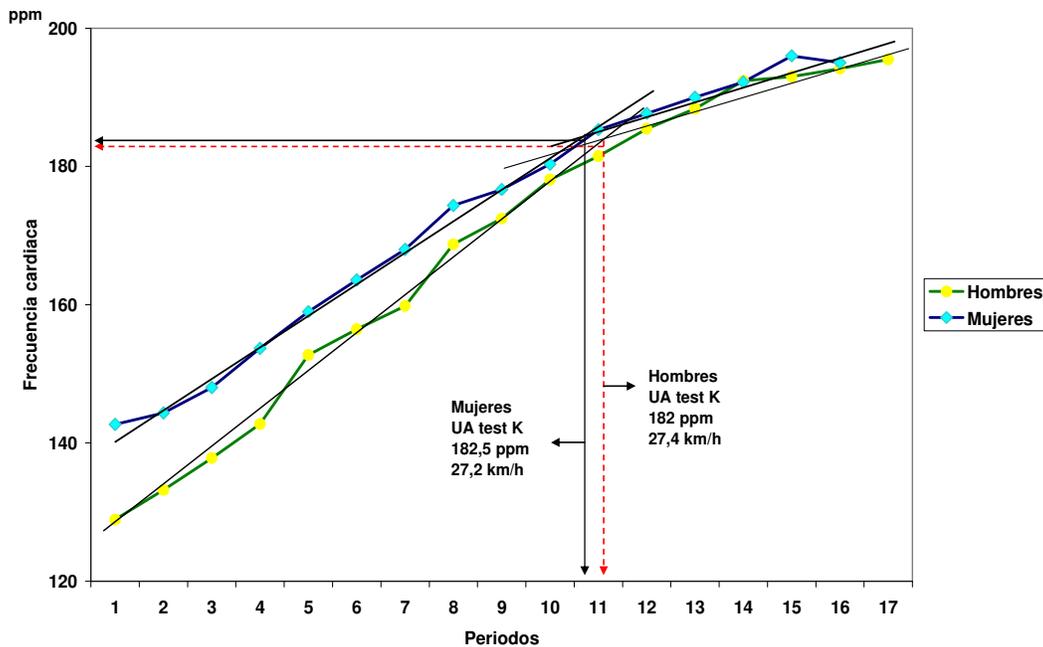


Figura 123. Frecuencia cardiaca en función de los periodos de esfuerzo realizados en el test de Conconi adaptado a patinadores (test de campo continuo K) en patinadores hombres y mujeres. Valores medios y rectas que identifican la intensidad la frecuencia cardiaca (ppm) y la velocidad (Km/h) en el umbral anaeróbico (UA)

Y con respecto a la frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar los test no se aprecian diferencias significativas de género a los 30 segundos y primer minuto de finalizado el test de campo continuo K, pero si a partir del minuto 3 y 5, siendo significativamente un 7% mejor recuperación en patinadores hombres (Figura 124).

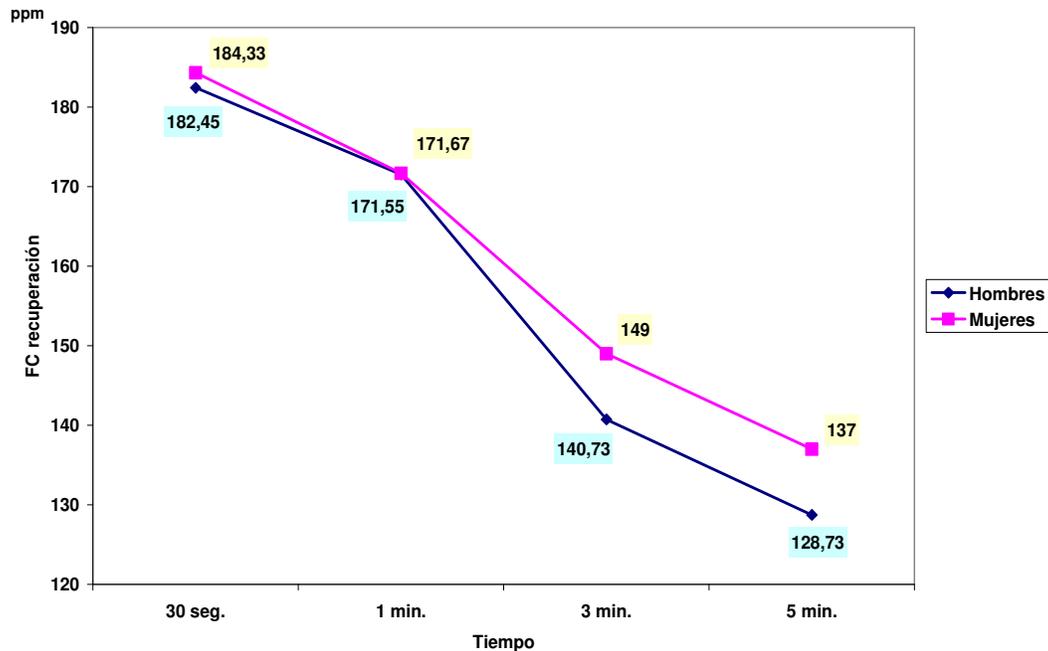


Figura 124. Diferencias de género en la frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar el test adaptado de Conconi (test continuo de campo K) en patinadores.

4.3.3.1.2 Respecto del test de laboratorio continuo y maximal (L6)

desarrollado en la fase final por los patinadores hombres y mujeres, se presentan diferencias significativas de género tanto en la carga máxima alcanzada ($W_{\text{máx}}$), un 23,45 % significativamente mayor en hombres (Figura 125), como en el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) expresados en términos relativos al peso corporal, que resulta un 28,86% significativamente mayor en hombres, en directa relación con los vatios movilizados (Figura 126); al igual que en la ventilación máxima ($VE_{\text{máx}}$), (valores medios de $153,65 \pm$

4,88 l.min⁻¹ para hombres y de 95,63 ± 5,71 l.min⁻¹ para las mujeres), que es un 37,76 % también mayor significativamente en patinadores hombres.

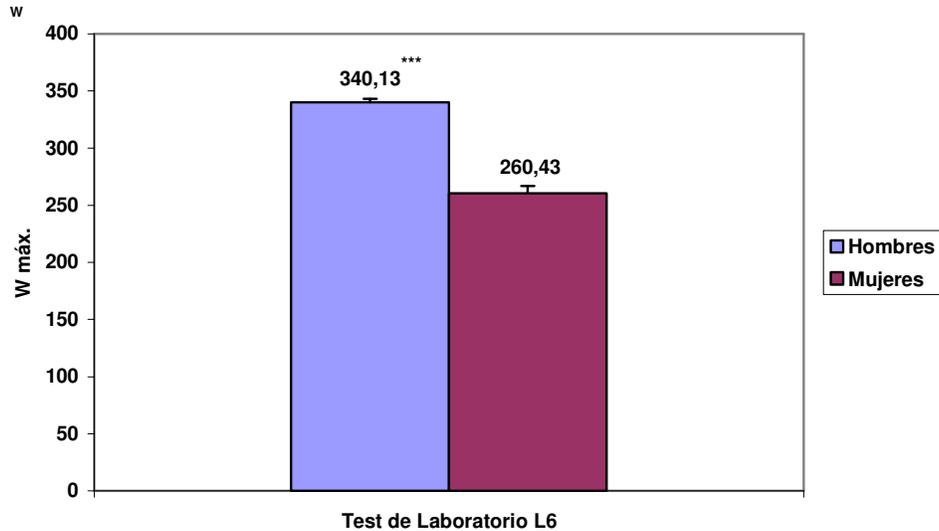


Figura 125. Diferencias de género en la carga máxima alcanzada (W máx.) en el test de laboratorio continuo y maximal L6. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$.

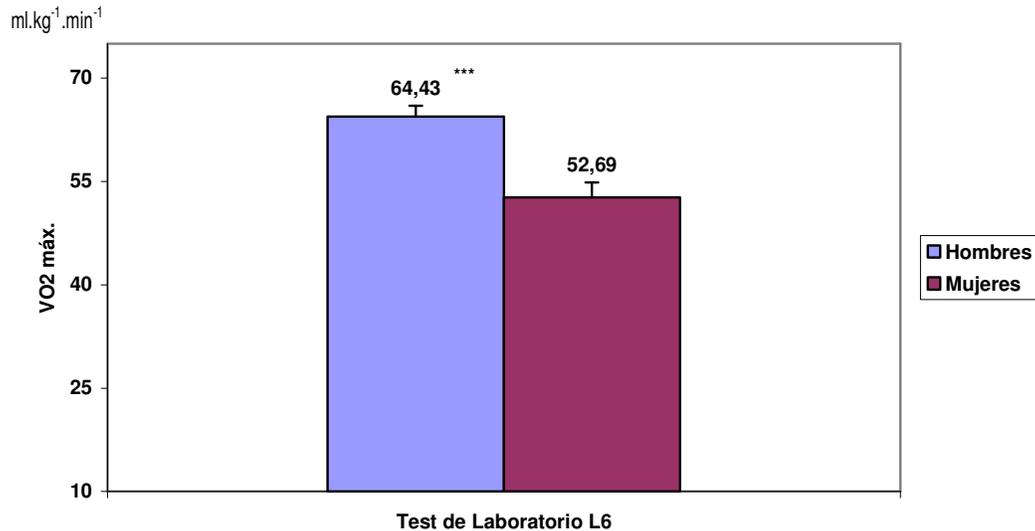


Figura 126. Diferencias de género en el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) alcanzado en el test de laboratorio continuo y maximal L6. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$.

Diferencias de género identificadas no sólo en valores máximos sino también en los correspondientes al umbral anaeróbico ventilatorio (VT2), que se identifica en función del tiempo de esfuerzo en el test un 37,80 % más tarde en hombres; es decir a una intensidad de esfuerzo un 25,44 % significativamente más alta. (Figura 127), correspondiendo a un consumo de oxígeno en el umbral ventilatorio (VO_2 VT2) también significativamente mayor (un 19,48%) en patinadores hombres, si bien en su respectivo porcentaje respecto de su valor máximo alcanzado (VO_2 VT2 %) no se aprecian diferencias significativas ($80,73\% \pm 0,94$ vs $79,28 \pm 1,69\%$, respectivamente). Diferencias significativas de género que son también un 36,05% mayor en hombres en la ventilación en el umbral anaeróbico (VE VT2) ($92,78 \pm 2,84$ l.min⁻¹ vs $59,33 \pm 2,46$ l.min⁻¹ respectivamente), si bien, de nuevo, no se aprecian en sus respectivos porcentajes respecto de la ventilación máxima alcanzada (VE VT2 %) ($60,58 \pm 1,35$ % vs $62,47 \pm 1,85$ %).

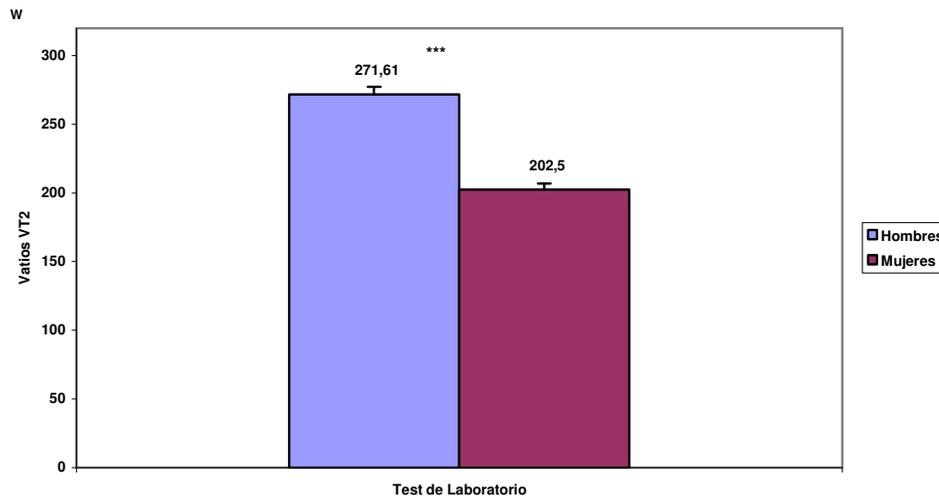


Figura 127. Diferencias de género en los vatios correspondientes a la intensidad umbral anaeróbico identificada en el test de laboratorio continuo y maximal L6. Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$.

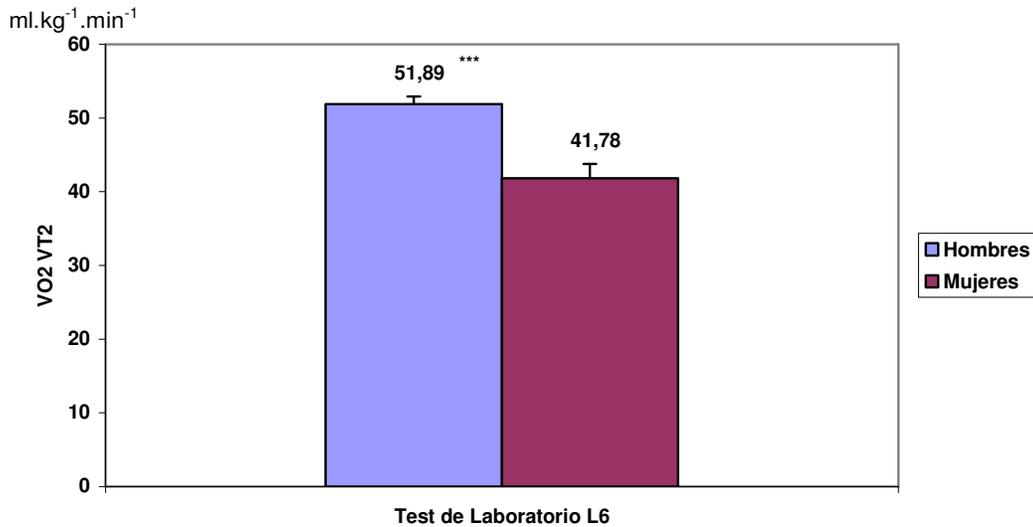


Figura 128. Diferencias de género en el consumo de oxígeno correspondientes a la intensidad umbral anaeróbico (VO2 VT2) identificado en el test de laboratorio continuo y maximal L6. Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$

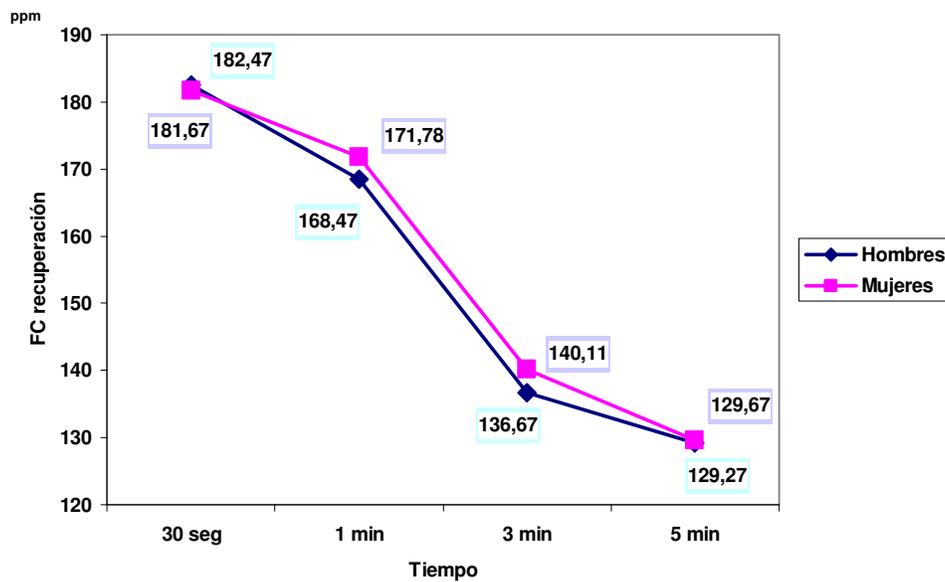


Figura 129. Diferencias de género en la frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar el test de laboratorio continuo y maximal L6 en patinadores.

En la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral ventilatorio (FC VT2), como en su respectivo porcentaje respecto de su valor máximo, no se encontraron diferencias significativas de género ($177,07 \pm 1,58$ ppm vs $174,17 \pm 2,77$ ppm) y ($90,89 \pm 0,58$ % vs $91,77 \pm 0,58$ %) respectivamente.

Tampoco se encuentran diferencias significativas de género en la frecuencia cardiaca de recuperación durante los 5 minutos tras finalizar el test (Figura 129), mostrando una ligera tendencia a ser mejor en patinadores hombres.

4.3.3.1.3 Respecto del test de campo interválico C3 (TIVRE Patín), se muestran diferencias significativas de género en el tiempo total de esfuerzo desarrollado (T total) en este test de campo, un 12,19% mayor en patinadores hombres ($2697 \pm 76,99$ s vs $2368,33 \pm 87,81$ s), y que se relaciona con que también recorren significativamente un 13,61% más metros en el test los patinadores hombres ($13868,09 \pm 410,36$ m vs $11980,33 \pm 1156,6$ m), de tal forma que la velocidad máxima (Vel máx.) alcanzada es significativamente un 6,38% mayor en patinadores hombres (Figura 130), llegando a completar más períodos en el test de campo. Ello se relaciona también con el mayor consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx) alcanzado en patinadores hombres (un 16,39% mayor) (Figura 131), al igual que es un 37,87% significativamente mayor la ventilación máxima alcanzada (VE máx).

