

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Instituto Nacional de Educación Física de Galicia

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONTINUO
E INTERVÁLICO SOBRE LA VELOCIDAD
AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA.**

Tesis doctoral presentada por:

JOSÉ LUIS TUIMIL LÓPEZ

Director:

Dr. Ferran A. Rodríguez y Guisado

A Coruña, 1999



UNIVERSIDADE DA CORUÑA
DEPARTAMENTO DE MEDICINA



Instituto Nacional de Educación Física de Galicia

PROGRAMA DE DOUTORAMENTO:
“FUNDAMENTOS DA MOTRICIDADE HUMANA E DO RENDEMENTO
DEPORTIVO”
BIENIO 1993/95

TESIS DOCTORAL

EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONTINUO E
INTERVÁLICO SOBRE LA VELOCIDAD AERÓBICA
MÁXIMA DE CARRERA

Para optar al título de:
Doctor en Educación Física

Presentada por:
JOSÉ LUIS TUIMIL LÓPEZ

Director :
Dr. FERRAN A. RODRÍGUEZ y GUISADO

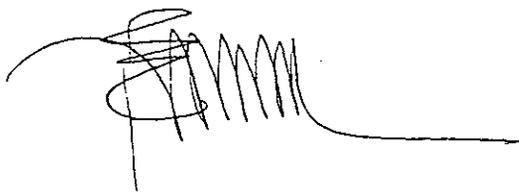
A Coruña, 1999

FERRAN A. RODRÍGUEZ Y GUISADO, Doctor en Medicina y Cirugía
por la Universidad de Barcelona,

HACE CONSTAR:

Que el Licenciado D. JOSÉ LUIS TUIMIL LÓPEZ ha realizado bajo mi
dirección el trabajo de investigación que se expone en la memoria de tesis docto-
ral titulada "Efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre la velocidad
aeróbica máxima de carrera". Dicho estudio reúne, a mi criterio, los requisitos
exigibles para su presentación, defensa pública y colación del grado de Doctor.

En A Coruña a 16 de diciembre de 1999.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ferran A. Rodríguez y Guisado'. The signature is stylized with a large initial 'F' and a series of vertical strokes for the rest of the name. A horizontal line extends to the right from the end of the signature.

AGRADECIMIENTOS

- A mi director de tesis Ferran A. Rodríguez y Guisado por todas sus enseñanzas, sus consejos y su tiempo de dedicación a esta tesis.
- A mis compañeros y amigos del INEF de Galicia, especialmente a Jorge Dopico y Miguel Fernández por su constante preocupación y colaboración desinteresada en la elaboración de esta tesis.
- A Ramón Barral, Alberto Oro, Antonio Rivas, Luis Morenilla, Eliseo Iglesias, Elena Sierra y Miguel Saavedra por soportar tantas horas de reflexiones en voz alta y por sus sugerencias siempre tan acertadas.
- A Rafael Martín por sus consejos y por su estímulo constante hacia la investigación y el conocimiento. Por su interés y preocupación por esta tesis desde su origen hasta su finalización.
- A Sonia Vázquez por toda su colaboración en esta tesis. Por su entusiasmo y alegría. Por su amistad.
- A Andrés Casado y la unidad de traducción por hacerme el trabajo más fácil.
- A todos los alumnos participantes en el estudio por su esfuerzo desinteresado, por su disciplina.
- Al INEF de Galicia por poner a mi disposición la situación y los medios que hicieron posible este trabajo.

*A mis padres, por su ejemplo de
honestidad y trabajo.*

*A Eva por su apoyo, cariño y comprensión
mostrados a lo largo de estos años.*

ABREVIATURAS

ATP	Adenosina trifosfato
CC	Carrera continua
CI	Carrera interválica
cm	Centímetros
CMJ	Countermovement jump (salto vertical con contramovimiento y sin acción de los brazos)
CMJA	Countermovement jump with arms (salto vertical con contramovimiento y con acción de los brazos)
CP	Creatina fosfato
dif (A - V)O ₂	Diferencia arterio-venosa de oxígeno
DJ	Drop jump (salto vertical pliométrico)
D _{lim}	Distancia límite a la velocidad aeróbica máxima
fc	Frecuencia cardíaca
fc _{max}	Frecuencia cardíaca máxima
FT	Fibras musculares de contracción rápida ("fast twitch", FT)
h	Horas
H ⁺	Ion hidrogenión
I	Intensidad de carga
IT	Entrenamiento interválico ("Interval training")
kcal	Kilocalorias
kg	Kilogramos
km	Kilómetros
km·h ⁻¹	Kilómetros por hora
lat·min ⁻¹	Latidos (pulsaciones) por minuto
m	Metros
min	Minutos
mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	Mililitros de oxígeno por kilogramo de peso y minuto
mmol·L ⁻¹	Milimoles por litro de sangre