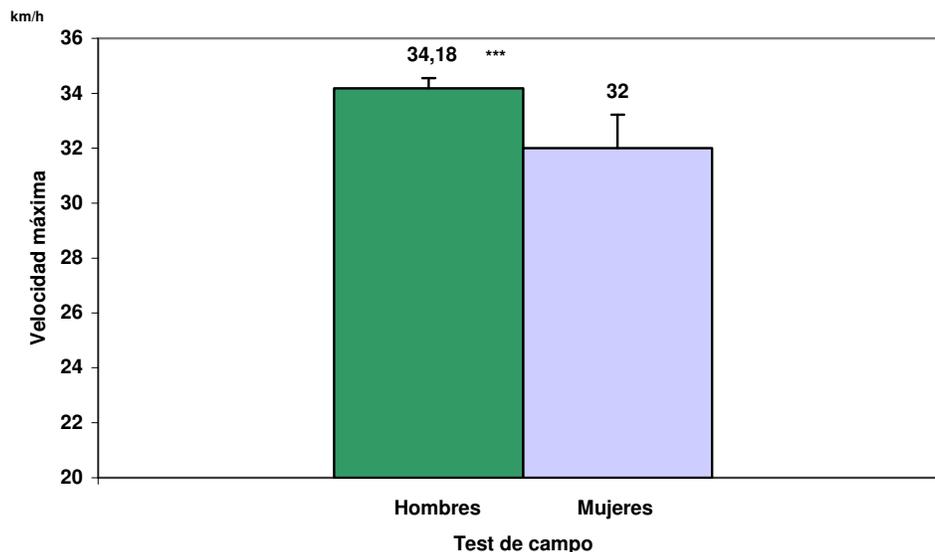


Figura 130. Diferencias de género en la velocidad máxima (Vel máx.) alcanzada en el test de campo interválico C3 (TIVRE Patín) en patinadores. Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$

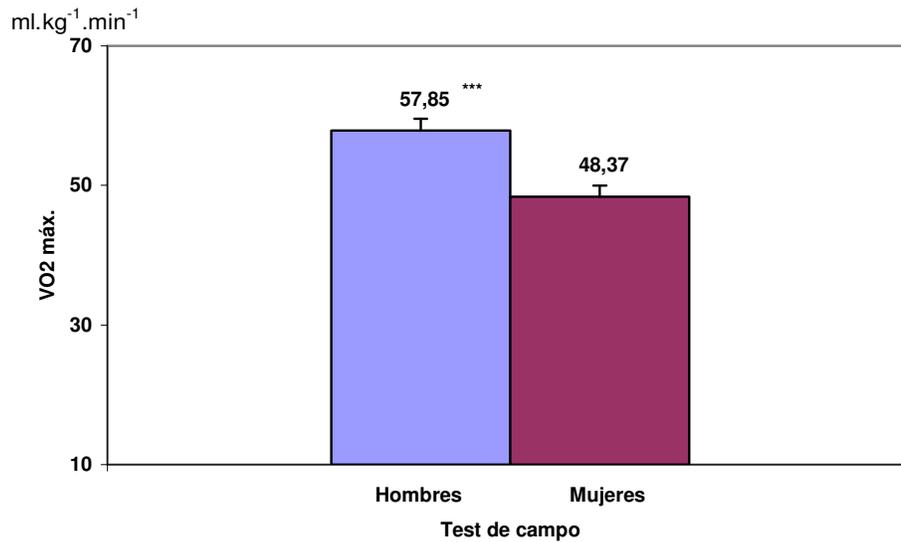


Figura 131. Diferencias de género en el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) alcanzado en el test de campo interválico C3 (TIVRE Patín) en patinadores. Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$

Valores máximos que también condicionan diferencias significativas de género en los valores correspondientes a la intensidad identificada como umbral anaeróbico, el cual corresponde a un consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico ventilatorio (VO₂ VT₂) de un 14,63% mayor en patinadores hombres ($49,48 \pm 1,69$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ vs de $42,24 \pm 1,80$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) y a una velocidad en el umbral anaeróbico ventilatorio (Vel VT₂) que es un 5,76% mayor también en patinadores hombres (Figura 132). Estas se acompañan también de las consecuentes diferencias significativas de género en la ventilación correspondiente al umbral anaeróbico (VE VT₂), así como en su respectivo porcentaje de sus valores máximos alcanzados (VE VT₂ %), siendo un 32,22% significativamente mayor en hombres ($99,25 \pm 3,43$ l.min⁻¹ vs $67,26 \pm 2,34$ l.min⁻¹) o un 9,82 % mayor en sus porcentajes respecto de la ventilación máxima (VE VT₂%) ($67,4 \pm 1,74$ % vs $74,02 \pm 4,36$ %) respectivamente.

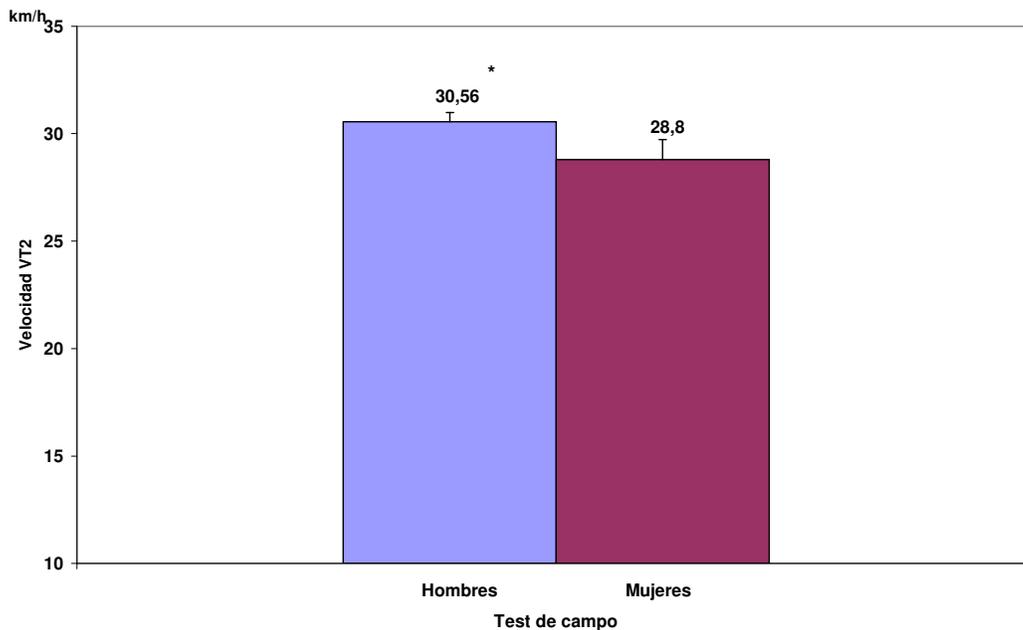


Figura 132. Diferencias de género en la velocidad de carrera correspondiente a la intensidad umbral anaeróbico identificada en el test de campo interválico C3 (TIVRE Patín) en patinadores. Valores medios \pm EEM. Diferencias significativas: *** = $p < 0,001$

La frecuencia cardiaca registrada durante todos los periodos realizados en el test de campo C3 (TIVRE Patin) muestra diferencias significativas de género en la frecuencia cardiaca máxima de cada período a partir del período 4 y hasta el período 15, mientras que en la frecuencia cardiaca mínima de cada período aparecen a partir del período 10 y hasta el periodo 16, siendo durante todo el test, y significativamente entre los periodos mencionados, significativamente mayor en las patinadoras (Figura 133). En ella también se puede observar como la identificación del umbral anaeróbico a través de la deflexión en el comportamiento progresivo de las frecuencias cardiacas máximas significativamente mayor en patinadores hombres, al cursar con frecuencias cardiacas en el umbral ventilatorio (FC VT2) de $178,29 \pm 1,33$ ppm en patinadores hombres y de $180,67 \pm 2,17$ ppm en patinadoras (1,4% mayor); con una velocidad de carrera en el umbral anaeróbico (Vel VT2) de $30,43 \pm 0,27$ km/h vs $28,90 \pm 0,41$ km/h (5,1% mayor), respectivamente para cada género.

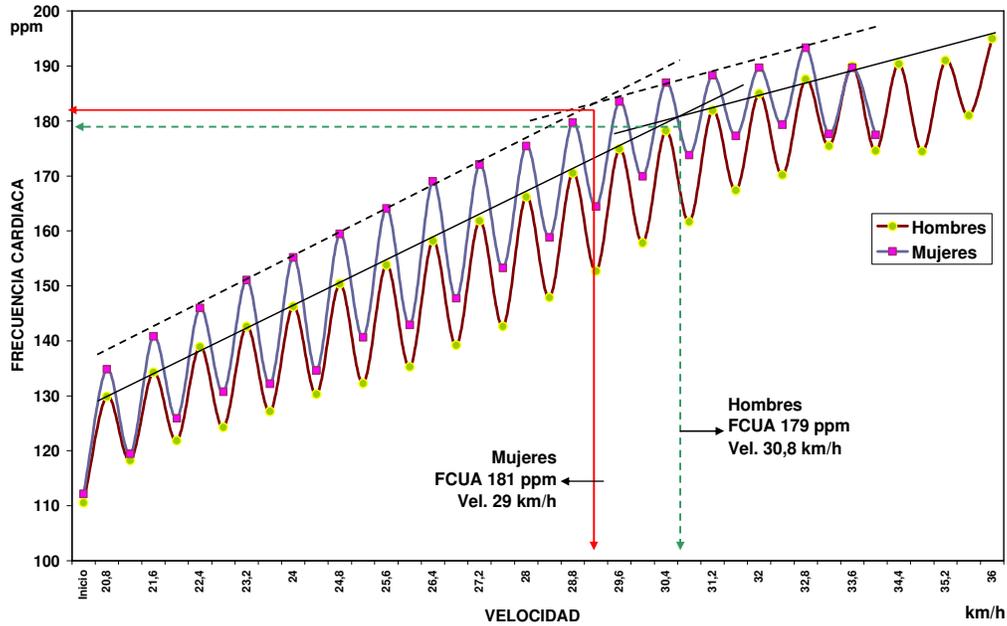


Figura 133. Frecuencia cardiaca en función de la velocidad de carrera en cada periodo de esfuerzo realizado en el test de campo interválico C3 (TIVRE Patin) en patinadores hombres y mujeres. Valores medios y rectas que identifican la intensidad la frecuencia cardiaca (ppm) y la velocidad (Km/h) en el umbral anaeróbico (UA)

En la Figura 133 se observa que la frecuencia cardiaca correspondiente a la intensidad identificada como umbral anaeróbico (FC UA) es de $177,54 \pm 1,08$ ppm para los patinadores hombres y de $178,82 \pm 1,99$ ppm para las patinadoras, correspondiéndose a una velocidad de carrera (Vel UA) de $29,91 \pm 0,30$ km/h y de $28,29 \pm 0,47$ km/h, para cada género respectivamente (un 4,5% mayor en patinadores hombres), de tal forma que el período donde se identificó el umbral anaeróbico en la frecuencia cardiaca (FC VT2 y FC UA) correspondía entre el 13 y 14, mientras que para las patinadoras fue el período 12.

La frecuencia cardiaca de recuperación durante los 5 minutos siguientes a finalizar el test no muestra diferencias significativas de género (Figura 134).

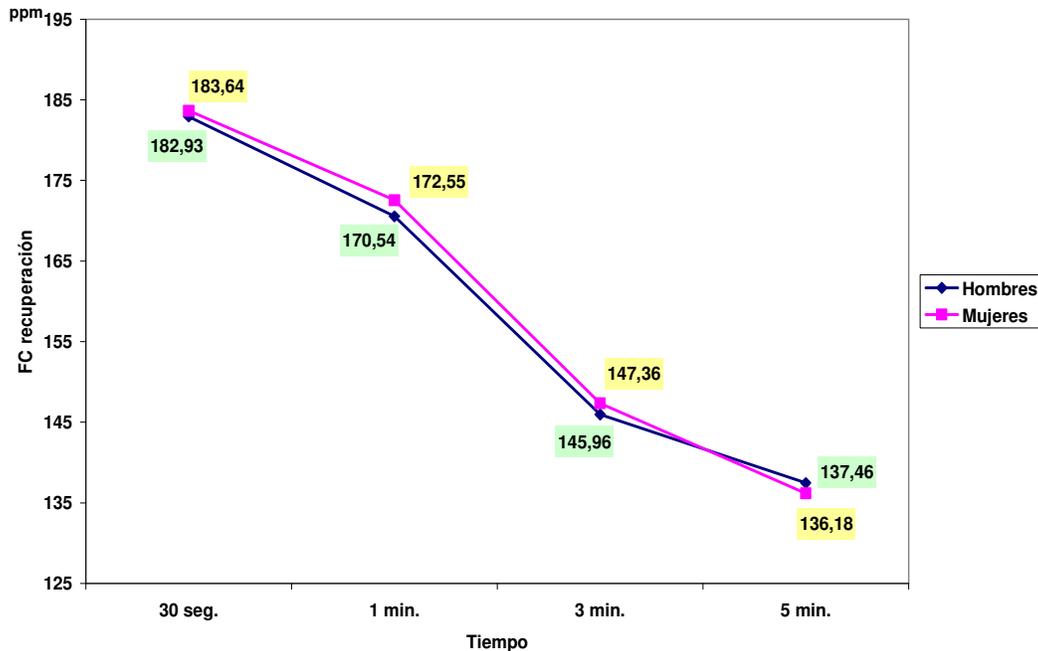


Figura 134. Diferencias de género en la frecuencia cardiaca de recuperación tras 5 min de finalizar el test de campo maximal e interválico C3 (TIVRE Patín) en patinadores.

4.3.4 Análisis de la Frecuencia Cardiaca en competición de los Patinadores

La monitorización de la frecuencia cardiaca a 12 patinadores de la Selección Nacional de Colombia durante el transcurso de 2 competiciones nacionales desarrolladas en la pista del patinódromo de la ciudad de Bucaramanga (Colombia), donde a su vez habían realizado el test de campo interválico TIVRE Patín 3 semanas antes, permite registrar la frecuencia cardiaca máxima y media, tiempo total y tiempo por vuelta de los patinadores en la competición. (Tabla 70).

Competición	FC máx. (ppm)	FC media (ppm)	Tiempo total (s)	Tiempo vuelta (s)
5000 m	197 ± 0,43	188,1 ± 1	541,2 ± 1,1	21,6 s
10000 m	196,2 ± 0,8	182,4 ± 0,62*	1096 ± 1,4*	21,9 s
15000 m	198,3 ± 1,2	181,1 ± 0,4*	1570,5 ± 1,2*\$	20,9 s

Tabla 70. Frecuencia cardiaca y tiempo de esfuerzo en diferentes pruebas de distancias disputadas en patinódromo en Campeonato Nacional colombiano. Valores medios ± EEM. Diferencias significativas : * = p < 0,05 con 5000m; \$= p < 0,05 con 10000m

En la Figura 135 se muestra el registro de la frecuencia cardiaca durante una competición de 5.000m (duración 9,5 min), y en las Figuras 136 y 137 el registro de competiciones de 10.000m (duración 14,5 min) y 15.000m (duración 29 min) respectivamente. Permiten observar que los valores medios de frecuencia cardiaca media en la prueba de 5.000m es un 5,6% significativamente superiores a la frecuencia cardiaca identificada para el umbral anaeróbico en el test de campo interválico (TIVRE Patín), al igual que ocurre con la velocidad de competición que resulta ser de 33 km/h (un 7,6% significativamente mayor que la correspondiente al test de campo, que se identificó en 30,50 km/h) y siendo una velocidad de desplazamiento muy similar al valor máximo medio alcanzado en los test de campo de la fase final (de 34 km/h), si bien ello está claramente condicionado por el hecho de que en competición se rueda o compite en grupo de unos 20 patinadores, lo que permite lograr y mantener una mayor velocidad de carrera con frecuencias cardiacas más elevadas.



Figura 135. Frecuencia cardiaca (FC) en competición nacional durante una prueba 5000m de patinadores de la Selección Nacional de Colombia.

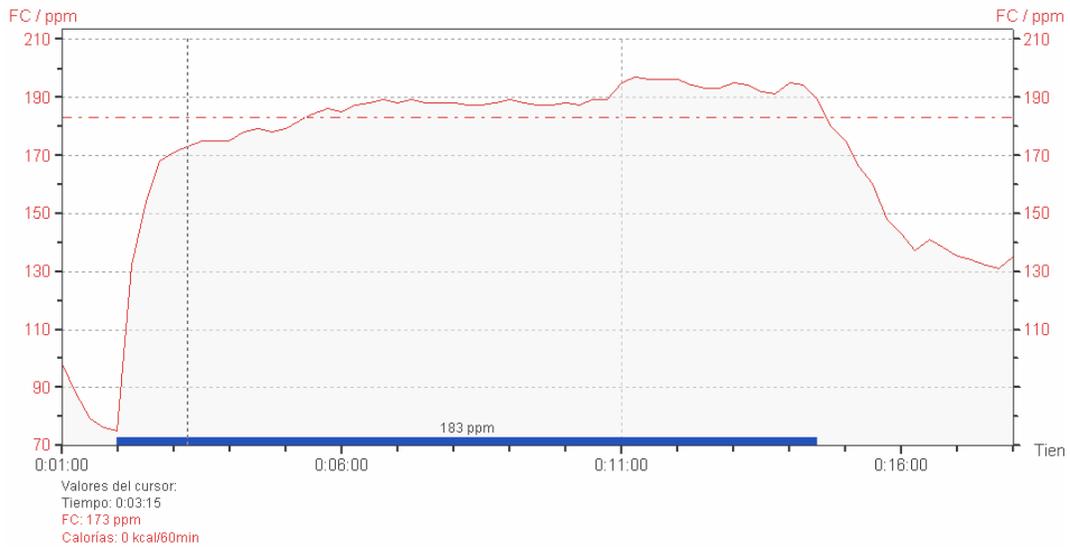


Figura 136. Frecuencia cardiaca (FC) en competición nacional durante una prueba 10.000m de patinadores de la Selección Nacional de Colombia.



Figura 137. Frecuencia cardiaca (FC) en competición nacional durante una prueba 15.000m de patinadores de la Selección Nacional de Colombia.

Durante las pruebas de competición de 10.000m y 15.000m la frecuencia cardiaca y la velocidad de desplazamiento no difiere significativamente de la identificada como correspondiente al umbral anaeróbico, aunque tiende a ser más alta en la competición.



V. DISCUSION

5. DISCUSION

El patinaje es un deporte muy antiguo y ha evolucionado rápidamente en la especialidad de velocidad sobre ruedas. Pese a que no es un deporte Olímpico, tiene un gran prestigio a nivel internacional, cuenta con torneos internacionales de alta calidad, como los mundiales de patinaje, continentales, torneos federativos, etc... Ha logrado así tener una cantidad considerable de patinadores federados participando en estos certámenes tan importantes, dándole una proyección reconocida para ser incluido en los juegos Olímpicos de verano, contando con patinadores y patinadoras de alta preparación y trayectoria, como en cualquier otro deporte reconocido mundialmente. Sin embargo, es un deporte en el cual no se ha explorado con profundidad la rama científica, teniendo un campo extenso para su exploración en este ámbito. Hecho por el cual se ha desarrollado esta investigación con el patinaje de velocidad sobre ruedas o en línea.

Caraterísticas antropométricas

Venkata R. y cols (2004) en corredores de distancia que realizan un test de laboratorio sobre una tapiz rodante, refieren que la composición corporal es un factor importante en las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, y que la misma puede influir los parámetros fisiológicos que resultan en una mejora del rendimiento en el trabajo máximo. La adaptación al entrenamiento se manifiesta por cambios en la masa, estructura y composición corporal, y realcioanda con cambios en la capacidad aeróbica absoluta y relativa. Por lo tanto, conocer o describir la composición corporal es un factor primordial para identificar (y conocer posibles cambios) la capacidad aeróbica máxima (VO_2 máx) del patinador.

El porcentaje graso de los patinadores es del $10 \pm 0,34$ % en hombres y del $16,01 \pm 0,47$ % en patoandoras. Una de las escasas referencias bibliográficas acerca del patinaje de velocidad sobre ruedas es la por Marino F (1998), que determinó la composición corporal de los patinadores participantes

en la I Copa del Mundo en 1997, desarrollada en Bogotá (Colombia), aportando unos valores ligeramente inferiores a los del presente estudio, ya que para los patinadores hombres era del $9,4 \pm 1,7$ % de grasa y para las mujeres del $14,2 \pm 2,3$ %. Asumiendo estos resultados de patinadores de talla internacional, los encontrados en nuestro estudio son óptimos para el buen desempeño deportivo a pesar de que se encontraban en un período específico de su preparación deportiva, pudiendo mejorar este valor encontrado en otra etapa de su preparación.

Teniendo en cuenta lo referido por Acero J. (2002) en su estudio sobre composición corporal de la división de ciencias del deporte y tecnología del Comité Olímpico de los Estados Unidos, 1998, se determina que un hombre joven en promedio tiene entre el 13 – 15 % de masa grasa, mientras que un hombre deportista de alto rendimiento tiene típicamente entre el 4 – 10 % de masa grasa; mientras que el promedio de una mujer normal está aproximadamente entre el 23 – 25 % y el de una deportista de alto nivel se encuentra en el rango del 10 – 18 % de masa grasa. Al comparar estos resultados con los sujetos evaluados en la presente investigación y de acuerdo al género, se observó que están dentro de estos rangos establecidos para la población de deportistas de Estados Unidos, asumiendo que los resultados de nuestros patinadores poseen una masa grasa ideal para el buen rendimiento en el patinaje de velocidad sobre ruedas.

El mismo autor anteriormente (Acero J), describe que de acuerdo a diferentes deportes, en especial el patinaje sobre hielo, que es un deporte similar al patinaje de velocidad sobre ruedas, pero su técnica, la pista donde compiten y el desplazamiento es totalmente diferente (Modrego, 1992), encontró valores de masa corporal total de 76,5 kg con un porcentaje de grasa corporal del 11,4 %, que es un valor medio muy parecido y comparable con nuestros hombres deportistas.

También es de resaltar que en la investigación realizada por Modrego (1992), encontró valores de porcentaje graso, para los hombres de 10,55 % y para las mujeres de 12,58 %. En esta investigación se observan valores muy

similares y comparables los hombres, sin embargo en las mujeres se observó un valor ligeramente superior.

El peso corporal influye considerablemente en la máxima tasa de trabajo, provocando una mayor intensidad en los sujetos con mayores pesos corporales. La carga adicional causada por el mayor peso corporal, a su vez incrementa la demanda sobre los sistemas cardiovascular y respiratorio. En el presente estudio, después de realizar los test de laboratorio y de campo de la fase decisiva o final encontramos valores mayores en el VO_2 máx, ventilación y pulso de oxígeno. Por lo tanto, se puede suponer en base a los resultados encontrados que los patinadores evaluados con menor peso corporal tienen que soportar una menor carga de trabajo o que una mismo desplazamiento le conlleva una menor intensidad de entrenamiento, lo que resulta en una mejor eficacia fisiológica y una mejor eficiencia del trabajo. Por ello, se puede concluir que la identificación de las variaciones en la magnitud de la carga recibida teniendo en cuenta el peso corporal, ayuda a los entrenadores y a los investigadores, para individualizar y alcanzar el peso corporal adecuado, la composición corporal deseada y mayores niveles de rendimiento durante las competiciones.

Valoración inicial del test de campo específico TIVRE-Patín®

Al no contar con suficientes referencias literarias y científicas en este deporte se desarrolló la presente investigación, en la cual comprendió la realización de dos fases, una experimental (piloto) y otra final o decisiva, con el objeto de aportar un nuevo test específico de campo (TIVRE Patín®), la cualidad aeróbica del patinador de velocidad sobre ruedas en su propio terreno de competición y entrenamiento. Para ello se llevó a cabo la detección del umbral anaeróbico teniendo en cuenta la frecuencia cardíaca y su velocidad de carrera correspondiente, al igual que sus valores máximos, controlados por medio de la frecuencia cardíaca, ritmo de carrera, y ventilatoriamente a través del análisis de gases directo con el ergoespirómetro portátil Metamax II. Esta valoración la estimamos necesaria para dar validez al test de campo y disponer

de una herramienta eficaz, económica y de fácil utilización para conocer estos parámetros indirectamente a través del test de campo “TIVRE Patín®”.

También se controló el VO_2 máx, un índice de rendimiento cardiovascular, o capacidad aeróbica del deportista (Astorino y cols, 2004), factor primordial para darle validez a los resultados, teniendo en cuenta el test específico de campo, para los patinadores.

Probablemente el modo de valoración funcional más popular en este deporte, la cicloergometría, ha sido ampliamente utilizada como la medición de criterio para validar y calcular mediciones de potencia y resistencia, basadas en el laboratorio con la capacidad anaeróbica y aeróbica medida en condiciones de campo. En la evaluación del rendimiento en ejercicios de alta intensidad se han registrado altas correlaciones entre las mediciones de laboratorio y de campo de la capacidad aeróbica (Baker y col, 2004), observadas a través de la determinación del umbral anaeróbico.

Por lo tanto, a través de los diferentes test realizados en el laboratorio con el cicloergómetro y teniendo en cuenta el trabajo desarrollado con patinadores de velocidad sobre ruedas (Martínez Z.,1991), éste se ha considerado como el mejor equipo con el cual se puede controlar ciertas características similares al patinar sobre la pista, ya que moviliza cierta masa muscular relacionada a la del patinaje de velocidad sobre ruedas, aunque es importante tener en cuenta, que no es totalmente idéntico el movimiento, al igual la masa que se activa para ejercer este tipo de esfuerzo.

En el estudio realizado por Martínez Zazo (1991), se encontraron valores relativos de VO_2 máx superiores sobre la banda sin fin, en relación al cicloergómetro, mostrando valores medios en los hombres de $70,5 \pm 2,7 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ y de $63,7 \pm 4,9 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $57,3 \pm 6,2 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ y $55,1 \pm 6,7 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ en las mujeres respectivamente en la cinta con respecto al cicloergómetro. De los datos resalta que la masa muscular activa sobre la cinta es mayor, consiguiendo mayores volúmenes de VO_2 máx consumidos a través del esfuerzo en relación al cicloergómetro, donde hay una menor participación de la masa muscular.

Tradicionalmente la medición del consumo de oxígeno en competición sobre los patines en línea se ha estimado a partir de la relación que éste tiene con la frecuencia cardiaca mediante un normograma. El hecho relevante en esta investigación fue analizar en tests de laboratorio y de campo, además de desarrollar un test específico de campo, el análisis directo de intercambio gaseoso ventilatorio (mediante un ergoespirómetro portátil Metamax II), la velocidad de carrera y la monitorización de la frecuencia cardiaca, para así conocer los parámetros máximos y en la intensidad identificada como umbral anaeróbico.

Evaluación mediante test interválicos tanto de laboratorio como de campo

La identificación del umbral anaeróbico por medio de la metodología utilizada por Conconi y cols (1982, 1996) y por medios ventilatorios (Davis, 1985; Davis y cols, 1997) ha sido menos dificultosa que identificarlo atendiendo a la metodología de campo interválica propuesta por Probs y cols (1989), García-López y cols (2003) y Vaquera y cols (2007) y que se adaptó inicialmente al patinaje mediante el test de campo C1-C2 TIVRE-patín, debido a que los aumentos de velocidad entre período y período eran demasiado altas, comparados con el test de laboratorio, y las pausas de recuperación entre periodos cortas.

Al monitorizarse el comportamiento de las frecuencias cardiacas máximas de cada periodo o intervalo de esfuerzo para estimar la intensidad umbral anaeróbico, éste se determinó con mayor dificultad. Umbral anaeróbico que se considera un parámetro fundamental para lograr dosificar las cargas de entrenamiento y poder optimizar el rendimiento de los patinadores de velocidad sobre ruedas. Además es importante conocer estos valores, de una manera más real a la situación de competición y poder establecer estrategias para lograr buenos resultados en el desarrollo de los diferentes torneos, donde participen los diferentes patinadores.

En esta fase los aumentos de velocidad en el test eran demasiado elevados, conllevando un comportamiento de la frecuencia cardiaca desde el principio del test, y durante el transcurso del mismo, con valores muy elevados

que no eran adecuado para la identificación del umbral anaeróbico atendiendo a los criterios recomendados (Conconi y cols, 1996; García-López y cols, 2003). Ello implicaba que los patinadores evaluados se agotaran muy pronto en el esfuerzo durante el test de campo interválico consecuencia de los cambios bruscos de velocidad entre período y período; fatiga que conduce a observar una disminución en la capacidad aeróbica del patinador en el test de campo (además de cambios elevados en la frecuencia cardiaca)

De tal manera que en el transcurso del test de campo se encontraron parámetros ventilatorios y de cociente respiratorio indicadores de la puesta en acción del metabolismo anaeróbico desde un período muy temprano del test.

Sin embargo, en el estudio desarrollado por Astorino y cols (2004) en poblaciones de atletas entrenados en resistencia, los protocolos más cortos pueden revelar valores similares de VO_2 máx en comparación a los protocolos más largos, ya que los atletas tienden a tener una capacidad aeróbica más desarrollada para tolerar las altas tasas de trabajo consecuentes con el ejercicio máximo.

Observando que en los test de mayor duración con respecto al de menor, la concentración de CO_2 fue más elevada en este último, confirmando su fuente energética específica para cada test. Por lo tanto de acuerdo a los resultados encontrados en la presente investigación, en el test de campo se observó que su capacidad aeróbica se vió disminuida debido a que el principio del test se rodaba a una intensidad muy alta, encontrando valores ventilatorios muy elevados, manifestados en el volumen de CO_2 , con relación a los valores encontrados en el test de laboratorio. Es decir, que se observó una mayor contribución del metabolismo anaeróbico, en lugar de un necesario y eficiente metabolismo aeróbico, de tal manera que no se puede apreciar con exactitud su capacidad aeróbica manifestada por medio del volumen de oxígeno consumido en el esfuerzo realizado en el test de campo, y de igual manera queda afectada la adecuada determinación del umbral anaeróbico a través de la frecuencia cardiaca (Conconi y cols., 1996).

Astorino y cols (2004), también encontraron en su estudio que en los atletas recreacionales era posible que en un test progresivo de ejercicio que dure menos de 8 minutos se puede subestimar el VO_2 máx. debido a la mayor contribución glucolítica para la provisión de ATP y el mayor reclutamiento de fibras de contracción rápida (FT).

De lo observado en el test de campo interválico propuesto inicialmente en la presente investigación en la primera fase experimental cabe destacar que se manifiesta igual que en el estudio realizado por Astorino y cols (2004), pese a que el esfuerzo realizado en el test de campo de patinaje fue de mayor duración, y teniendo en cuenta que las intensidades del test eran demasiado altas. Se observaron valores ventilatorios que indirectamente implican una mayor acidosis metabólica, y por tanto un mayor trabajo anaeróbico, lo cual se tuvo que modificar el test de campo, para la segunda fase experimental o decisiva, y así lograr los propósitos de la investigación. Es decir, reduciendo la intensidad del test entre los aumentos de los períodos, para encontrar una mejor comportamiento de la frecuencia cardiaca y determinar con mayor exactitud el umbral anaeróbico. Por tal motivo se tuvieron en cuenta los criterios descritos por Gorostiaga (1999); y Mac Dougall y col (1995) para modificar el test de campo específico y así facilitar que valoren la cualidad aeróbica del patinador de velocidad sobre ruedas (TIVRE-Patín).

Un hecho importante es que el test de campo se desarrolló individualmente, mientras que cuando compite lo hace en grupo; por lo tanto interviene la capacidad física del sujeto para tolerar la intensidad con que se rueda, es decir, la resistencia a la velocidad. En el desarrollo del test de campo se contó con un analizador de gases portátil (Metamax II), analizando valores máximos y en el momento de llegar a su umbral anaeróbico, realizado de manera individual. Fue relevante conocer la capacidad individual de cada sujeto evaluado y así poder medir e interpretar la cualidad aeróbica, para la dosificación de las cargas de entrenamiento de una manera más personalizada.

Encontramos resultados de consumo de oxígeno superiores en el test de laboratorio con respecto a los valores encontrados en el test de campo,

independiente del género del patinador. Obtuvimos valores medios de $56,29 \pm 1,77 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para el test de laboratorio, y de $53,55 \pm 2,43 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, en el test de campo para los patinadores hombres, no encontrando diferencias significativas. Sin embargo si se observó un valor superior para el test de laboratorio con respecto al test de campo. En cuanto a las mujeres el valor medio fue de $49,26 \pm 3,12 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para el test de laboratorio, y de $49,87 \pm 4,49 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para el test de campo, no observando diferencias significativas, asumiendo que la intensidad del esfuerzo realizado en el test de campo era superior al desarrollado en el laboratorio.

De igual manera teniendo en cuenta la investigación realizada por Martínez Zazo (1991) los valores encontrados sobre el cicloergómetro son superiores a los encontrados en la presente investigación. Esto es debido que se ve reflejado el esfuerzo realizado por parte de los patinadores en el test de campo, el cual fue a una mayor intensidad desde un principio del test, manifestándose en una mayor demanda de frecuencia cardiaca a una misma intensidad de esfuerzo, a la mayor duración del test y la determinación del umbral anaeróbico que muy presumiblemente hace que el trabajo desde el inicio del test fuera a una alta intensidad, llegando pronto a un mayor y pronta sollicitación del metabolismo anaeróbico. Ello es posible que se sea consecuencia de una manifestación de un esfuerzo que requiere de la activación y reclutamiento de las fibras musculares de contracción rápida (Astorino, 2004), viéndose disminuida la capacidad aeróbica de los sujetos evaluados a través del esfuerzo realizado en el test de campo.

Como se mencionó anteriormente, no se han encontrado suficientes referencias bibliográficas que nos ilustren mejor para orientar el desarrollo del test, por ello se trabajó de acuerdo a los parámetros y criterios descritos por Probst y cols (1989), Conconi y cols (1996), García-Lñopez y cols (2003), pero adaptados al patinaje sobre ruedas en línea, y cotando con la orientación y experiencia de los diferentes entrenadores, los cuales nos dieron la visión para asignar las intensidades para el desarrollo del test, al cual se llegó tras diferentes pruebas de ensayo-error.

De las escasas referencias bibliográficas respecto al entrenamiento de los patinadores de velocidad, un estudio realizado por Rodríguez (2004) desarrollado sobre la pista, refiere un valor de VO_2 máx. en un test continuo (test de Conconi adaptado) a diferentes intensidades, que es superior a los valores observados en la presente investigación, referido en $74 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, rodando al 100 % de su velocidad. En relación al test propuesto en nuestra investigación, consistente en un test de campo interválico, en el que obtuvimos un valor medio de $53,55 \pm 2,43 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para los hombres y de $49,87 \pm 4,49 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para las mujeres; las diferencias son notablemente significativas, más aún cuando nuestros patinadores conforman parte de la Selección Nacional de Colombia.

Sin embargo, teniendo en cuenta que en esta primera fase, la metodología desarrollada no fue totalmente ajustada, por los elevados aumentos de velocidad entre los cambios de periodo, observando una capacidad aeróbica disminuida, nuestros datos podrían estar justificados. Además hay que tener en cuenta que los patinadores evaluados en este estudio era la primera experiencia que tenían al realizar un test de este tipo, en su terreno de entrenamiento y competición. También era novedoso para ellos utilizar un equipo portátil para el análisis de gases sobre su espalda, hecho que implicó una adaptación a la ejecución del esfuerzo máximo para determinar los parámetros fisiológicos ideales.

Al no existir estudios científicos previos que hagan alusión a la medición en campo de la capacidad aeróbica (VO_2 máx.) del patinador de velocidad sobre ruedas, los resultados de la presente investigación se compararon con otros estudios en un deporte de similares condiciones como es el hockey sobre patines y el hockey sobre hierba.