ns	Diferencia no significativa estadísticamente
p	Probabilidad
Pc	Peso corporal
r	Índice de correlación lineal de Pearson
s	Segundos
s	Desviación típica o estándar
SJ	Squat jump (salto vertical partiendo de una flexión estática de 90° y sin acción de brazos)
ST	Fibras musculares de contracción lenta ("slow twith")
T_{lim}	Tiempo límite a la velocidad aeróbica máxima
T_{UMTT}	Duración de la prueba de pista (UMTT)
Ua	Umbral aeróbico
Uan	Umbral anaeróbico
UMTT	Test de pista de la Universidad de Montreal ("Université de Montreal track test")
v	Velocidad
V	Volumen de carga
V4	Velocidad equivalente a una lactacidemia de 4 mmol·L ⁻¹
VAM	Velocidad aeróbica máxima
ṀO₂ rel	Consumo de oxígeno relativo al peso (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
ṀO₂	Consumo de oxígeno
v ṀO_{2max}	Velocidad a la que se alcanza el ṀO _{2max}
ṀO_{2max}	Consumo máximo de oxígeno
W(CC)	Carga externa de trabajo continuo
W(CI)	Carga externa de trabajo interválico
W_{ext}	Carga externa de trabajo
W_{max}	Carga de trabajo máxima

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción	1
2. La resistencia en la carrera: conceptos, entrenamiento y valoración	7
2.1. La resistencia: aspectos generales	8
2.1.1. Concepto y clasificación	8
2.1.2. Resistencia aeróbica	10
2.1.3. Resistencia anaeróbica	12
2.1.4. Parámetros que influyen en el rendimiento en la carrera	13
2.1.4.1. El consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2max}$)	14
2.1.4.2. La economía de carrera	19
2.1.4.3. El umbral anaeróbico	21
2.1.4.4. El factor de resistencia	24
2.1.4.5. La velocidad aeróbica máxima (VAM)	25
2.1.4.6. El tiempo límite a la VAM (T_{lim})	31
2.2. El entrenamiento de la resistencia	32
2.2.1. Adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de la resistencia	34
2.2.1.1. Adaptaciones centrales	34
2.2.1.2. Adaptaciones periféricas	40
2.2.2. Efectos del entrenamiento de resistencia sobre la composición corporal	44
2.2.3. Efectos del entrenamiento de resistencia sobre la capacidad de salto	45
2.2.4. Principios generales del entrenamiento	47
2.2.5. La carga del entrenamiento	53
2.2.6. Los métodos de entrenamiento	60
2.2.6.1. El método continuo	63
2.2.6.2. El método interválico	66
2.2.6.3. El método de repeticiones	72
2.3. La valoración de la resistencia	74

2.3.1. Valoración funcional del metabolismo aeróbico a través de pruebas de campo	76
2.4. La valoración de la composición corporal	85
2.5. La evaluación de la capacidad de salto	86
3. Estudio experimental de los efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera	92
3.1. Justificación	93
3.1.1. Situación actual de la investigación	94
3.1.2. Elección de los parámetros de evaluación	100
3.2. Objetivos e hipótesis	103
3.2.1. Objetivos	104
3.2.2. Formulación de hipótesis	105
3.3. Material y método	106
3.3.1. Sujetos	107
3.3.2. Material	108
3.3.3. Variables de estudio	109
3.3.4. Procedimiento y diseño experimental	110
3.3.4.1. Determinación de la composición corporal	111
3.3.4.2. Determinación de la capacidad de salto	112
3.3.4.3. Prueba de carrera en pista (UMTT)	113
3.3.4.4. Predicción del consumo máximo de oxígeno	115
3.3.4.5. Prueba de resistencia a la VAM o tiempo límite (T_{lim})	116
3.3.4.6. Planificación del entrenamiento	117
3.3.4.7. Programa global de entrenamiento	127
3.3.4.8. Realización y control del entrenamiento	136
3.3.5. Análisis estadístico	138
3.4. Resultados	140
3.4.1. Circunstancias relativas al desarrollo de la investigación	141