El primer estudio encontrado es una tesis doctoral realizada por Yague A. (2005), desarrollando un test específico para el deportista (jugador de hockey) y así conocer su capacidad aeróbica y desempeño en el terreno de competición, encontrando valores medios del VO_2 máx relativo de $52,12 \pm 9,51 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Estos datos son muy similares a los encontrados en la presente investigación, ya que el protocolo utilizado fue interválico para las dos

investigaciones. Por otro lado, la segunda investigación desarrollada por Silla C. D. (1999), también tesis doctoral, donde su propósito fue conocer un perfil fisiológico del jugador de hockey sobre hierba. Para ello se llevó a cabo un test de laboratorio, donde se observó un valor medio de VO_2 máx. de $64,7 \pm 4,8$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, siendo un valor superior al encontrado en la presente investigación y de la investigación realizada por Yague A. (2005). Presumiblemente esto se deba a que el esfuerzo realizado sobre patines es inferior al realizado sobre el test ejecutado por los jugadores de hockey sobre hierba, ya que el protocolo utilizado por ellos fue sobre un tapiz rodante donde no interviene una ayuda mecánica para el desarrollo del movimiento como es el caso de los patines. Por lo tanto hay una mayor movilización de masa muscular al movimiento efectuado sin patines, contrastado este resultado por medio del consumo de oxígeno obtenido en cada uno de los respectivos esfuerzos.

Otro estudio realizado por Roisheen A. y cols (2008) desarrollado con mujeres atletas de media distancia de nivel competitivo, sobre la pista de atletismo, realizando un recorrido de 2400 m, encontraron un valor medio de su VO_2 máx. $49,8 \pm 1,1$ $mL.kg^{-1}.min^{-1}$. Estos datos son similares a los de las patinadoras del presente estudio en el test de campo, en el que se observó un valor medio muy similar al obtenido en el estudio realizado por Roisheen A. y cols (2008).

De hecho, un factor determinante dentro de los parámetros ventilatorios controlados a través de los test de laboratorio y de campo es el cociente respiratorio (QR). Se observan valores medios de 1,21, superiores en el test de campo con respecto a los encontrados en el test de laboratorio de $QR = 1,14$. Como el esfuerzo realizado en el test de campo fue superior hace que su cociente respiratorio se incremento por la mayor aportación metabólica anaeróbica inducida por los cambios altos de velocidad entre cada uno de los periodos en esta primera fase experimental.

Por lo tanto los parámetros relevantes controlados durante los test de laboratorio y de campo como la frecuencia cardiaca máxima, el umbral anaeróbico de acuerdo a los parámetros ventilatorios y de acuerdo a su frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico no muestran diferencias

significativas. Mostraron valores de frecuencia cardiaca para los hombres de $181,14 \pm 1,29$ ppm y de $177,86$ ppm para las mujeres en su primer test realizado en el laboratorio. Tras el segundo test realizado al cabo de 2 meses, estos valores de FC no fueron diferentes (significativamente) tanto para hombres como para mujeres, observando una mejor adaptación al test y a los equipos utilizados en el desarrollo del mismo.

En cuanto a los valores de los test de campo, teniendo en cuenta su frecuencia cardiaca al obtener el umbral anaeróbico por medio de parámetros ventilatorios, encontramos en los hombres un valor de $182,33 \pm 2,49$ ppm y para las mujeres de $180,33 \pm 4,17$ ppm; siendo muy similares para los dos géneros y observando una muy leve mejoría en cuanto a estos resultados al desarrollar el test al cabo de 2 meses de su preparación deportiva y sin diferencias significativas.

Encontramos una correlación positiva en los test de laboratorio para los patinadores hombres con una $r = 0,47$, en cuanto a su frecuencia cardiaca al determinar el umbral anaeróbico ventilatoriamente. Sin embargo en el test de campo para este mismo grupo, una correlación significativa de $r = 0,92$, en este mismo parámetro. En cuanto a las mujeres se observaron correlaciones de $r = 0,83$, en el test de laboratorio y en el test de campo una correlación positiva y significativa de $r = 0,93$. Estos resultados son importantes para la dosificación de las cargas en la preparación deportiva.

Frecuencia cardiaca en función de la intensidad del intervalo

Existen pocos estudios de referencia para comparar las frecuencias cardiacas en los patinadores de velocidad sobre ruedas con los valores obtenidos en este estudio, tanto en entrenamiento como en competición. Además es difícil controlar en todo momento la frecuencia cardiaca durante las competiciones debido a que no hay ningún tipo de pausa en el transcurso de la misma.

Por lo tanto se ha tenido en cuenta la metodología utilizada por Conconi y cols (1982, 1996), para el control y monitorización de la frecuencia cardíaca con la finalidad de ver la reproducibilidad que tiene este método, teniendo en cuenta los parámetros ventilatorios que tienen mayor sensibilidad y precisión. De esta manera podríamos dar una mayor confiabilidad y validez al controlar la frecuencia cardíaca tanto en competición como en entrenamiento, de acuerdo a los resultados encontrados en el test de campo, por medio del test específico desarrollado para los patinadores, con aumentos de cargas crecientes y un pequeño período de recuperación entre aumentos. Se determinaron con cierto grado de dificultad en esta primera fase experimental el umbral anaeróbico, teniendo en cuenta la frecuencia cardíaca y la velocidad de carrera y la relación con los parámetros ventilatorios monitorizados con el analizador de gases Metamax II. Por tal motivo se decidió llevar a cabo otra fase experimental con adaptaciones al test desarrollado en la primera fase, de similares características, y desarrollando la misma metodología para conocer su umbral anaeróbico.

La frecuencia cardíaca máxima encontrada en los test de laboratorio y campo en la presente investigación no muestra diferencias significativas entre ellos: $194,24 \pm 1,49$ ppm y $195,69 \pm 2,03$ ppm, respectivamente. En cuanto a la evolución de la frecuencia cardíaca durante el test de campo se observa un descenso de la frecuencia cardíaca en las fases de recuperación activa, más acentuado en la primera parte de la misma, pese a los 8 períodos completos. Esto es debido a su elevado aumento de velocidad entre cada uno de ellos, lo cual implicó la disminución prematura de la capacidad aeróbica. A partir del período 4, tanto el número de pulsaciones, como el porcentaje de recuperación cardíaca tras la fase de mayor intensidad se manifestó en una reducción, identificando el umbral anaeróbico con mayor dificultad.

En cuanto a la frecuencia cardíaca de esfuerzo, ésta tiene un menor incremento a partir del citado periodo 4 identificándose dos tendencias lineales; una hasta el período 4 (con mayor incremento de la frecuencia cardíaca en las fases crecientes y diferencias significativas de un período en relación al siguiente; y otra a partir del período 4 en el que la frecuencia cardíaca de

esfuerzo se incrementa en menor medida y en algunos casos no se observan diferencias significativas de un período en relación al siguiente. Este hecho estaría causado por la mayor intensidad de la fase de esfuerzo, circunstancia que afecta a la capacidad de aceleración, ya que es aproximadamente a partir de aquí cuando se aprecia un deterioro progresivo de dicha capacidad.

Al comparar las frecuencia cardiaca máximas determinadas en la investigación desarrollada por Yague A (2005), con jugadores de hockey sobre patines, mediante un test interválico en el terreno de competición, se observó que en la presente investigación hay un valor medio superior al encontrado por Yagüe, pese a que los valores máximos de VO_2 son muy similares, encontrando un valor medio de frecuencia cardiaca máxima de $190,57 \pm 1,22$ ppm y de $195,69 \pm 2,03$ ppm, respectivamente. También al contrastar estos resultados con la investigación desarrollada por Silla C. D. (1999), realizada con jugadores de hockey sobre hierba, por medio de un protocolo en el laboratorio sobre tapiz rodante, se observó un valor medio de frecuencia cardiaca máxima de 193 ± 61 ppm, comparada con la del presente estudio de $195,69 \pm 2,03$ ppm, encontrando valores muy similares de acuerdo al esfuerzo realizado.

Sin embargo la identificación del umbral anaeróbico (UA) en la presente investigación, teniendo en cuenta los parámetros ventilatorios y con referencia a la frecuencia cardiaca en el test de campo TIVRE Patín, se observó que no hay diferencias significativas: donde se encontró unos valores medios de $181,83 \pm 2,06$ ppm de acuerdo al umbral anaeróbico si se determina por medio del análisis de gases directamente, y $181,69 \pm 2,04$ ppm si se identifica teniendo en cuenta la metodología utilizada propuesta por Probst y cols (1989) y García-López y cols (2007). De igual manera teniendo en cuenta el valor máximo determinado en el test de campo a través del esfuerzo realizado por los patinadores, su umbral anaeróbico se determinó de acuerdo a los valores anteriores a un $93,13 \pm 0,47$ % de acuerdo a su umbral anaeróbico ventilatorio y en un $92,85 \pm 0,57$. Silla C. D. (1999) identificó en su trabajo el umbral anaeróbico a un valor de FC de $180,6 \pm 5,6$ ppm, equivalente a un $93,57$ % del valor máximo determinado durante el test.

Sin embargo al utilizar la metodología interváltica fué dificultoso la determinación del umbral anaeróbico por medio de la deflexión en el coportamiento progresivo de las frecuencias cardiacas máximas de cada intervalo de esfuerzo, lo cual se analizó que podía estar relacionado con que las intensidades entre cambio de periodo y periodo eran muy altas, lo que nos indujo a cambiar estas intensidades para que no fueran tan elevadas y así poder determinar con mayor precisión el umbral anaeróbico interváltico, teniendo en cuenta la frecuencia y velocidad de carrera.

No obstante, estos valores correspondientes al umbral anaeróbico “interváltico” determinado de acuerdo a su frecuencia cardiaca, y teniendo en cuenta el porcentaje del valor máximo obtenido en cada uno de los test desarrollados en la fase experimental, hemos observado que están dentro de los rangos establecidos por Volkov, V. y Filin, V. (1989); Barrios, J. y Ranzola, A., (1995); García, M., (1996); Hernández, J. (2002) para diferentes deportistas que practican diversas disciplinas deportivas, siendo este rango del umbral anaeróbico entre el 80 a 95 % de la frecuencia cardiaca máxima obtenida de los respectivos estudios. Por lo tanto, asumiendo este valor como real y confiable al haber encontrado el umbral anaeróbico “interváltico” en este rango, pese a la alta intensidad con que se rodó desde un principio del test de campo.

También al analizar el consumo de oxígeno correspondiente a la intensidadl umbral anaeróbico por metodología ventilatoria (VO_2 VT2), resultó ser para patinadores hombres en los test de laboratorio iniciales de $43,30 \pm 0,90$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ y de $44,99 \pm 1,45$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, sin apreciarse diferencias significativas; y de acuerdo a este valor en el umbral anaeróbico ventilatorio, se observó que corresponde a un porcentaje de su valor máximo (VO_2 máx) de $81,90 \pm 1,56$ % y $83,63 \pm 1,73$ % respectivamente. En cuanto a las mujeres, el umbral anaeróbico “interváltico” ventilatorio (VO_2 VT2) cursa con valores medios de $39,08 \pm 1,64$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ para el primer test de laboratorio y de $40,02 \pm 2,08$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ para el segundo test de laboratorio de la primera dase experimental, sin que tampoco presente diferencias significativas, dándose en un porcentaje del valor máximo determinado (VO_2 máx) de $83,85 \pm 3,98$ % y de $84,53 \pm 1,83$, respectivamente para cada test de laboratorio.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los test de campo TIVRE Basket iniciales de la primera fase experimental al determinar el umbral anaeróbico “interválico” por metodología ventilatoria, se observaron valores medios de VO₂ en el umbral de $41,35 \pm 2,04 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para el primer test de campo TIVRE-Patín y de $43,75 \pm 2,32 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para el segundo 10 semanas después, que expresados en porcentajes de su VO₂máx corresponden al $81,09 \pm 2,63 \%$ y al $81,72 \pm 2,64 \%$ respectivamente, sin encontrarse diferencias significativas para estos resultados de los test de campo en los hombres evaluados en esta primera fase experimental. En las patinadoras el umbral anaeróbico ventilatorio corresponde a valores medios de $38,35 \pm 2,24 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para el primer test de campo TIVRE-Patín y a $42,09 \pm 3,06 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ en el segundo test de campo TIVRE-Patín, tampoco mostrando diferencias significativas en estos resultados; valores que corresponden a un porcentaje de su valor máximo (VO₂ máx) del $83,93 \pm 1,45\%$ y del $84,70 \pm 2,70 \%$, respectivamente.

Al comparar el umbral anaeróbico “interválico” determinado ventilatoriamente en los test de laboratorio y de campo de acuerdo a su género, observamos que en el estudio desarrollado por Silla C. D. (1999) con jugadores de hockey sobre hierba, refiere un umbral anaeróbico ventilatorio en el test de esfuerzo sobre tapiz rodante de $55,22 \pm 3,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, equivalente al $85,8 \pm 6 \%$, de su valor máximo. Nuestros valores son algo inferiores a los del estudio realizado por Silla C. D. (1999), pero en cuanto a su porcentaje del valor máximo determinado se encontró en similares condiciones teniendo en cuenta tanto los hombres y mujeres evaluados en los test de laboratorio y de campo. A este aspecto mencionar, que en estudios precedentes se encuentran algunos rangos para deportistas (Billat y cols 1994; y Billat 2002), que refieren encontrarlo en un rango del 75 a 88 % del valor máximo (VO₂ máx) para los hombres y para las mujeres del 69 a 80 %, considerándose que valores inferiores a estos rangos son regulares o malos. Por lo tanto observamos que los valores encontrados en la presente investigación se encuentran dentro de estos rangos, al comparar con deportistas de diferentes disciplinas deportivas.

La velocidad máxima encontrada en los 2 test de campo TIVRE-Patín de la primera fase experimental fue $34,05 \pm 0,39$ km/h en el primer test de campo TIVRE-Patin y de $34,20 \pm 0,48$ km/h en el segundo test 10 semanas después (el primero en su ciclo de preparación específica y la otra evaluación en su periodo pre-competitivo) en los patinadores hombres, sin apreciarse diferencias significativas. Las patinadoras alcanzan una velocidad máxima de $32 \pm 0,50$ km/h en el primer test de campo interválico TIVRE-Patín, mientras que en el segundo llegan a $33 \pm 0,25$ km/h, también sin diferencias significativas. Al comparar estos resultados se observó que las velocidades máximas para ambos géneros fue ligeramente superior para los hombres con respecto a las mujeres.

La velocidad correspondiente al umbral anaeróbico “interválico” determinado por medios ventilatorios e indirectamente en los test de campo TIVRE-Patín correspondían una velocidad promedio de $30,16 \pm 0,30$ km/h determinado ventilatoriamente y de $29,85 \pm 0,41$ km/h, determinado por la metodología interválica de deflexión en el comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca, sin que se observaran diferencias significativas en relación a los valores de los hombres en el primer test de campo; como tampoco las hubo en el segundo test TIVRE-Patín en patinadores hombres, que se identifica a un valor medio de $30,16 \pm 0,39$ km/h y de $28,95 \pm 0,22$ km/h, respectivamente. Para las mujeres, teniendo en cuenta estos mismos parámetros, se identificó el umbral anaeróbico “interválico” a una velocidad de $29 \pm 0,5$ km/h por método ventilatorio y de $29 \pm 0,50$ km/h en la deflexión de la frecuencia cardiaca en el primer test de campo TIVRE-Patín; y en el segundo se identifica a una velocidad de $29,15 \pm 0,38$ km/h y de $28,50 \pm 0,12$ km/h, respectivamente, sin encontrar diferencias significativas para la determinación del umbral anaeróbico “interválico” tanto ventilatoriamente como por medio de la deflexión del comportamiento de la frecuencia cardiaca.

Al constatar estos resultados con las frecuencias cardiacas y velocidades promedio controladas tanto en los entrenamientos como especialmente en las competiciones, se observó que al rodar en competiciones (10 y 15 km de distancia de recorrido en patinódromos cuya pista tiene una

cuerda interior estándar de 200 metros), encontramos frecuencias cardiacas con un valor medio durante toda la competición ligeramente superior a la frecuencia cardiaca encontrada en este umbral anaeróbico “interválico”. Encontramos frecuencias cardiacas máximas con valores medios de 197 ppm y 199 ppm en competición, y en los diferentes test de campo interválicos se observaron valores medios entre los 194 y 196 ppm, siendo muy comparables y similares. De igual manera se observó con respecto a la velocidad de carrera impuesta en la competición un valor superior al encontrado en el desarrollo del test de campo interválico, ya que la realización de los test de campo interválico se hizo de una manera individual, mientras que en la competición ruedan mas de 20 patinadores en grupo. Por esta razón se piensa se tolera una mayor intensidad al rodar en competición que al rodar individualmente, si bien es primordial el conocer la capacidad aeróbica y resistencia a la velocidad (Umbral anaeróbico) al rodar individualmente para así poder optimizar el rendimiento de cada uno de los deportistas, teniendo en cuenta los resultados obtenidos a través de las diferentes evaluaciones.

El demandar una alta intensidad de esfuerzo implica la intervención del sistema energético aeróbico y anaeróbico, es decir mixto, con una mayor proporción de la participación anaeróbica. Es fundamental la intervención aeróbica para los procesos de recuperación y tolerar una alta intensidad en los momentos oportunos de la competición cuando se rueda en el transcurso de las pruebas. Como se aprecia indirectamente de los datos obtenidos a través del analizador de gases Metamax II., en el momento que se dispara la participación de los carbohidratos (Cocientes respiratorios altos) se llega más fácilmente al agotamiento por la participación de un sistema energético anaeróbico, hecho primordial a la hora de competir, ya que se compite a muy altas intensidades y coincidiendo con valores algo superiores (en función de la distancia de carrera) esta intensidad del test identificada como umbral anaeróbico “interválico”, y donde parece tener una importancia relevante la recuperación en las vueltas que se rueda a menor intensidad (lo cual puede valorarse mediante el test TIVRE-Patín en función de los porcentajes de recuperación de cada intervalo de esfuerzo). Los patinadores que en el test TIVRE-Patín tienen un umbral anaeróbico “interválico” mejor o mayor, son los

que se relacionan con poseer una muy buena resistencia a la velocidad y mantenerla en el transcurso de la competición para finalizar en los primeros puestos. Por lo tanto se constituye como un factor relevante el determinar el umbral anaeróbico “interválico” para optimizar el rendimiento en competición. Sin embargo al determinarse por medios indirectos controlando la frecuencia cardíaca y velocidad de carrera su identificación fue dificultosa con el protocolo inicial del TIVRE-Patín, si bien se pudo corroborar con el control al mismo tiempo del umbral anaeróbico mediante análisis de gases (método directo).