3.4.2. Evaluación antes del entrenamiento	142
3.4.2.1. Características antropométricas y funcionales en el conjunto de la muestra	142
3.4.2.2. Características antropométricas y funcionales en los grupos experimentales y de control	143
3.4.2.3. Correlación entre los parámetros antropométricos y funcionales en el conjunto de la muestra	145
3.4.3. Evaluación después del entrenamiento	147
3.4.3.1. Características antropométricas y funcionales en los diferentes grupos después del entrenamiento	147
3.4.3.2. Diferencias intragrupos en las características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la carrera	148
3.4.3.2.1. Evolución de los índices antropométricos y de rendimiento en los grupos experimentales y de control	149
3.4.3.3. Diferencias intergrupos en las características antropométricas y funcionales después del entrenamiento	152
3.4.3.4. Evolución longitudinal del rendimiento en la prueba de carrera	157
3.4.3.5. Correlación entre los parámetros antropométricos y funcionales en los grupos experimentales	159
3.4.3.6. Predicción del entrenamiento en el T_{UMTT} final en función del rendimiento inicial	161
3.5. Discusión	164
3.5.1. Sobre la metodología del estudio	165
3.5.1.1. Características de la población estudiada	165
3.5.1.2. Pruebas de valoración	168
3.5.1.3. Programación del entrenamiento	176
3.5.2. Sobre los efectos del entrenamiento continuo e interválico	182
3.5.2.1. Sobre la composición corporal	182

3.5.2.2 Sobre el rendimiento en el salto	184
3.5.2.3. Sobre el rendimiento en la carrera	187
3.5.2.4. Evolución longitudinal de la VAM	199
3.5.2.5. Consideraciones finales	202
3.6. Conclusiones	206
4. Perspectivas de investigación	210
4.1. Entrenamiento de la carrera de resistencia	211
4.2. Entrenabilidad de la VAM y el T_{lim}	211
4.3. Influencia del protocolo en la determinación de la VAM	213
4.4. Tiempo y distancia límite a la VAM	213
5. Bibliografía	215
6. Apéndices	241

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Características antropométricas de los sujetos que iniciaron el estudio	107
Tabla 3-2. Variables de estudio	110
Tabla 3-3. Referencias del test de carrera en pista UMTT	116
Tabla 3-4. Resumen del programa de carrera interválica	131
Tabla 3-5. Resumen del programa de carrera continua	135
Tabla 3-6. Características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la prueba de pista (UMTT), en la muestra total	142
Tabla 3-7. Características del grupo continuo	143
Tabla 3-8. Características del grupo interválico	144
Tabla 3-9. Características del grupo control	144
Tabla 3-10. Matriz de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables antes del entrenamiento	146
Tabla 3-11. Características antropométricas después del entrenamiento	147
Tabla 3-12. Rendimiento en el salto después del entrenamiento	147
Tabla 3-13. Rendimiento en la carrera después del entrenamiento	148
Tabla 3-14. Evolución de los parámetros antropométricos y funcionales (antes y después del entrenamiento). Entrenamiento continuo	150
Tabla 3-15. Evolución de los parámetros antropométricos y funcionales (antes y después del entrenamiento). Entrenamiento interválico	151
Tabla 3-16. Evolución de los parámetros antropométricos y funcionales (antes y después del entrenamiento). Grupo control	152
Tabla 3-17. Diferencias entre los tres grupos respecto a cada una de las variables estudiadas (ANOVA)	153
Tabla 3-18. Diferencias intergrupos en el rendimiento en la prueba de pista (UMTT)	154
Tabla 3-19. Evolución de la VAM y T_{UMTT} después de 4 y 8 semanas en los grupos continuo e interválico	157
Tabla 3-20. Matriz de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables,	

antes del entrenamiento en los grupos experimentales	159
Tabla 3-21. Matriz de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables, después del entrenamiento en los grupos experimentales	160
Tabla 3-22. Protocolos de entrenamiento en varios estudios donde se comparaban los efectos del entrenamiento continuo e interválico	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Interrelación entre diferentes variables fisiológicas de importancia en el rendimiento en las carreras de media y larga distancia	25
Figura 3-1. Evolución de la carga semanal a lo largo del período de entrenamiento	121
Figura 3-2. Evolución de la carga diaria a lo largo del período de entrenamiento	122
Figura 3-3. Evolución de la VAM en los diferentes grupos	155
Figura 3-4. Evolución de la duración del UMTT (T_{UMTT}) en los diferentes grupos	155
Figura 3-5. Evolución del tiempo límite a la VAM (T_{lim}) en los diferentes grupos	156
Figura 3-6. Evolución de la VAM inicial, intermedia y final en los dos grupos experimentales. Diferencias respecto de la prueba anterior y entre la prueba inicial y final	158
Figura 3-7. Evolución del T_{UMTT} inicial, intermedia y final en los dos grupos experimentales. Diferencias respecto de la prueba anterior y entre la prueba inicial y final	158
Figura 3-8. Predicción del rendimiento en la duración en el UMTT (T_{UMTT}) final en función de los valores iniciales en los dos grupos experimentales	161
Figura 3-9. Predicción del rendimiento en el UMTT (T_{UMTT}) final en función de los valores iniciales en el grupo continuo	162
Figura 3-10. Predicción del rendimiento en el UMTT (T_{UMTT}) final en función de los valores iniciales en el grupo interválico	163

1. Introducción

1. INTRODUCCION

A lo largo de la historia, la especie humana se ha caracterizado por una gran inquietud para encontrar respuestas a las interrogantes que se derivan del entorno natural y social en que se mueve. De estas inquietudes por la adquisición de conocimiento surgen los primeros estudios que, bien a través de la mera observación en unos casos o a través de la experiencia en otros, han permitido extraer información sobre ciertos fenómenos. La observación inicial dio paso a la experimentación, surgiendo lo que hoy conocemos como método científico.

El deporte, y en particular el entrenamiento deportivo, también participaron de dicho proceso de generación de conocimientos. De la antigua Grecia se tiene información acerca de la realización de entrenamientos como preparación de las pruebas olímpicas (Durántez 1977). Estos entrenamientos se realizaban durante diez meses antes de los juegos: *“los corredores de largas distancias se entrenaban corriendo diariamente de 8 a 10 estadios.”* (Diem 1966, p. 141). No obstante, es a partir del siglo XVIII y, sobre todo, paralelamente a la evolución de los Juegos Olímpicos de la era moderna (1896), cuando comienza realmente una búsqueda sistemática e ininterrumpida por descubrir las respuestas que permitirán aumentar las prestaciones del individuo en una determinada disciplina deportiva.

Es en el atletismo y, especialmente en la carrera de resistencia, donde se ponen de manifiesto, de forma clara, planteamientos metodológicos encaminados a la elevación del nivel de rendimiento. Planteamientos que trajeron como resultado la creación y aplicación de métodos de entrenamiento (carrera continua, “interval training”, “fartlek”, etc.) que, cuando se orientaron hacia un objetivo común, dieron origen a diversos sistemas de entrenamiento (continuos, fraccionados, interválicos, etc.). Estos sistemas supusieron lo que más tarde se calificó como escuelas de entrenamiento (Paiva 1980), cuando fueron adoptados y promulgados por entrenadores singulares (Pihkala, Olander, Reindell y Gerschler, Ceruty, Lydiard,

Moniz Pereira, etc.) y asumidos por grupos de entrenadores de diversos países (Finlandia, Suecia, Alemania, Australia, Nueva Zelanda, Portugal, etc.).

Los métodos y sistemas de entrenamiento que hoy conocemos surgieron, sobre todo, de la reflexión y búsqueda empírica de entrenadores y atletas que, valiéndose la mayoría de las veces de su intuición, trataban de elevar la condición de sus atletas o de sí mismos a través de la aplicación de diferentes estímulos que, una vez avalados por los resultados y por la experiencia, daban lugar a un nuevo método o sistema de entrenamiento.

Gran Bretaña y EE.UU. son los primeros países en donde aparecen indicios de la aplicación de diversos métodos de entrenamiento. Sin embargo es en los países nórdicos donde surge lo que podríamos definir como origen del entrenamiento de resistencia moderno (Hegedüs 1981).

Después de la II Guerra Mundial y a lo largo de las décadas de los 50 y 60 es cuando aparecen las mayores aportaciones dentro del entrenamiento atlético, que representarán el punto de partida de la evolución del entrenamiento moderno. Entrenadores como el finlandés Pihkala precursor de la combinación entre el entrenamiento continuo y fraccionado, Holmer y Olander, a los que se les atribuye la invención del “fartlek” sueco, o Reindell y Gerschler defensores del llamado “interval training”, son ejemplos de las primeras aportaciones a la metodología del entrenamiento de resistencia moderno.

En la actualidad, siguen aplicándose como base del entrenamiento de resistencia los sistemas continuos e interválicos, aunque más como medios estructurales de un proceso de entrenamiento que como un único método, debido a que las investigaciones científicas en este campo han aportado información acerca de los efectos de la aplicación de los diferentes métodos sobre las respuestas del organismo. Hoy en día ya no se parte del método o sistema de entrenamiento para

lograr un objetivo, sino que partiendo de los aspectos que se quieren desarrollar en el deportista, se elige el método para aplicar la intensidad, la duración y la frecuencia de entrenamiento más adecuada (carga de entrenamiento).