En cuanto a recuperación de la frecuencia cardíaca finalizados los respectivos esfuerzos, son pocos los estudios e investigaciones que hacen alusión a este parámetro en el patinaje de velocidad sobre ruedas. Estos datos tienen gran relevancia en la presente investigación, presentando los patinadores hombres a los 5 minutos de finalizar el esfuerzo un porcentaje de recuperación de la frecuencia cardíaca máxima del $33,03 \pm 1,29$ % en el primer test de laboratorio y del $34,17 \pm 1,38$ % para el segundo; siendo para las patinadoras del $33,71 \pm 1,21$ % en el primer test de laboratorio y del $34,06 \pm 1,54$ % en el segundo. Al comparar los resultados tanto en hombres como en mujeres se observó una recuperación muy similar en sus porcentajes finalizado el esfuerzo en el laboratorio.

Valores similares a los encontrados a los 5 minutos de haber finalizado el prototipo inicial del test de campo interválico TIVRE-Patín, siendo del $32,45 \pm 1,75$ %, para el primer test de campo y del $30,82 \pm 1,09$ % para el segundo en los patinadores hombres; mientras que en las patinadoras fue del $28,59 \pm 1,40$ % y del $26,90 \pm 1,91$ % respectivamente, no encontrando diferencias significativas. Se observa que el esfuerzo realizado en el test de campo fue superior al realizado en el laboratorio pues los valores de recuperación fueron inferiores en ambos géneros para estos test en relación a los test desarrollados en el laboratorio. Estos datos nos confirman que la capacidad aeróbica de los sujetos evaluados en esta fase experimental fue comprometida por las altas intensidades demandadas en el test de campo. Por lo tanto se tuvo que realizar los ajustes necesarios para poder cumplir con los propósitos establecidos en la investigación, realizando una segunda fase decisiva.

Validación del test de campo específico TIVRE-Patín®

En una segunda fase experimental realizada durante su etapa específica del plan de entrenamiento los patinadores realizaron una adaptación al patinaje del test de campo continuo y maximal de Conconi (K), con monitorización de la frecuencia cardiaca y la velocidad de carrera, e identificar la intensidad umbral anaeróbico, además de su rendimiento máximo en el mismo. Ello nos permite compararlo con el resultados obtenido mediante las adaptaciones realizadas al test específico de campo interválico TIVRE-Patín, objeto de nuestra investigación. Igualmente en dicha semana se realizó también un test en rampa en el laboratorio (con objeto de identificar la intensidad umbral anaeróbico y el VO₂máx) al igual que se se realizó el test de campo específico TIVRE- Patín.

Al desarrollarse el test de Conconi adaptado al patinaje, test de campo continuo, se observó una diferencia marcada con el test de campo interválico TIVRE-Patín puesto que la distancia y el tiempo utilizado en el test de campo interválico fue superior, y aunque los cambios de intensidad eran bajos, se logró obtener un evolución de la frecuencia cardiaca adecuados para determinar el umbral anaeróbico. Además resulta relevante que las distancias recorridas en el test específico de campo TIVRE-Patin sean distancias muy similares a las de competición, hecho que puede conferirle al test de una mayor especificidad al deporte en cuanto su aoplamiento a las planificaciones de entrenamiento.

La frecuencia cardiaca máxima alcanzada en el test de campo continuo (K o Conconi adaptado al patinaje) fue muy similar a la determinada en el test de campo específico TIVRE-Patín (en las 2 veces que éste se realizó con un intervalo de tiempo de 10 semanas), observandose una evolución lineal con la intensidad del esfuerzo exigido a través de los cambios de velocidad, registrándose una evolución de la frecuencia cardaca fácil de analizar, lo que permite determinar con mayor precisión y finaliadad el umbral anaeróbico, ya que se disponen de 19 o 20 puntos de referencia o periodos realizados, mientras que el prototipo inicial eran sólo 6 u 8 periodos.

Los valores medios de frecuencia cardiaca máxima determinados para el test de campo continuo o Conconi adaptado (K) fue de $195,55 \pm 2,57$ ppm, similar a las $196,27 \pm 1,26$ ppm alcanzadas en el test de campo específico TIVRE-Patín en patinadores hombres; y parecido en las patinadoras: valores medios de $198,67 \pm 4,97$ ppm y de $195,33 \pm 3,93$ ppm respectivamente, sin encontrar diferencias significativas.

Se determinó el umbral anaeróbico en el test de campo continuo de Conconi adaptado (K) por medios indirectos teniendo en cuenta la frecuencia cardiaca y la velocidad de carrera; mientras que en el test de campo interválico TIVRE-Patín se identificó tanto directamente (método ventilatorio) como indirectamente (deflexión en la progresión de la frecuencia cardiaca). Se observó que no había diferencias significativas en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico ($27 \pm 1,11$ km/h en test continuo de Conconi y de $28,80 \pm 0,92$ km/h en test TIVRE-Patín), respectivamente para los test, sin encontrar diferencias significativas en esta variable; como tampoco en la velocidad máxima alcanzada en ambos test (32 kms/h); si bien el carácter interválico del TIVRE-Patín (su mayor duración de esfuerzo y las pausas de recuperación en el mismo) da lugar a que la frecuencia cardiaca en el mismo y el consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico sean significativamente mayores, tanto en hombres como mujeres, en el TIVRE-Patín. En concreto en patinadores hombres se determinó a una frecuencia cardiaca de $177,10 \pm 2,23$ ppm y a de $28,04 \pm 0,33$ km/h para el test de campo continuo (K) y de $180,80 \pm 0,40$ ppm y a $30,56 \pm 0,42$ km/h para el test de campo específico TIVRE-Patín (C3); mientras que para las patinadoras fue de $178 \pm 3,05$ ppm y de $183,67 \pm 2,66$ ppm respectivamente.

No obstante, como el test de campo continuo (K) es una adaptación al patinaje del test de Conconi que permite obtener un aumento de la frecuencia cardiaca lineal y proporcional con el VO_2 en relación al aumento de la intensidad del esfuerzo, al igual que ocurre con el test de campo TIVRE-Patín, que no deja de ser otra adaptación si bien con un carácter interválico que hacer que difiera significativamente el protocolo (duración,...) por lo que en su comparación no tiene por qué coincidir con exactitud los valores derivados de

la velocidad de desplazamiento, que no difiere, como tampoco de los derivados de su esfuerzo máximo como el $VO_{2m\acute{a}x}$, por lo que también se puede considerar válido para estimar la cualidad aeróbica del patinador en función del número de paliers o número de metros recorridos, tal y como acontece en otros tests de estas características como el Course Navette (García López y cols, 2003; Vaquera y cols, 2007; Castagna y cols, 2010). De hecho en nuestro estudio se presenta una correlación significativa entre las velocidades en el umbral anaeróbico en ambos test-

En este sentido se manifiesta el estudio realizado por Yague A. (2005), con jugadores de hockey sobre patines, en que también encuentran una relación lineal en un protocolo específico para este deporte entre las variables FC y VO_2 ; igualmente Garatachea y col (2003) refieren que a menor intensidad de trabajo la relación frecuencia cardíaca y VO_2 no es ideal, pero que para estimar la energía gastada (VO_2), a mayores intensidades, en un test o un entrenamiento, se encuentra una alta correlación, exactitud y linealidad entre el VO_2 y la frecuencia cardíaca. Igualmente refiere el estudio realizado por Conconi y cols (1996), donde la velocidad / frecuencia cardíaca muestran una relación lineal en la velocidad baja a moderada, y curvilínea de velocidad submaximal a máxima velocidad, pudiéndose determinar con una cierta exactitud el umbral anaeróbico a través del comportamiento progresivo de la frecuencia cardíaca.

También el ejercicio aeróbico de intensidad máxima, obtenidos a través de la extrapolación lineal y la evolución de la frecuencia cardíaca máxima. Los datos son proporcionados por las condiciones de la prueba objeto, que modifique su velocidad / frecuencia cardíaca en relación, como la incompleta recuperación de los esfuerzos anteriores, la falta de ejercicio de precalentamiento, o inadecuado procedimiento de ensayo con demasiados incrementos rápidos en la intensidad del ejercicio. Sin embargo el estudio realizado por Astorino T. y cols (2004), resalta que un test desarrollado con un tiempo de 14 min. o mayor, se obtiene un valor de VO_2 máx., menor, con respecto a un test de menor tiempo. Pero que la FC encontrada en este último es menor frente al de mayor duración.

Estos datos no se ven reflejados en los resultados obtenidos en la presente investigación, puesto que los valores de frecuencias cardiacas máximas encontradas en el test de campo continuo (Conconi adaptado al patinaje) (K) fueron muy similares tanto al test de laboratorio continuo en rampa (L6), como los test de campo específico TIVRE-Patín (C3 y C4). Al observar estos valores de FC máx. similares en todos los test, nos permite considerar la prueba como máxima, aunque el carácter interválico fue valorado positivamente por los patinadores resultando más agradable este protocolo con respecto al continuo. Al contrastar los valores de VO_2 máx. alcanzados en el test de laboratorio en rampa frente al test de campo TIVRE-Patín no se apreciaron diferencias en el VO_2 máx. alcanzado.

Astorino T. y cols (2004) refieren que los cambios en la temperatura muscular, el transporte de O_2 y el equilibrio ácido básico de la sangre podrían explicar alcanzar menores valores de VO_2 máx. en protocolos de esfuerzo de mayor duración. Pero también un test progresivo que dure menos de 8 minutos puede subestimar el VO_2 máx., debido a la mayor contribución glucolítica para la provisión de ATP y el mayor reclutamiento de fibras de contracción rápida (FT).

Darling J. y cols (2005) evaluaron a 20 universitarios bien entrenados que realizan un esfuerzo máximo sobre una cinta ergométrica en un protocolo continuo y otro interválico, observando un VO_2 máx. de $61,5 \pm 7,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ y concluyendo que se gastó más energía durante el ejercicio intermitente y su recuperación, frente al ejercicio continuo y su recuperación, pero no encontrando una diferencia muy elevada. Resultados similares a lo acontecido en el TIVRE-Patín respecto a la frecuencia cardiaca de recuperación.

Los programas de acondicionamiento deportivo sugieren la inclusión de entrenamientos de tipo aeróbico o de resistencia para preparar el metabolismo del deportista con una "base aeróbica", (Watts, J., 2006). En este contexto, el entrenamiento aeróbico se prescribe para los períodos de transición o en la fase temprana de la pretemporada para mejorar el funcionamiento del sistema oxidativo. Encontrando el sistema aeróbico muy importante para la recuperación, no está claro si el entrenamiento aeróbico mejorará el

rendimiento de atletas que practican deportes predominantemente anaeróbicos (Watts, J., 2006). Una adaptación al entrenamiento sugiere que no es necesaria la utilización de entrenamiento de tipo aeróbico para este propósito y que además puede limitar las mejoras en el rendimiento.

Puesto que el entrenamiento anaeróbico es importante para obtener adaptaciones metabólicas específicas, nos ha permitido observar que es un factor primordial al observar los resultados obtenidos en la presente investigación. Hemos visto que hay una mayor participación del sistema energético anaeróbico al contrastar los resultados del test específico de campo TIVRE-Patín (C3 y C4) con resultados obtenidos en la monitorización de la frecuencia cardíaca respecto a la velocidad de carrera en las diferentes competiciones de los patinadores. Sin embargo, para estar preparado de forma óptima para la competición, el patinador debe entrenar con acciones y velocidades específicas del deporte, logrando así adaptar mejor su metabolismo y funcionamiento cardiovascular. Para ello es determinante el trabajo anaeróbico, el cual incrementará la habilidad de mantener altos niveles de lactato sanguíneo (McCardle, W. y cols, 1991), al igual la potencia aeróbica y por lo tanto la recuperación.

Estudios precedentes realizados que compararon el método continuo e interválico, han ofrecido resultados controvertidos respecto a sus efectos sobre la capacidad de resistencia. En la mayor parte de los trabajos se optó por la equiparación de la carga externa, igualando la intensidad media y el volumen total de ambos métodos (Gorostiaga y cols., 1991; Overend y cols., 1992; Tuimil y Rodríguez, 2000). Sin embargo, no se ha hallado información sobre el comportamiento de la frecuencia cardíaca media cuando se equipara la carga externa entre estos dos tipos de entrenamiento.

La equiparación del volumen e intensidad media entre un método continuo e interválico no implica que la carga interna o fisiológica sea similar, puesto que el entrenamiento interválico con períodos de trabajo de elevada intensidad (90-100% de la velocidad aeróbica máxima) seguidos de períodos de pausa (50-60% de la velocidad aeróbica máxima) solicita la potencia aeróbica máxima o submáxima del sujeto con una importante participación del

metabolismo anaeróbico. A este respecto la frecuencia cardiaca se ha considerado, junto a otros parámetros como el nivel de lactato o el VO_2 , como un indicador válido de valoración de la carga interna (Navarro 1998). Hechos que se han encontrado en los test de campo TIVRE-Patín de la presente investigación, haciendo una comparación muy acertada al relacionar estos resultados.

Por lo tanto, la frecuencia cardiaca del entrenamiento interválico evolucionó de forma normal en los periodos de trabajo y en los de pausa activa, oscilando entre el 65% y 95% de la frecuencia cardiaca máxima (Weltman et al., 1990) donde no existieron diferencias estadísticamente significativas entre la frecuencia cardiaca media del interválico (163,8 ppm) y la del continuo (160,5 ppm). Esta circunstancia no implica, necesariamente, que en todos los esfuerzos de la misma intensidad media la frecuencia cardiaca media coincida, en este caso, aunque que se trate de modelos frecuentemente utilizados en la práctica del entrenamiento, pudo deberse a la relación trabajo/pausa del entrenamiento interválico programado. Por lo tanto para corroborar estos resultados sería necesario constatarlos en estudios con otro tipo de modelos de entrenamiento interválico.

No se han encontrado estudios que valoren directamente el consumo de oxígeno en competición en el patinaje de velocidad sobre ruedas, es por esto que el presente investigación tiene gran importancia al permitir dar a conocer las características fisiológicas aeróbicas (Capacidad aeróbica o $VO_{2m\acute{a}x}$; umbral anaeróbico como indicador de la resistencia aeróbica; capacidad de recuperación a diferentes intensidades o intervalos de esfuerzo) determinadas tanto en el test específico de campo TIVRE-Patín como corroboradas o contrastadas en test de laboratorio ergoespiométrico en rampa con análisis de gases espirados.

Comúnmente se han efectuado estimaciones a partir de la relación frecuencia cardiaca- VO_2 obtenida en una prueba progresiva continua, generalmente efectuada en el laboratorio. Esta estimación tiende a sobrestimar el consumo de oxígeno (Bangsbo, 1994; Rodríguez y col., 1996; Balsom y col., 1991); en este sentido Bangsbo piensa que el error no es muy

importante puesto que en un estudio no encontró muchas diferencias en la relación frecuencia cardiaca-VO₂ obtenida en un trabajo continuo (carrera continua) e intermitente (15 s de alta intensidad – 10 s baja intensidad sobre tapiz rodante). Según él, la estimación del consumo de oxígeno a partir de la frecuencia cardiaca de competición puede ser válida a pesar de que dicha relación haya sido obtenida en una prueba progresiva continua en el laboratorio.

Al comparar los resultados mas relevantes encontrados en el test de laboratorio en rampa (L6) y el test específico de campo TIVRE-Patín (C3) no se observaron diferencias en el VO₂ máx. alcanzado (entorno a 62 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para los hombres y de 55 para las patinadoras). En una de los escasos trabajos en patinadores de velocidad sobre ruedas (Modrego, 1992), donde realizan tres protocolos diferentes, dos en el laboratorio y una directamente en el patinódromo, se refieren VO₂ máx de 69,15 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para los hombres, y de 54,3 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para patinadoras.

De acuerdo a lo referido por Espinosa., J. y col. (2002), se observan valores medios de VO₂ máx. para el patinaje sobre hielo de 65 -72 ml/kg/min, en hombres y un valor medio de 55 – 60 en mujeres; muy similares a los de nuestro estudio. De igual manera al observar valores de VO₂ máx en deportes de equipo como el hockey sobre hielo se observan valores medios de 55 – 65 ml.kg⁻¹.min⁻¹, para hombres, sin bien en mujeres no se encuentran datos de referencia en este deporte. En el hockey sobre patines se encuentran valores medios de 50 – 62 ml.kg⁻¹.min⁻¹.

Valores de VO₂máx que, por lo general y con un cierto margen de confianza, son de 75-80 ml/kg/min en deportes de resistencia masculinos y de 65-70 en mujeres; o de 50-60 ml/kg/min y de 48-55 ml/kg/min, respectivamente en deportes de combate y de equipo; o de 40-50 ml/kg/min y de 45-50 ml/kg/min, respectivamente, en deportes de componente estético o acrobático (Rodríguez G., F y Aragonés C. M., 1992; García M.; Navarro V., M; Ruiz C., J., 1996; Navarro V. F., 1998; McArdle, W. D; Katch, F. I.; Match, V. L., 1990).

En cuanto a la similar frecuencia cardiaca máxima alcanzada en los test de laboratorio en rampa y de campo específico TIVRE-Patín ($193,80 \pm 1,94$ ppm vs $193,40 \pm 1,53$ ppm respectivamente; y similar en patinadoras) muestran que no hay diferencias en el esfuerzo máximo logrado en ambos tipo de test (llegando al 97% de la frecuencia cardiaca máxima teórica), como tampoco en el VO₂máx.