Cuando la intensidad programada no es muy alta (alrededor del 50-80 % del $\dot{V}O_{2max}$) el ejercicio puede mantenerse en el tiempo sin dificultad y, por lo tanto resulta posible realizarlo de forma continua, garantizando una carga de trabajo suficiente. Sin embargo cuando la intensidad que se programa es alta (superior al 90 % del $\dot{V}O_{2max}$) es necesario fraccionar la distancia para poder realizar un volumen suficiente de entrenamiento (Fox y Mathews 1974). Estas dos formas de trabajo son las que más se han venido utilizando en el entrenamiento de resistencia. Ya desde 1930 fueron apareciendo múltiples variantes de estos dos métodos, alejándose de los rígidos modelos que los caracterizaron en su origen.

Gracias a las investigaciones en el campo del entrenamiento y en particular en el de resistencia, cada vez se conocen mejor los efectos sobre los factores determinantes del rendimiento, favoreciendo la posibilidad de la programación y control del entrenamiento con una mayor base científica. Sin embargo, de los métodos de entrenamiento continuos e interválicos, tan diferentes en cuanto a su planteamiento e intensidad, todavía no se conocen suficientemente sus efectos en el desarrollo de la resistencia desde un punto de vista cualitativo.

Para obtener información sobre las diferencias entre estos dos métodos, se realizaron numerosos trabajos de investigación (Eddy y col. 1977; Mellerovicz y Meller 1979; Gregory 1979; Bhambhani y Singh 1985; Thomas y col. 1984; Poole y Gaesser 1985; Berry y Moritani 1985; Adeniran y Toriola 1988; Gorostiaga y col. 1991; Overend y col. 1992), intentando determinar la influencia que el entrenamiento continuo e interválico puede ejercer sobre ciertos parámetros, considerados como limitantes de la resistencia, pero esta información todavía parece confusa e insuficiente.

En la mayor parte de los trabajos de investigación realizados no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos en los parámetros analizados ($\dot{V}O_{2max}$, umbral ventilatorio, umbral de lactato, capacidad máxima de trabajo, rendimiento en la prueba de Cooper, cinética del O_2 , etc.). Sin embargo, algunos de ellos si hallaron diferencias significativas a favor del entrenamiento interválico, respecto al incremento del $\dot{V}O_{2max}$, el umbral ventilatorio y la cinética del O_2 (Thomas y col. 1984; Poole y Gaesser 1985; Berry y Moritani 1985; Gorostiaga y col. 1991).

Esta controversia genera suficientes dudas e inquietudes como para intentar concretar en mayor medida la influencia de estos dos métodos de entrenamiento sobre los factores limitantes del rendimiento en la carrera de resistencia. Por otra parte, parece necesario analizar el proceso metodológico empleado en los trabajos realizados hasta el momento y promover otros, preferiblemente desarrollados en el campo deportivo, en los que se analicen nuevos factores y parámetros específicos relacionados con el rendimiento.

Centrándonos en el estudio de la carrera atlética, uno de los parámetros al que hoy en día se le atribuye gran importancia, tanto para la determinación del potencial aeróbico de un deportista como para la prescripción del entrenamiento, es la velocidad a la que se obtiene el $\dot{V}O_{2max}$ o velocidad aeróbica máxima (VAM) (di Prampero y col. 1986; Montmayeur y col. 1988; Morgan y col 1989; Lacour y col. 1991; Gaçon 1991; Mora Vicente 1992; Rodríguez y Aragonés 1992; Billat y col. 1994b, 1994c; Hill y Rowel 1996; García Manso y col. 1996a y 1996b; García Verdugo y Léibar 1997). Este parámetro tiene una gran correlación con el rendimiento en la carrera de resistencia (Lacour y col 1989; Morgan y col 1989), ya que en él influyen el $\dot{V}O_{2max}$, la economía de carrera, el umbral anaeróbico y la capacidad anaeróbica (Lacour y col. 1991; Billat 1994b; Hill y Rowel 1996).

El tiempo de mantenimiento de la velocidad aeróbica máxima (T_{lim}), es un factor complementario muy importante que confiere más relevancia a la determinación de la VAM de cara a la predicción del rendimiento en las pruebas de resistencia y las causas de las que depende (Gaçon 1991; Billat y col. 1994a, 1994b, 1994c; Berthoin y col. 1995, 1996a, 1996b; Hill y Rowel 1997). Una mayor capacidad para mantener la VAM, entre otros factores, también tiene relación con la mejora de la capacidad anaeróbica láctica (Billat y col. 1994c).

De todos modos, y como la VAM es, en definitiva, un resultado que depende de aspectos tanto cardiorespiratorios, metabólicos, como biomecánicos, también podría resultar interesante valorar las posibles modificaciones del entrenamiento en algunas de las manifestaciones de la fuerza, el peso y la composición corporal. Por todas estas razones y en un intento de analizar la influencia de la aplicación de los métodos continuos e interválicos sobre la VAM y el T_{lim} , se planteó una investigación con una muestra de sujetos voluntarios, alumnos del primer curso de la Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte del INEF de Galicia.

Con este trabajo se espera aportar información acerca de los efectos que pueden tener la aplicación de los dos métodos de entrenamiento de resistencia más utilizados (la carrera continua y la carrera por intervalos) sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera y su tiempo límite, a la vez que servir de punto de partida a posteriores investigaciones en el ámbito del entrenamiento de la carrera de resistencia.

2. La resistencia en la carrera: conceptos, entrenamiento y valoración

2. LA RESISTENCIA EN LA CARRERA: CONCEPTOS, ENTRENAMIENTO Y VALORACIÓN.

2.1. LA RESISTENCIA: ASPECTOS GENERALES

Antes de pasar a la definición del problema y a la descripción de la fase experimental es necesario tener en cuenta algunas consideraciones acerca de todos aquellos aspectos relacionados con la resistencia.

2.1.1. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN

En la literatura existen innumerables formas de definir la cualidad de resistencia, tanto desde la perspectiva de la fisiología, como de la del entrenamiento. Una de las más simples y sencillas es la que realiza Hegedüs (1984), definiéndola como la capacidad para oponerse a la fatiga. Weineck (1992) la entiende como una capacidad psicofísica del deportista para resistir la fatiga. En este caso ya se indica el factor o factores de los que depende: la condición física y la psicológica.

Para Zintl (1991, p. 31), es *“la capacidad de mantener física y psíquicamente un esfuerzo durante el mayor tiempo posible, sin que disminuya la intensidad de trabajo, o bien, recuperarse rápidamente después de un esfuerzo físico o psíquico”*. En este concepto se conjugan los dos anteriores, resultando como producto las dimensiones de duración y recuperación del esfuerzo, desde un punto de vista psicofísico.

Si se analizan los diferentes conceptos de resistencia, se pueden encontrar formas muy diversas de manifestación de la misma. Hoy en día existen varias maneras de clasificar esta cualidad física y en función de diferentes perspectivas: fisiológicas, prácticas, funcionales, etc. (García Manso y col. 1996). Existen otros criterios de clasificación, avalados por otros tantos autores, que hacen referencia a

los siguientes aspectos: volumen de la musculatura implicada, vía energética predominante, forma de trabajo muscular, duración de la carga, relación con otras capacidades y relación con el deporte específico, etc. (Zintl 1991).

Los anteriores ejemplos dan una idea de la dimensión que la resistencia adquiere, como un término complejo que tiene relación por un lado con el rendimiento, la fatiga y la recuperación, y por el otro con una vertiente energética, coordinativa, biomecánica y psicológica (Zintl 1991). En el ámbito del entrenamiento deportivo es necesario, por lo tanto, definir bien el tipo o manifestación de la resistencia que se pretende desarrollar, ya sea para programar el entrenamiento adecuado o para diseñar la prueba o test de evaluación correspondiente.

Si se hace referencia a la vía energética predominante se puede clasificar la resistencia en aeróbica y anaeróbica. Se trata de una clasificación que posibilita la distinción de la orientación interna de la carga que se produce como consecuencia de la realización de un esfuerzo que implique una duración y una intensidad determinada (Platonov 1991).

Siguiendo la terminología utilizada en el ámbito del entrenamiento y de acuerdo con la clasificación anterior, dentro de la resistencia anaeróbica, se puede hablar, según el tiempo de intervención y por lo tanto de la fuente o substrato energético utilizado, de resistencia anaeróbica aláctica y resistencia anaeróbica láctica. Así, cuando el substrato energético predominante es la fosfocreatina se la denomina resistencia anaeróbica aláctica y cuando es el glucógeno a través de la glucólisis anaeróbica (Brooks y Fahey 1984) se denomina resistencia anaeróbica láctica.

También se han realizado clasificaciones de la resistencia a partir de la duración del esfuerzo (Zintl 1991; Navarro 1998), abordando el estudio de sus

demandas funcionales (sistema motor, sistema bioenergético y sistema cardiovascular) a partir de unos límites temporales que van desde los 35 s hasta más de 6 horas. Sin embargo el presente trabajo no pretende abordar el estudio de la resistencia de una forma tan exhaustiva, por lo tanto se plantea un análisis de esta capacidad física a partir de una clasificación más global.