Pero tampoco se han apreciado diferencias significativas en la intensidad identificada como umbral anaeróbico, ya sea referida en valores de VO₂ o de frecuencia cardiaca) ni en patinadores hombres ($175,87 \pm 1,90$ ppm vs $175,93 \pm 1,45$ ppm, respectivamente) ni en patinadoras ($175,67 \pm 2,53$ ppm vs $177,78 \pm 2,19$ ppm, respectivamente)

Por lo tanto de acuerdo a estos valores obtenidos y sus respectivas altas y significativas correlaciones para estas variables (frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno,... en el umbral anaeróbico en ambos test), tanto para patinadores hombres como para patinadoras, nos confirma la validez, fiabilidad y precisión de los mismos para identificar el umbral anaeróbico a través del TIVRE-Patín.

En cuanto a la recuperación de la frecuencia cardiaca durante los 45 segundos de pausa tras cada uno de los períodos de esfuerzo se observó un descenso de la frecuencia cardiaca bastante estable durante toda la prueba, oscilando entre 9 y 14 ppm a lo largo de todos los períodos. El porcentaje de recuperación en los periodos realizados a una intensidad mayor a la correspondiente al umbral anaeróbico fue significativamente menor; es decir, a partir del periodo 14 a 15 donde ésta recuperación fue menor con respecto a los primeros periodos en los test de campo TIVRE-Patín C3 y C4. Valores de 11%-13% en los periodos previos al umbral anaeróbico y del 9%-6% significativamente menores en los periodos post-umbral anaeróbico, que traduce la peor recuperación en los periodos máximos, pero que ésta a su vez es significativamente mejor tras 10 semanas de entrenamiento. Estos datos son similares a los obtenidos por García-López y cols (2003) en futbolistas, observando un descenso del porcentaje de recuperación a lo largo de la prueba, intensificándose tras dicho umbral anaeróbico, donde el porcentaje de recuperación aun es menor.

En cuanto a la velocidad máxima alcanzada en patinadores hombres no difiere entre el test de laboratorio en rampa ($34,16 \pm 0,31$ km/h) y el test de campo TIVRE-Patín ($34,96 \pm 0,41$ km/h), ni tampoco en sus porcentajes de velocidad respecto a su valor máximo, ni en concreto en la velocidad en el correspondiente al umbral anaeróbico ($30,50 \pm 0,28$ km/h vs de $30,80 \pm 0,36$ km/h) respectivamente para los test de campo de esta fase final.

En 1984, Daniels y cols. calcularon la velocidad en el punto del VO_2 máx ($v\text{VO}_2$ máx) a partir de la extrapolación de la curva de regresión relacionando la velocidad de carrera y el VO_2 al VO_2 máx, (Scarfó, 2005). Así, la $v\text{VO}_2$ máx era una variable útil que combinaba con el VO_2 máx. Por lo tanto, la $v\text{VO}_2$ máx., explicaba diferencias individuales en el rendimiento que el VO_2 máx o la economía de carrera sólo no lo podían hacer. En este sentido Di Prampero (1986), definió a la velocidad máxima aeróbica ($V_{A\text{máx}}$), como la velocidad que un corredor puede mantener durante una carrera en condiciones aeróbicas y depende de la potencia metabólica máxima disponible y el costo energético neto de la carrera. En algunos momentos especialmente relevantes de la competición, la elevada intensidad exige una energía extra proporcionada por la vía anaeróbica láctica, mediante la glucólisis anaeróbica. La contribución de la glucólisis anaeróbica, se suele estimar de forma indirecta a partir del estudio de la concentración de lactato en sangre durante la competición (Gorostiaga, 1993). Si bien hay algunas objeciones a esta metodología, hoy en día sigue siendo el indicador más fiable de la producción de energía anaeróbica láctica, ya que por medios ventilatorios, es imposible controlar en competición.

El test que nosotros hemos propuesto como un test de campo específico TIVRE-Patín para el patinaje de velocidad sobre ruedas, valora la cualidad aeróbica máxima de los patinadores y controla su evolución tras un período de entrenamiento. Además de obtener el comportamiento de la frecuencia cardíaca de esfuerzo – velocidad de carrera, la prueba nos permite obtener información sobre la capacidad de recuperación. En definitiva una valoración integral del metabolismo aeróbico, si bien son necesarios incrementar los estudios que permitan corroborar ésta utilidad e información.



VI. CONCLUSIONES

CONCLUSION PRIMERA: El test de campo TIVRE-Patín® se ha mostrado como una herramienta tecnológica (software) específica (que permite reflejar el esfuerzo real de la competición, o simularla) sencilla y de fácil uso y ejecución tanto para aplicar los ritmos de carrera preestablecidos en patinódromo, como para controlar el desarrollo del test con sus periodos de esfuerzo y pausas, así como para analizar e interpretar los parámetros que permite monitorizar.

CONCLUSION SEGUNDA: Se ha creado y validado un nuevo test de campo interválico TIVRE-Patín® que permite identificar específicamente el umbral anaeróbico “interválico” de los patinadores a través del comportamiento progresivo de la frecuencia cardiaca máxima en cada intervalo o periodo de esfuerzo, así como evaluar su capacidad de recuperación en los mismos y determinar diferencias pre y post umbral anaeróbico.

CONCLUSION TERCERA: El test de campo TIVRE-Patín® como específico del patinaje sobre ruedas permite relacionar la frecuencia cardiaca con la velocidad de desplazamiento en el mismo y utilizarla no sólo para ayudar a describir el perfil fisiológico aeróbico del patinador sobre ruedas sino para aplicarlo al control y programación de su adecuada planificación y preparación para la mejora del rendimiento y la competición.

CONCLUSION CUARTA: El test de campo TIVRE-Patín®, al igual que los tests de laboratorio y de campo, permite evaluar las diferencias de género en su perfil fisiológico, y detectar el grado de adaptación al tipo de entrenamiento en función del periodo de preparación.

CONCLUSION QUINTA: El test de campo es el único que permite en el mismo una valoración integral de la cualidad aeróbica ya que no difiere, respecto de los test de laboratorio, en la medición del consumo máximo de oxígeno ni en la identificación de la intensidad correspondiente al umbral anaeróbico, además de analizar la capacidad de recuperación en cada intervalo de esfuerzo de intensidad progresiva al mostrarse mucho más significativa y diferencial que la monitorizada tras finalizar los tests.



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acero, J. (2002). *Cineantropometría, fundamentos y procesos*. Universidad de Pamplona. 2da Edición. Pág. 109.
- Achten J, Jeukendrup AE. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 33(7):517-38
- Ahmadi S, Sinclair PJ, Davis GM. (2008). Muscle oxygenation after downhill walking-induced muscle damage. *Clin Physiol Funct Imaging*. Jan;28(1):55-63.
- Alvarez, J.; Serrano, E.; Jiménez, L.; Manonelles, P.; Corona, P. (2001). *Perfil cardiovascular en el fútbol-sala*. *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol. XVIII No. 83: 199 – 204.
- Antelmi I, Chuang EY, Grupi CJ, Latorre Mdo R, Mansur AJ. (2008). Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test and 24-hour heart rate variability in healthy individuals. *Arq Bras Cardiol*. Jun;90(6):380-5.
- Ashkenazi I, Epshtein Y. (1998). Alternations in plasma volume and protein during and after a continuous 110-kilometer march with 20-kilogram backpack load. *Mil Med*. Oct;163(10):687-91.
- Astorino T A, Rietschel JC, Tam PA, Taylor K, Johnson SM, Freedman TP, Sakarya Ce. (2004). *Reinvestigation of Optimal Duration of VO2 máx. Testing*. JEPonline; 7 (6): 1 – 8.
- Åstrand, P. O.; Rodahl, K.; Dahl, H.A. (2003). *Textbook of Work Physiology: physiological basis of exercise*. Windsor (Canada), *Human Kinetics*.
- Åstrand, P. O. y Rodahl, K. (1992). *Fisiología del trabajo físico: Bases fisiológicas del ejercicio*. Tercera Edición. *Editorial Médica Panamericana*.
- Baker Julien, Bruce Davies. (2004). *Influence of Body Mass on Resistive Force Selection during High Intensity Cycle Ergometry: Interrelationships Between Laboratory and Field Measures of Performance*. JEPonline; 7 (5): 44 – 51.

- Baldari C, Di Luigi L, Silva SG, Gallotta MC, Emerenziani GP, Pesce C, Guidetti L. (2007). Relationship between optimal lactate removal power output and Olympic triathlon performance. [*J Strength Cond Res*](#). Nov;21(4):1160-5.
- Baldari C, Guidetti L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*. Oct;32(10):1798-802.
- Bangsbo, Jens. Lindquist, F. (2003). *Comparación de varios tests de evaluación física para cuantificar el rendimiento*. PubliCE Standard. Pid: 205.
- Bentley DJ, McNaughton LR. (2003). Comparison of W(peak), VO₂(peak) and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. [*J Sci Med Sport*](#). Dec;6(4):422-35.
- Beneke R, Böning D. (2008). The limits of human performance. [*Essays Biochem*](#). 44:11-25.
- Best TM, Hunter R, Wilcox A, Haq F. (2008). Effectiveness of sports massage for recovery of skeletal muscle from strenuous exercise. [*Clin J Sport Med*](#). Sep;18(5):446-60.
- Billat LV. (2001-a). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. [*Sports Med*](#). 31(1):13-31.
- Billat LV. (2001-b). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part II: anaerobic interval training. [*Sports Med*](#). Feb;31(2):75-90.
- Billat, V. L.; Flechet, B.; Petit, B.; Muriaux, G. y Koralsztein, J. P. (1999). *Interval training at VO₂max: effects on aerobic performance and overtraining markers*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (1), 156-163.

- Billat LV, Koralsztein JP. (1996). Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* Aug;22(2):90-108
- Billat VL, Lepretre PM, Heubert RP, Koralsztein JP, Gazeau FP. (2003). Influence of acute moderate hypoxia on time to exhaustion at vVO₂max in unacclimatized runners. *Int J Sports Med.* Jan;24(1):9-14.
- Billat VL, Morton RH, Blondel N, Berthoin S, Bocquet V, Koralsztein JP, Barstow TJ. (2000). Oxygen kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol.* Jun;82(3):178-87.
- Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.* 33(6):407-26.
- Billat, Veronique. (2002). *Fisiología y Metodología del Entrenamiento, de la teoría a la práctica*. Editorial Paidotribo. Barcelona.
- Bishop D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.* 33(7):483-98
- Bentley DJ, McNaughton LR, Lamyman R, Roberts SP. (2003). The effects of prior incremental cycle exercise on the physiological responses during incremental running to exhaustion: relevance for sprint triathlon performance. *J Sports Sci.* Jan;21(1):29-38.
- Blanco, A.; Enseñat, A.; Balagué, N. (1995). *Valoración telemétrica de un test progresivo y máximo en pista en jugadores de hockey sobre patines*. Apunts; Vol. XXXII: 165 – 174.
- Bodner ME, Rhodes EC, Martin AD, Coutts KD. (2002). The relationship of the heart rate deflection point to the ventilatory threshold in trained cyclists. *J Strength Cond Res.* Nov;16(4):573-80.
- Bodner ME, Rhodes EC. (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med.* Jul;30(1):31-46

- Borresen J, Lambert MI. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol*. Nov;101(4):503-11.
- Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. (2008). Reliability of postexercise heart rate recovery. [Int J Sports Med](#). Mar;29(3):238-43.
- Bosquet L, Léger L, Legros P. (2001). Blood lactate response to overtraining in male endurance athletes. *Eur J Appl Physiol*. Jan-Feb;84(1-2):107-14.
- Bowers, Richard W y L Fox, Edward. (1997). Fisiología del deporte. Tercera Edición. *Medica Panamericana*.
- Bourgois J, Coorevits P, Danneels L, Witvrouw E, Cambier D, Vrijens J. (2004). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling. *J Strength Cond Res*. Aug;18(3):498-503.
- Bourgois J, Vrijens J. (1998-a). The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. [Int J Sports Med](#). Nov;19(8):553-9.
- Bourgois J, Vrijens J. (1998-b). Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 77(1-2):164-9.
- Burke LM, Loucks AB, Broad N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. [J Sports Sci](#). 24(7):675-85.
- Carl Foster, Jos J. De Koning, Floor Hettinga, Joanne Lampen, Kerry L. La Clair, Christopher Dodge, Maarten Bobbert and John P. Porcari. (2002) Pattern of Energy Expenditure during Simulated Competition. *Medicine and science in sports and exercise*. (12).
- Campos, G; Cervera, J y Ramón, V. (2006). Teoría y Planificación del Entrenamiento Deportivo. *Ed. Paidotribo*, Segunda Edición.

- Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams CA, Doust JH. (2000). *Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison*. J Appl Physiol. 89:899-907.
- Carl Foster, Kenneth W. R., Ann C. S., James S-G, Gerard K., Nick T., Jeff B., and Elizabeth K. (1999). Evidence for restricted muscle blood flow during speed skating. *Medicine and science in sports and exercise (Baltimore, Md.)*; Oct: 31 (10). p. 1433-1440.
- Carter J.E.L.; Heath, B.H. (1990). Somatotyping: development and applications. *Cambridge University Press*, New York.
- Castagna, C. ; Abt, G. ; Manzi, V. ; Annino, G. ; Padua, E. ; y D'Ottavio, S. (2008b). Effect of recovery mode on repeated sprint ability in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(3): 923-929.
- Castagna, C.; Manzi, V.; D'Ottavio, S.; Annio, G.; Padua, E y Bishop, D. (2007). Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4): 1172-6.
- Cejuela, R.; Pérez, J.A.; Cortell, J.M.; Chinchilla, J.J.; Rivas, J.; Villa, J.G. y Rodríguez-Marroyo, J.A. (2007). Correlación entre parámetros antropométricos, potencia de salto y puesto ocupado en el campo entre jugadores profesionales de baloncesto. En S. J. Ibáñez y M. M. Macías (Eds.). IV Congreso Ibérico de Baloncesto. Cáceres.
- Conconi, F.; Ferrari, M.; Ziglio, P., G.; Droghetti, P.; Codega, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. Appl. Physiol*. 52(4): 869-873.
- Conconi, F. et al. (1996). The Conconi test: Methodology after 12 years of application. *Int. J. Sports Med*. 17.: 509 – 519.
- Convertino VA. (2007). Blood volume response to physical activity and inactivity. *Am J Med Sci*. Jul;334(1):72-9.

- Cottin F, Leprêtre PM, Lopes P, Papelier Y, Médigue C, Billat V. (2006). Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *Int J Sports Med*. Dec;27(12):959-67.
- Cottin F, Médigue C, Lopes P, Leprêtre PM, Heubert R, Billat V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med*. Apr;28(4):287-94.
- Coutts AJ, Slattery KM, Wallace LK. (2007). Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. *J Sci Med Sport*. Dec;10(6):372-81.
- Crisafulli A, Tocco F, Pittau G, Lorrain L, Porru C, Salis E, Pagliaro P, Melis F, Concu A. (2006). Effect of differences in post-exercise lactate accumulation in athletes' haemodynamics. *Appl Physiol Nutr Metab*. Aug;31(4):423-31.
- Darling J.L., Linderman J.K., Laubach L.L. (2005). *Energy expenditure of Continuous and Intermittent Exercise in College aged males*. JEPonline; 8 (4): 1 - 8.
- Davis, J.A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*, 17 (1), 6 – 21.
- Davis, J.A.; Storer, T. W.; Caiozzo, V.J. (1997). Prediction of normal values for lactate threshold estimated by gas exchange in men and women. *Eur J. Appl Physiol Occup Physiol*; 76 (2): 157-64.
- Delecluse C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med*. Sep;24(3):147-56.
- Demarie, S.; Koralsztein, J. P. y Billat, V. (2000). *Time limit and time at VO₂max, during a continuous and an intermittent run*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 40, 96-102.
- Dietrich, Martín; Carl, Klaus Y Lehnertz, Klaus. (2001). Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo. Ed. Paidotribo, Segunda Edición.

- Dingwell JB, Joubert JE, Diefenthaler F, Trinity JD. (2008). Changes in muscle activity and kinematics of highly trained cyclists during fatigue. *IEEE Trans Biomed Eng.* Nov;55(11):2666-74.
- Dumke CL, Brock DW, Helms BH, Haff GG. (2006). Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. *J Strength Cond Res.* Aug;20(3):601-7.
- Duncker DJ, Bache RJ. (2008). Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev.* Jul;88(3):1009-86.
- Dupont Gregory, Koffi Akakpo and Serge Berthoni. (2004). *The effect of In-Season, High-Intensity Interval Training in Soccer Players.* J Strength Cond Res; Vol. 18 (3): 584 – 589.
- Earnest CP, Jurca R, Church TS, Chicharro JL, Hoyos J, Lucia A. (2004). Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. *Br J Sports Med.* Oct;38(5):568-75.
- Elia M, Stratton R, Stubbs J. (2003). Techniques for the study of energy balance in man. *Proc Nutr Soc.* May;62(2):529-37.
- Esparza, F. Manual de Cineantropometría. (1993) Ed. FEMEDE.
- Espinosa C., Juan S. y Lafuente G., Carlos S. (2002). *Prueba de esfuerzo cardíaca, respiratoria y deportiva.* Edika-Med, Barcelona.
- Eston R, Faulkner J, St Clair Gibson A, Noakes T, Parfitt G. (2007). The effect of antecedent fatiguing activity on the relationship between perceived exertion and physiological activity during a constant load exercise task. *Psychophysiology.* Sep;44(5):779-86.
- Fernández G. B, Pérez-Landaluce J, Rodríguez A. M, Terrados N. (2000). Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc.*, 32(5):1002-6.