2.1.2. LA RESISTENCIA AERÓBICA

El American College of Sports Medicine (1991) define como resistencia cardiorespiratoria la capacidad de realizar un ejercicio con la activación de grandes grupos musculares, a intensidad moderada o alta, durante un prolongado espacio de tiempo. En el ámbito del entrenamiento deportivo se emplea el término “resistencia aeróbica” o “capacidad aeróbica”, para referirse a la resistencia cardiorespiratoria. La resistencia aeróbica se interpreta, a nivel general, como la capacidad de resistir un esfuerzo con una duración e intensidad determinadas, en el que la energía proviene del glucógeno y las grasas, efectuándose su metabolismo en presencia de O₂ (Zintl 1991). No obstante, según la definición del American College of Sports Medicine, el ejercicio realizado ha de requerir además la participación de una gran masa muscular, como en el caso de la carrera a pié, la natación, el remo, etc.

Hollmann y Hettinger (1983), han clasificado la resistencia aeróbica en función del tiempo de carga, de la siguiente forma:

- Resistencia aeróbica de duración corta (3-10 min).
- Resistencia aeróbica de duración mediana (10-30 min).
- Resistencia aeróbica de duración larga (más de 30 min).

Esta clasificación, que aporta principalmente información relativa a la carga externa, parece estar basada en el porcentaje probable de la aportación máxima de oxígeno durante el tiempo de carga (Zintl 1991). Sin embargo, en los tres casos la

energía requerida para el trabajo muscular viene en parte proporcionada por la glucólisis anaeróbica, sobre todo en los esfuerzos cuya duración se sitúa entre 3 y 30 minutos. A pesar de ello la mayoría de los autores tiende a calificar como aeróbicos a aquellos esfuerzos cuya duración es superior a los 2 minutos y cuya intensidad no sobrepasa la potencia aeróbica máxima ($\dot{V}O_{2max}$) (Cazorla 1987).

En un intento de precisar en mayor medida las características del aporte de energía para un trabajo físico determinado, se han adoptado los términos potencia y capacidad (MacDougall y col. 1995). Así, cuando la intensidad y la duración del esfuerzo requieren la obtención de la máxima cantidad de energía por unidad de tiempo, a partir del metabolismo aeróbico, se habla de potencia aeróbica (Åstrand y Rodahl 1986). La máxima potencia aeróbica se corresponde con el máximo consumo de O_2 , aunque en el ámbito del entrenamiento se suele hablar de potencia aeróbica cuando los esfuerzos reclaman la participación de porcentajes entre el 80 y el 100 % del $\dot{V}O_{2max}$. Por el contrario, cuando un esfuerzo aeróbico no requiere de la máxima cantidad de energía por unidad de tiempo, pero precisa de gran cantidad total de energía para mantener la contracción muscular durante mucho tiempo, se habla de capacidad aeróbica (Mac Dougall 1995). No todos los autores emplean la misma terminología, así Navarro (1998), en un brillante y laborioso estudio de la resistencia, califica estos esfuerzos de “eficiencia aeróbica” (intensidad inferior al umbral anaeróbico), utilizando el término capacidad aeróbica para definir los esfuerzos mantenidos a un porcentaje respecto al $\dot{V}O_{2max}$ y próximos a este (intensidad superior al umbral anaeróbico). Los esfuerzos de potencia aeróbica, para este autor, serían aquellos realizados a una intensidad igual o ligeramente superior a la máxima potencia aeróbica ($\dot{V}O_{2max}$).

Es importante señalar, que los esfuerzos que se aproximan o solicitan de la máxima potencia aeróbica precisan también de la participación del metabolismo anaeróbico (Saltin 1989), por eso en estas circunstancias también se califican como

esfuerzos aeróbico-anaeróbicos. Su duración oscila entre 2 y 10 minutos, correspondiendo a una resistencia de duración media (Navarro 1998).

2.1.3. LA RESISTENCIA ANAERÓBICA

Cuando la intensidad del esfuerzo es elevada, resulta necesario reclutar las unidades motoras de las fibras de contracción rápida (tipo II). Estas fibras, a diferencia de las de contracción lenta (tipo I), tienen una capacidad más limitada para obtener energía mediante el metabolismo aeróbico (Costill y col. 1976). Cuando los procesos metabólicos sin participación del oxígeno (glucólisis anaeróbica) adquieren una importancia esencial, se habla de **resistencia anaeróbica** (Zintl 1991). Los iones H^+ (hidrogeniones) que se forman como consecuencia de la intervención del metabolismo anaeróbico tienden a reducir el pH muscular, provocando una inhibición en ciertas reacciones bioquímicas a nivel celular, que acaban ocasionando la interrupción del ejercicio o a la reducción de su intensidad. El ácido láctico producido puede ser en parte oxidado en la propia célula muscular o difundirse a través de la pared celular, pasando a la sangre y siendo transformado en dióxido de carbono y agua, o transformado en glucógeno en el hígado, riñones y el propio músculo esquelético. Durante la recuperación después de un esfuerzo anaeróbico, se produce una sobrecaptación de oxígeno, para llenar los depósitos de fosfocreatina y para degradar el lactato de forma oxidativa; algunos autores denominan a dicho proceso pagar la deuda aláctica y la deuda láctica respectivamente (di Prampero 1986).