- Folke M. (2008). Estimation of the lactate threshold using an electro acoustic sensor system analysing the respiratory air. *Med Biol Eng Comput.* Sep;46(9):939-42.
- Freiwald, Jürgen. (1996). El calentamiento en el deporte. *Ed. Hispano Europea.*: 17-23.
- Friedmann B, Frese F, Menold E, Bärtsch P. (2007). Effects of acute moderate hypoxia on anaerobic capacity in endurance-trained runners. *Eur J Appl Physiol.* Sep;101(1):67-73.
- Friedmann B, Frese F, Menold E, Bärtsch P. (2005). Individual variation in the reduction of heart rate and performance at lactate thresholds in acute normobaric hypoxia. *Int J Sports Med.* Sep;26(7):531-6.
- Fröhner, Gudrum. (2003). Esfuerzo Físico y Entrenamiento en Niños y Jóvenes. *Ed. Paidotribo*, Segunda Edición.
- Fry AC. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med.* 34(10):663-79.
- Garatachea, N.; Cavalcanti, E.; Pérez, R.; Alvear, I. ; De Paz, J. A. (2002). Influencia del modo de ejercicio sobre la relación Consumo de Oxígeno – Frecuencia Cardíaca. Rendimiento Deportivo.com N°1. <http://www.RendimientoDeportivo.com/N001/Artic003.htm> (Consulta 08/05/2003)
- Garatachea Vallejo, N. y De Paz Fernández, J.A.. (2003). *Exactitud del método de monitorización de la frecuencia cardíaca en la estimación del coste energético.* Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte –Vol 3 (9), pp. 15-29 ISSN: 1577-0354.
- García J, Navarro M, Ruiz JA. (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte.* Madrid: Gymnos Editorial Deportiva.
- García-López, J.C.; Villa Vicente, J.G.; Rodríguez-Marroyo J.A.; Morante Rabago J.C.; del Palacio, E. y Jover Ruiz, R. (2003a). Aplicación de un test

de esfuerzo intervalico (Test de Probst) para valorar la cualidad aeróbica en futbolistas de la liga española. *Apuntes Educación Física y Deportes*. (71): 80-88.

García Manso, J.M.; Navarro, M.; Ruiz, J.A. (1996). *Pruebas de valoración de la capacidad motriz en el deporte*. Gymnos. Madrid.

Garcin M, Mille-Hamard L, Billat V. (2004). Influence of aerobic fitness level on measured and estimated perceived exertion during exhausting runs. *Int J Sports Med*. May;25(4):270-7.

Geijsel J, Bomhoff G, van Velzen J, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. (1984). Bicycle ergometry and speed skating performance. *Int J Sports Med*. Oct;5(5):241-5.

Ghorayeb N, Batlouni M, Pinto IM, Dioguardi GS. (2005). Left ventricular hypertrophy of athletes: adaptative physiologic response of the heart. *Arq Bras Cardiol*. Sep;85(3):191-7.

Glaister M. (2005). Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*. 35(9):757-77

Gorostiaga A. (1999). E. Aspectos Metodológicos y Resultados en Deportistas de Alto Rendimiento. *INFOCOES.*, Vol. IV, n.º 1. Conferencia impartida en las Jornadas sobre Medicina y Deporte de Alto Nivel.

Gorostiaga, E.M., Walter, C.B., Foster, C., y Hickson, R.C. (1991). *Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity*. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 101-107.

Gorostiaga, E. (1993). *Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling*. *International Journal in Sports Medicine*. 14(2), 72-77.

González-Haro C, Galilea PA, Drobic F, Escanero JF. (2007). Validation of a field test to determine the maximal aerobic power in triathletes and endurance cyclists. *Br J Sports Med*. Mar;41(3):174-9.

- Grazzi G, Mazzoni G, Casoni I, Uliari S, Collini G, Heide L, Conconi F. (2008). Identification of a Vo₂ deflection point coinciding with the heart rate deflection point and ventilatory threshold in cycling. *J Strength Cond Res*. Jul;22(4):1116-23.
- Gros Lambert A, Grappe F, Bertucci W, Perrey S, Girard AJ, Rouillon JD. (2004). A perceptive individual time trial performed by triathletes to estimate the anaerobic threshold. A preliminary study. *J Sports Med Phys Fitness*. Jun;44(2):147-56.
- Gupta S, Goswami A, Sadhukhan AK, Mathur DN. (1996). Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. *Int J Sports Med*. Feb;17(2):106-10.
- Gutmann AK, Jacobi B, Butcher MT, Bertram JE. (2006). Constrained optimization in human running. *J Exp Biol*, 209(Pt 4):622-32.
- Heigenhauser GJ, Parolin ML. (1999). Role of pyruvate dehydrogenase in lactate production in exercising human skeletal muscle. *Adv Exp Med Biol*. ;474:205-18.
- Henderson GC, Fattor JA, Horning MA, Faghihnia N, Johnson ML, Luke-Zeitoun M, Brooks GA. (2008). Glucoregulation is more precise in women than in men during postexercise recovery. *Am J Clin Nutr*. 87(6):1686-94.
- Henry CJ. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr*. Oct;8(7A):1133-52
- Heyward, Vivian H. (2006). Evaluación y Prescripción del Ejercicio. *Ed. Paidotribo*,. Octava Edición.
- Hollmann W. 42 years ago--development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med*. 31(5):315-20.
- Holm L, Reitelseder S, Pedersen TG, Doessing S, Petersen SG, Flyvbjerg A, Andersen JL, Aagaard P, Kjaer M. (2008). Changes in muscle size and

- MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *J Appl Physiol*. Nov;105(5):1454-61. Epub 2008 Sep 11.
- Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD. (2006). Heart rate variability and physical exercise. Current status. *Herz*. Sep;31(6):544-52
- Hurst HT, Atkins S. Agreement between polar and SRM mobile ergometer systems during laboratory-based high-intensity, intermittent cycling activity. (2006). *J Sports Sci*. Aug; 24(8):863-8.
- Ingen Schenau, G. J Van, G. de Groot and A. P. Hollander. (1983). Sometechnical, physiological and anthropometrical aspects of speed skating. *Eur. J. Appl. Physiol*. 50: 343 – 354.
- Jack H. Wilmore and David L. Costill. (2004). Fisiología del Esfuerzo. 5ta Edición. *Editorial Paidrotibo*. Barcelona.
- Joseph T, Johnson B, Battista RA, Wright G, Dodge C, Porcari JP, de Koning JJ, Foster C. (2008). Perception of fatigue during simulated competition. *Med Sci Sports Exerc*. Feb;40(2):381-6.
- Jones EJ, Bishop PA, Richardson MT, Smith JF. (2006). Stability of a practical measure of recovery from resistance training. *J Strength Cond Res*. Nov;20(4):756-9
- Juan Manuel García Manso, Manuel Navarro Valdivieso, José A. Ruiz Caballero. (1996). Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones. *Editorial Gymnos*. Madrid.
- Kaikkonen P, Nummela A, Rusko H. (2007). Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *Eur J Appl Physiol*. Dec;102(1):79-86.
- K. W. Rundell, L. P. Pripstein. (1995). Physiological responses of speed skaters to treadmill low walking and cycle ergometry. *Int J Sports Med*. Jul;16(5):304-8.

- Keskinen O. P.; Keskinen K.L.; Mero A.A. (2006). Effect of Pool Length on Blood Lactate, Heart Rate, and Velocity in Swimming. *Int J Sports Med*. Nov 16.
- Kenefick RW, Mattern CO, Mahood NV, Quinn TJ. (2002). Physiological variables at lactate threshold under-represent cycling time-trial intensity. *J Sports Med Phys Fitness*. Dec;42(4):396-402.
- Kenneth W. Rundell. (1996). Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill in-line skating. *Medicine and science in sports and exercise (Baltimore, Md.)*; Jan: 28 (1). p. 120.
- Klaus B., Stefan H., Fritz Fischer, Dieter Leyk, Otmar S. and Dieter E. (1999). Comparison between the physiological response to roller skiing and in-line skating in biathletes. *Medicine and science in sports and exercise (Baltimore, Md.)*; Apr: 31 (4). p. 595-598.
- Kneffel Z, Horváth P, Petrekanits M, Németh H, Sidó Z, Pavlik G. (2007). Relationship between relative aerobic power and echocardiographic characteristics in male athletes. *Echocardiography*. Oct;24(9):901-10.
- Koepp KK, Janot JM. (2008). A comparison of VO₂max and metabolic variables between treadmill running and treadmill skating. *J Strength Cond Res*. Mar;22(2):497-502.
- Kyröläinen H, Pullinen T, Candau R, Avela J, Huttunen P, Komi PV. (2000). Effects of marathon running on running economy and kinematics. *Eur J Appl Physiol*. Jul;82(4):297-304.
- Larsson P, Olofsson P, Jakobsson E, Burlin L, Henriksson-Larsén K. (2002). Physiological predictors of performance in cross-country skiing from treadmill tests in male and female subjects. *Scand J Med Sci Sports*. Dec;12(6):347-53.
- Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. Nov;34(11):1801-7.

- Legaz Arrese A, Munguía Izquierdo D, Serveto Galindo JR. (2006). Physiological measures associated with marathon running performance in high-level male and female homogeneous groups. *Int J Sports Med.* Apr;27(4):289-95.
- Lemmink KA, Visscher C, Lambert MI, Lamberts RP. (2004). The interval shuttle run test for intermittent sport players: evaluation of reliability. *J Strength Cond Res.* Nov;18(4):821-7.
- Lepretre PM, Foster C, Koralsztein JP, Billat VL. (2005). Heart rate deflection point as a strategy to defend stroke volume during incremental exercise. *J Appl Physiol.* May;98(5):1660-5.
- López Chicharro J., Aznar L. Susana, Vaquero Almudena F., López M. Luis M., Mulas Alejandro L., y Ruiz Margarita Pérez. (2004). Transición Aeróbica – Anaeróbica, Concepto, metodología de determinación y aplicaciones. 1ra Ed. Enero,. *Edición Master Line & Prodigio S. L.*
- Lucía A, Hoyos J, Pérez M, Chicharro JL. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc.* Oct;32(10):1777-82.
- Lucía A, Rabadán M, Hoyos J, Hernández-Capilla M, Pérez M, San Juan AF, Earnest CP, Chicharro JL. (2004). Frequency of the VO₂max plateau phenomenon in world-class cyclists. *Int J Sports Med.* Dec;27(12):984-92.
- Mac Dougall, J.; Wenger, H.; Green, H. Canadian Association of Sport Sciences. (2000). Segunda Edición. Evaluación Fisiológica del Deportista. *Editorial Paidotribo.* Barcelona.
- MacKinnon LT. (2000). Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunol Cell Biol.* 78(5):502-9
- Maeder MT, Ammann P, Rickli H, Brunner-La Rocca HP. (2009). Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol.* Jan;105(2):247-55.

- Mazzeo RS. (2008). Physiological responses to exercise at altitude : an update. *Sports Med.* 38(1):1-8.
- Marino, F. (1998). Descripción de variables antropométricas y funcionales del patinaje de carreras. Selección Colombia 1996 – 1997. Federación Colombiana de Patinaje. *Revista Medicina Deportiva Colombia.* Volumen 1 # 1. Pág 28 – 32. Septiembre.
- Martinelli FS, Chacon-Mikahil MP, Martins LE, Lima-Filho EC, Golfetti R, Paschoal MA, Gallo-Junior L. (2005). Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Braz J Med Biol Res.* Apr;38(4):639-47.
- Martínez L, Emilio J. (2006). Pruebas de Aptitud Física. *Ed. Paidotribo.*, Novena Edición.
- Martínez Zazo M. L. (1991). *Comparación de las características fisiológicas del patinaje de velocidad sobre ruedas con el cicloergómetro y el tapiz rodante.* Centro de Investigación y Medicina del Deporte, Pamplona (España). *Revista de Investigación y Documentación sobre las ciencias de la Educación Física* # 19. p. 10 – 23.
- Martinmäki K, Rusko H. (2008). Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. [Eur J Appl Physiol.](#) Feb;102(3):353-60.
- McCardle, W.D., F.L. Katch, and V.L. Katch. (2004). *Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. Energía, Nutrición y Rendimiento Humano.* 2da Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana.
- McCardle, W.D., F.L. Katch, and V.L. Katch. (1991). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and human performance.* Philadelphia: Lea & Febiger.
- McConnell AK, Romer LM. (2004). Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *Int J Sports Med.* May;25(4):284-93.

- McConnell AK, Sharpe GR. (2005). The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady-state and blood lactate concentration. [*Eur J Appl Physiol.*](#) Jun;94(3):277-84.
- McGehee JC, Tanner CJ, Houmard JA. (2005). A comparison of methods for estimating the lactate threshold. [*J Strength Cond Res.*](#) Aug;19(3):553-8.
- McNaughton LR, Kenney S, Siegler J, Midgley AW, Lovell RJ, Bentley DJ. (2007). The effect of superoxygenated water on blood gases, lactate, and aerobic cycling performance. [*Int J Sports Physiol Perform.*](#) Dec;2(4):377-85.
- Messonier L, Freund H, Denis C, Féasson L, Lacour JR. (2006). Effects of training on lactate kinetics parameters and their influence on short high-intensity exercise performance. [*Int J Sports Med.*](#) Jan;27(1):60-6.
- Messonier L, Freund H, Féasson L, Prieur F, Castells J, Denis C, Linossier MT, Geysant A, Lacour JR. (2001). Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia. [*Eur J Appl Physiol.*](#) May;84(5):403-12.
- Minahan C, Wood C. (2008). Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. [*Eur J Appl Physiol.*](#) Apr;102(6):659-66.
- Minetto MA, Paccotti P, Borrione P, Massazza G, Ventura M, Termine A, Di Luigi L, Pigozzi F, Angeli A. (2006). Effects of the training status on the hormonal response and recovery from high-intensity isokinetic exercise: comparisons between endurance-trained athletes and sedentary subjects. [*J Sports Med Phys Fitness.*](#) Sep;46(3):494-500.
- Miller GS, Dougherty PJ, Green JS, Crouse SF. (2007). Comparison of cardiorespiratory responses of moderately trained men and women using two different treadmill protocols. [*J Strength Cond Res.*](#) Nov;21(4):1067-71.
- Millikonsky, Pablo. Mazza, Juan C. (2003). Capacidad y Potencia Anaeróbica según Sexo, Edad y Grupos Musculares. PubliCE Standard. Pid: 196.

- Modrego Ochoa, A. (1992). Comparación fisiológica entre tapiz rodante, cicloergómetro y patinaje de velocidad sobre ruedas. *Tesis Navarra* (España).
- Morris JN, Hardman AE. (1997). Walking to health. *Sports Med.* May;23(5):306-32.
- Motl RW, Gliottoni RC, Scott JA. (2007). Self-efficacy correlates with leg muscle pain during maximal and submaximal cycling exercise. [*J Pain.*](#) Jul;8(7):583-7.
- Navarro, Valdivieso. F. (1998). *La resistencia*. Madrid: Gymnos.
- Neumayr G, Pfister R, Mitterbauer G, Maurer A, Hoernagl H. (2004). Effect of ultramarathon cycling on the heart rate in elite cyclists. *Br J Sports Med.* Feb;38(1):55-9.
- Niess AM, Feherenbach E, Roecker K, Lehmann R, Opavsky L, Dickhuth HH. (2003). Individual differences in self-reported heat tolerance. Is there a link to the cardiocirculatory, thermoregulatory and hormonal response to endurance exercise in heat?. [*J Sports Med Phys Fitness.*](#) 43(3):386-92.
- Nobes KJ, Montgomery DL, Pearsall DJ, Turcotte RA, Lefebvre R, Whittom F. (2003). A comparison of skating economy on-ice and on the skating treadmill. *Can J Appl Physiol.* Feb;28(1):1-11.
- Okudan N, Gökbel H. (2006). The ventilatory anaerobic threshold is related to, but is lower than, the critical power, but does not explain exercise tolerance at this workrate. [*J Sports Med Phys Fitness.*](#) Mar;46(1):15-9.
- Overend, T.J.; Paterson, D.H., y Cunningham, D.A. (1992). *The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters*. Canadian Journal of Sport Sciences, 17 (2), 129 – 134.
- Ozyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ. (2003). Negative accumulated oxygen deficit during heavy and very heavy intensity cycle ergometry in humans. *Eur J Appl Physiol.* Sep;90(1-2):185-90.

- Pantoja-Martínez J, Navarro Fernández-Balbuena C, Gormaz-Moreno M, Quintans-Castro B, Esparza-Sánchez MA, Bonet-Arzo J. (2004). Myoadenylate deaminase deficiency in a child with myalgias induced by physical exercise. [Rev Neurol](#). Sep 1-15;39(5):431-4
- Passelergue PA, Cormery B, Lac G, Léger LA. (2006). Utility of the Conconi's heart rate deflection to monitor the intensity of aerobic training. *J Strength Cond Res*. Feb;20(1):88-94.
- Paton, Carl D. Hopkins, Will G. (2005). *Efectos del Entrenamiento de Alta Intensidad sobre el Rendimiento y la Fisiología de los Atletas de Resistencia*. PubliCE Standard. Pid: 458.
- Péronnet F, Aguilaniu B. (2006). Lactic acid buffering, nonmetabolic CO₂ and exercise hyperventilation: a critical reappraisal. [Respir Physiol Neurobiol](#). Jan 25;150(1):4-18.
- Plato PA, McNulty M, Crunk SM, Tug Ergun A. (2008). Predicting lactate threshold using ventilatory threshold. *Int J Sports Med*. Sep;29(9):732-7.
- Ponorac N, Matavulj A, Rajkovaca Z, Kovacević P. (2007). The assessment of anaerobic capacity in athletes of various sports. *Med Pregl*. Sep-Oct;60(9-10):427-30.
- Price DT, Davidoff R, Balady GJ. (2000). Comparison of cardiovascular adaptations to long-term arm and leg exercise in wheelchair athletes versus long-distance runners. [Am J Cardiol](#). Apr 15;85(8):996-1001.
- Probst, H. (1989). Test par intervalles pour foorballeurs. *Revue Macolin*. No. 5: 7-9.
- Probst, H.; Comminot, C.H. y Rojas, J. (1989). Conconi-test auf dem Fahrradergometer. *Schwiez Z Sportmed*, n. 37, pp. 141-147.
- Ralph B., Mathias H., Serge P. Von Duvillard, Martin Sellens and Renate M. L. (2003). Effect of Test Interruptions on Blood Lactate during Constant

- Workload Testing. *Medicine and science in sports and exercise*. Septiembre 35(9): 1626 – 1630.
- Ratel S, Duché P, Williams CA. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. [*Sports Med*](#). 36(12):1031-65.
- Rezk CC, Marrache RC, Tinucci T, Mion D Jr, Forjaz CL. (2006). Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. Sep;98(1):105-12.
- Riccardo, Mirella. (2006). Nuevas Metodologías del Entrenamiento de la Fuerza, Resistencia y Velocidad. Ed. Paidotribo, Novena Edición.
- Rico-Sanz, J. (1997). Evaluaciones fisiológicas en futbolistas. Archivos de Medicina del Deporte. Vol. XIV, No. 61: 377 – 380.
- Rodríguez, F. A.; Iglesias, X.; Tapiolas, J. (1996). *Gasto energético y valoración metabólica en el fútbol*. Training fútbol, No. 9: 25-33.
- Rodríguez, F. A. (1991). *Valoración funcional del jugador de hockey sobre patines*. Apuntes: Educación Física i Esports, No. 23: 51 – 62.
- Rodríguez Guisado, F. A. y Aragonés Clemente, M.T. (1992). *Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico*. Interamericana McGraw-Hill. Madrid.
- Rodríguez M., J. A.; García, J; Fernández, G.; Rubio, I.; Martín, A; Villa, J. G. (2002). Sensibilidad de las pruebas de laboratorio para evaluar los cambios producidos en la cualidad aeróbica tras un período de entrenamiento. *Actas del Congreso Internacional de Fútbol Salamanca*.
- Roecker K, Striegel H, Dickhuth HH. Heart-rate recommendations: transfer between running and cycling exercise?. (2003). *Int J Sports Med*. 2003 Apr;24(3):173-8.
- Roisheen A. Doherty; J P. Neary; Yagesh N. Bhambhani y Howard A. Wenger. (2008). *Efectos de 15 días de Interrupción del Entrenamiento sobre*

Variables Selectas Fisiológicas y de Rendimiento en Corredoras. PubliCE Premium. Pid: 988.

- Roseguini BT, Narro F, Oliveira AR, Ribeiro JP. (2007). Estimation of the lactate threshold from heart rate response to submaximal exercise: the pulse deficit. *Int J Sports Med.* Jun;28(6):463-9.
- Rundell KW, Pripstein LP. (1995). Physiological responses of speed skaters to treadmill low walking and cycle ergometry. *Int J Sports Med.* Jul;16(5):304-8.
- Scarfó, Ricardo L. (2005). *El Ejercicio Intermitente: Perfil Metabólico Muscular.* PubliCE Standard. Pid: 485.
- Schmitt L, Fouillot JP, Millet GP, Robach P, Nicolet G, Brugniaux J, Richalet JP. (2008). Altitude, heart rate variability and aerobic capacities. *Int J Sports Med.* Apr;29(4):300-6.
- Silla C., Diego. (1999). *Capacidad física y valoración funcional del jugador de Hockey hierba.* Tesis Doctoral, Barcelona (España).
- Spieler DK, Goldsmith R, Baran DA, Hryniewicz K, Katz SD. (2004). Effects of active vs. passive recovery on work performed during serial supramaximal exercise tests. [Int J Sports Med.](#) Feb;25(2):109-14
- Stickland MK, Welsh RC, Petersen SR, Tyberg JV, Anderson WD, Jones RL, Taylor DA, Bouffard M, Haykowsky MJ. (2006). Does fitness level modulate the cardiovascular hemodynamic response to exercise?. [J Appl Physiol.](#) Jun;100(6):1895-901.
- Suzuki S, Sumi K, Matsubara M. (2008). Cardiac autonomic control immediately after exercise in female distance runners. *J Physiol Anthropol.* Nov;27(6):325-32.
- Südkamp M, Menzel C, Sindhu D, Savidou-Zaroti P, La Rosée K, Hekmat K, Mehlhorn U. (2005). Is measuring by portable heart rate monitors (sport

- watches) dependable in patients with an implanted pacemaker?. *Dtsch Med Wochenschr.* May 27;130(21):1307-10.
- Svanishvili R, Sopromadze Z, Kakhabrishvili Z, Svanishvili T, Maskhulia L. (2009). Athletes' physical working capacity. *Georgian Med News.* Jan;(166):68-73.
- Taoutaou Z, Granier P, Mercier B, Mercier J, Ahmaidi S, Prefaut C. (1996). Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 73(5):465-70.
- Tessitore A, Meeusen R, Pagano R, Benvenuti C, Tiberi M, Capranica L. (2008). Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. *J Strength Cond Res.* Sep;22(5):1402-12.
- Todd L. Allinger and Anton J. Van Den Bogert. (1997). Skating technique for the straights, based on the optimization of a simulation model. *Medicine and science in sports and exercise (Baltimore, Md.);* Feb: 29 (2). p. 279-286.
- Trümper C, Mäueler S, Vobejda C, Zimmermann EY. (2008). Heart rate based protocols for exercise challenge testing do not ensure sufficient exercise intensity for inducing exercise-induced bronchial obstruction. *Br J Sports Med.* Mar 4.
- Tuimil, J. L. y Rodríguez, F. A. (2000). *Effects of equated continuous and interval training on running velocity at maximal aerobic speed and on its time to Exhaustion.* Vth Congress of the European college of Sport Science: Jyväskylä.
- U. Ekelund, A. Yngve, M. Sjortrom, K. Westerterp. (2000). Field evaluation of the Computer Science and Application's Inc. activity monitor during running and skating training in adolescent athletes. *International journal of sports medicine (Stuttgart);* Nov: 21 (8). p. 586-592.
- Uusitalo AL, Uusitalo AJ, Rusko HK. (2000). Heart rate and blood pressure variability during heavy training and overtraining in the female athlete. *Int J Sports Med.* Jan;21(1):45-53.

- Van Ingen Schenau GJ, de Koning JJ, de Groot G. (1994). Optimisation of sprinting performance in running, cycling and speed skating. *Sports Med.* Apr;17(4):259-75.
- Van Schuylenbergh R, Vanden Eynde B, Hespel P. (2004). Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. *Int J Sports Med.* Aug;25(6):403-8.
- Vaquera A; Rodriguez-Marroyo, J.A.; Morante, J.C.; García-López, J.; Mendonça, P. y Avila, C. (2006). Test Interválico para la Valoración de la Resistencia Específica. En *Novedades en Medicina Deportiva y Traumatología, Baloncesto*. Coord. Jiménez, F.; Caballero, A.; Villa, J.G.; Barriga, A. Junta de Castilla la Mancha. 377-388
- Vaquera, A.; Morante, J.C.; García-López, J.; Rodríguez-Marroyo, J.A.; Avila, C.; Mendonça, P. y Villa, J.G. (2007). Design and application of the field test TIVRE-Basket for the evaluation of the aerobic resistance in basketball players. *Motricidad. European Journal of Human Movement.* 18:19-40.
- Vaquera, A.; Refoyo, I.; Villa, J.G.; Calleja, J.; Rodríguez-Marroyo, J.A.; García-López J. y Sampedro, J. (2008). Heart rate response to game-play in professional basketball players. *Journal of Human Sport and Exercise.* 3 (1):1-9.
- Vasconcelos R. Antonio. (2005). *Planificación y Organización del Entrenamiento Deportivo*. Ed. Paidotribo, Primera Edición.
- Vásquez, J. (2003). *Control del Peso y Composición Corporal en Atletas*. G.S.S.I. *Sport Science Exchange*.
- Venkata Ramana Y., Surya Kumasi M.V.L., Sudhakar Rao S., Balakrishna N. (2004). *Effects of Changes in Body Composition Profile on VO₂ max. and Maximal Work Performance in Athletes*. *JepOnline*; Vol. 7 (1).
- Vergès S, Flore P, Laplaud D, Guinot M, Favre-Juvin A. (2006). Laboratory running test vs. field roller skiing test in cross-country skiers: a longitudinal study. *Int J Sports Med.* Apr;27(4):307-13.

- Vesovic D, Borjanovic S. (2001). Comparison of certain biochemical changes during exercise tests on treadmill and bicycle-ergometer with equal workload intensity. [Med Lav](#). Mar-Apr;92(2):130-6.
- Villa, J. G.; De Paz, J. A.; González-Gallego, J. (1992). Bases para la evaluación de la condición física y la preparación deportiva. En Santoja, R. *Libro Olímpico de Medicina Deportiva*. Ed. C.O.E. Madrid 23-34.
- Villa, J. G.; García, J.; Morante, J. C.; San Román, Z. (1999). Validación del test de resistencia específica de Probst en futbolistas profesionales. *IV Simposium de Investigación en el Fútbol*. Sevilla.
- Villa, J.G.; García-López, J.; Morante, J.C. y San Roman, Z. (2000a). Validación del test de resistencia específico de Probst en futbolistas profesionales. *Archivos de Medicina del Deporte*. 17(76): 185-186.
- Villa, J. G.; Rodríguez-Marroyo, J. A.; Vaquera, A.; Morante, J. C.; García-López, J.; Ávila, C.; Seco J.; Pérez, J. A. y Cejuela, R. (2007). Mejoras en esfuerzos y recuperación tras entrenamiento de pretemporada mediante test de campo TIVRE-Basket. En S. J. Ibáñez y M. M. Macías (Eds.). *IV Congreso Ibérico de Baloncesto*. Cáceres.
- Villierius V, Duc S, Grappe F. (2008). Physiological and neuromuscular responses of competitive cyclists during a simulated self-paced interval training session. *Int J Sports Med*. Sep;29(9):770-7.
- Vøllestad NK. (1995). Metabolic correlates of fatigue from different types of exercise in man. [Adv Exp Med Biol](#). 384:185-94.
- Vuorimaa, T.; Vasankari, T. Y Rusko, H. (2000). Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at the velocity associated with VO₂max. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 96-101.
- Yuhasz M. (1974). *Physical Fitness Manual*. University of Western Ontario, Canada.
- Wasserman K. (2002). Anaerobic threshold and cardiovascular function. *Monaldi Arch Chest Dis*, 58(1):1-5.

- Wasserman K. (1984). The anaerobic threshold measurement in exercise testing. *Clin Chest Med.* Mar;5(1):77-88.
- Watson G, Judelson DA, Armstrong LE, Yeargin SW, Casa DJ, Maresh CM. (2005). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive sprint and power performance. *Med Sci Sports Exerc.* Jul;37(7):1168-74.
- Watts, Jeffrey H. (2006). *Acondicionamiento Específico para Atletas de Deportes Anaeróbicos.* PubliCE Standard. Pid: 707.
- Weltman, A.; Snead, D.; Seip, R.; Schurrer, R.; Weltman, J.; Rutt, R. y Rogol, A. (1990). Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve and VO₂max for determining endurance training intensity in male runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (3), 218-222.
- Westerterp KR, Plasqui G. (2004). Physical activity and human energy expenditure. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* Nov;7(6):607-13.
- Weston SB, Gabbett TJ. (2001). Reproducibility of ventilation of thresholds in trained cyclists during ramp cycle exercise. *J Sci Med Sport.* Sep;4(3):357-66.
- Whipp BJ. (2007). Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO₂ and O₂ exchange dynamics during exercise in humans. *Exp Physiol.* Mar;92(2):347-55.
- Whyte GP, George K, Shave R, Middleton N, Nevill AM. Training induced changes in maximum heart rate. (2008). *Int J Sports Med.* Feb;29(2):129-33.
- Williams JT, Pricher MP, Halliwill JR. (2005). Is postexercise hypotension related to excess postexercise oxygen consumption through changes in leg blood flow?. *J Appl Physiol.* 2005 Apr;98(4):1463-8.
- Wilmore, Jack H. y Costill., David L. (2004). Fisiología del esfuerzo y del deporte. Quinta Edición. *Editorial Paidotribo.*

- Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med.* 34(7):443-9.
- Woods K, Bishop P, Jones E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med.* 37(12):1089-99.
- Wray DW, Donato AJ, Nishiyama SK, Richardson RS. (2007). Acute sympathetic vasoconstriction at rest and during dynamic exercise in cyclists and sedentary humans. *J Appl Physiol.* Feb;102(2):704-12.
- Würch A. (1974). La femme et le sport. *Medicine sportive.* 5 (1) París.
- Xu F, Rhodes EC. (1999). Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med.* May;27(5):313-27.
- Yague A., Pablo L. (2005). Hockey sobre patines: Estudio de las demandas fisiológicas en competición, análisis del perfil fisiológico funcional, desarrollado y validación de un modelo de valoración funcional específica orientada al jugador de campo. Tesis Doctoral, Oviedo (España).
- Zawadowska B, Majerczak J, Semik D, Karasinski J, Kolodziejski L, Kilarski WM, Duda K, Zoladz JA. (2004). Characteristics of myosin profile in human vastus lateralis muscle in relation to training background. *Folia Histochem Cytobiol.* 42(3):181-90
- Zoladz JA, Semik D, Zawadowska B, Majerczak J, Karasinski J, Kolodziejski L, Duda K, Kilarski WM. (2005). Capillary density and capillary-to-fibre ratio in vastus lateralis muscle of untrained and trained men. *Folia Histochem Cytobiol.* 43(1):11-7



VIII. ANEXOS

ANEXO I. CARTA DE CONSENTIMIENTO DE LOS DEPORTISTAS

Pamplona (Colombia), a _____ de _____ de 200__
Yo _____, identificado con c.c. _____ de la
ciudad de _____, informo

Declaro que he sido informado con detalle y he leído la hoja informativa que me ha sido entregada en la cual se explica la finalidad y desarrollo planteado por D. Enrique LOZANO, respecto a las pruebas que pretende desarrollar su Tesis doctoral titulada **“TEST DE CAMPO PARA VALORAR LA CUALIDAD AEROBICA DEL PATINADOR SOBRE RUEDAS”**

He tenido oportunidad de efectuar las preguntas que he considerado oportunas acerca del estudio. He recibido respuestas satisfactorias. Entiendo que mi participación es voluntaria y que puedo abandonar el estudio cuando lo desee, sin que tener que dar explicaciones.

También he sido informado de forma clara, precisa y suficiente de los siguientes extremos que afectan a los datos personales que se contienen en este consentimiento. Estos datos serán tratados y custodiados con respeto a mi intimidad y a la vigente normativa de protección de datos. Sobre estos datos me asisten los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición que podré ejercitar mediante solicitud ante el investigador responsable en la dirección de contacto que figura en este documento. Estos datos no podrán ser cedidos sin mi consentimiento expreso y no lo otorgo en este acto.

Declaro que he leído y conozco el contenido del presente documento, comprendo los compromisos que asumo y los acepto expresamente. Y, por ello, firmo este consentimiento informado de forma voluntaria para manifestar mi deseo de participar en este estudio, hasta que decida lo contrario.

Firma Deportista

Firma Entrenador

ANEXO II. Cicloergómetro

Este cicloergómetro tiene la ventaja que es portátil y de fácil uso. Se puede ajustar en él, la bicicleta con la cual el deportista habitualmente entrena. Este cyclus II (h/p/comos®), está elaborado en Alemania, tiene incorporado un software con el cual se controla la cadencia y el aumento de la carga o resistencia en cada período de acuerdo al protocolo a desarrollar.



ANEXO III. Analizador de gases

Visión del sistema metamax II, portátil, no tiene un mayor peso, por lo tanto no perjudica el buen desarrollo y desempeño de la prueba en un test de campo, ya que el deportista lo carga en su espalda, al igual es de fácil manejo. Controlando así las variables ventilatorias con fiabilidad, para conocer sus valores máximos y en el umbral.



ANEXO IV. Plan grafico de la preparaci3n de los patinadores

		D/TAL												SELECTIVO												MUNDIAL																									
		27/30						b/GA																		CHINA																									
		20		27		3		10		17		24		31		7		14		21		28		4		11		18		25		1		8		15		22		29		5		12		19		26		3	
FECHA INICIO		26		9		16		23		30		6		13		20		27		3		10		17		24		31		7		14		21		28		4		11		18		25		2					
FECHA TERMINACION		21		28		5		12		19		26		3		10		17		24		31		7		14		21		28		4		11		18		25		2											
MES		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE																											
N SEMANAS MACROCICLO		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
PERIODO		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
N SEMANAS		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
%		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
ETAPA		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
%		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
MESOCICLOS		DESARROLL		ESTAB		DESARROLLADOR		ESTABILIZACION		COMPETITIVO		DESARROLL		ESTAB		DESARROLLADOR		ESTABILIZACION		COMPETITIVO		DESARROLL		ESTAB		DESARROLLADOR		ESTABILIZACION		COMPETITIVO		DESARROLL		ESTAB		DESARROLLADOR		ESTABILIZACION		COMPETITIVO		DESARROLL		ESTAB		DESARROLLADOR		ESTABILIZACION		COMPETITIVO	
MICROCICLOS		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24			
VALORACION		3		5		7		5		2		2		3		4		11		12		3		4		6		5		4		5		6		5		5		5		5		5							
ONDA VOLUMEN		90		92		94		96		75		70		96		97		98		100		99		95		90		85		80		75		70		70		70		70		70		70							
KILOMETROS REALIZADO		179		179		256		184		100		80		200																																					
KILOMETRAJE PLANIFICADO		96		160		223		160		66		120		174		241		247		269		67		90		170		142		142		113		96		120		144		120		120									
KILOMETROS DEL MESO		638		602		673		566		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480		480									
ONDA INTENSIDAD		80		80		5		81		90		90		81		81.5		82		82.5		83		83.5		84		85		90		90		90		90		90		90		90		90							
		96		160		223		160		66		120		174		241		247		269		67		90		170		142		142		113		96		120		144		120		120		120							



UNIVERSIDAD DE LEÓN



Grupo de Investigación “VALFIS”

“Valoración de la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo”

Departamento de Educación Física y Deportiva

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Instituto de Biomedicina (IBIOMED)