Según Hollman y Hettinger (1983), la resistencia anaeróbica, se subdivide en:

- Resistencia anaeróbica de duración corta (10-20 s).
- Resistencia anaeróbica de duración media (20-60 s).
- Resistencia anaeróbica de duración larga (60-120 s).

Los esfuerzos anaeróbicos de duración corta se basan, fundamentalmente, en el metabolismo anaeróbico aláctico, los de duración mediana en el metabolismo láctico (más del 70%), mientras que en los de duración larga ya existe cierta partición del metabolismo aeróbico, aunque son predominantemente lácticos, en un 60%, aproximadamente (Zintl 1991).

Al igual que con la resistencia aeróbica también se utilizan los términos de capacidad y potencia para referirse a la modalidad de esfuerzo anaeróbico. Así, cuando se trata de esfuerzos anaeróbico-alácticos o de duración corta se habla de capacidad o potencia anaeróbico-aláctica. El término capacidad se utiliza para referirse a la cualidad de soportar esfuerzos realizados a expensas de la cantidad total de energía disponible por esa vía (fosfocreatina) y, el término potencia para referirse a esfuerzos que impliquen la máxima cantidad de energía en la unidad de tiempo a partir de esa misma vía energética (Mac Dougall y col. 1995).

En el caso de la resistencia anaeróbica láctica, también se utiliza este tipo de clasificación, pero en este caso la capacidad anaeróbico-láctica no está limitada por la cantidad de substrato energético disponible (glucógeno), sino por la capacidad del organismo para mantener la intensidad del esfuerzo en presencia de un nivel elevado de ácido láctico (Saltin 1989a).

2.1.4. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO EN LA CARRERA

Se pueden resumir los factores que determinan la cualidad de resistir la fatiga en tres grandes sistemas o factores: el neuromuscular, el cardiorespiratorio y el psicológico (Åstrand y Rodahl 1986). Esto significa que la captación del oxígeno, su transporte por la sangre y su aprovechamiento a nivel de la célula muscular, unido a la capacidad psicológica para tolerar el esfuerzo, son la base del consumo máximo

de oxígeno y de la capacidad de tolerar un esfuerzo aeróbico de alta intensidad. Es un hecho universalmente aceptado que el atleta que posee el $\dot{V}O_{2max}$ más alto, el umbral anaeróbico más elevado, la mejor economía de carrera y la mejor tolerancia a la acidosis metabólica tiene el mayor potencial para ganar.

La mayoría de los autores coinciden en que son cuatro los componentes, que contribuyen al mantenimiento de un ritmo máximo por parte de un individuo:

- 1) la composición genética de las células musculares;
- 2) un descenso de la demanda aeróbica para correr a cualquier ritmo submáximo (implicando una mayor economía de movimiento);
- 3) una mejora en el consumo de O_2 de los músculos activos;
- 4) una mejora en la habilidad de amortiguar los efectos de aumento de la acidosis.

En este sentido, los siguientes parámetros ofrecen la posibilidad de cuantificar los cambios producidos sobre los elementos responsables del rendimiento, por su demostrada correlación con el rendimiento en carreras de resistencia.

2.1.4.1. EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO ($\dot{V}O_{2max}$)

El $\dot{V}O_{2max}$ representa funcionalmente la máxima cantidad de oxígeno captada del torrente sanguíneo y utilizada por los músculos activos durante un periodo específico (Åstrand y Rodahl 1986). El consumo máximo de oxígeno depende del gasto cardíaco máximo y de la diferencia máxima arteriovenosa de oxígeno (Mac Dougall y col. 1995). Tras este proceso de captación y transporte, el oxígeno se utiliza en la mitocondria celular. Por este motivo se considera el $\dot{V}O_{2max}$ como una expresión de la contribución aeróbica al requerimiento energético, el cual dependerá a su vez de la intensidad y duración del esfuerzo (Saltin 1989). Para poder valorar

relativo al peso corporal (o consumo máximo de oxígeno relativo), expresado en $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Entre los valores más altos de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ relativo registrados, tanto masculinos como femeninos, destacan los obtenidos por dos esquiadores de fondo, llegando a alcanzar 94 y 77 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente, mientras que los valores medios de hombres y mujeres sedentarios oscilan entre los 44-50 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para los hombres y los 38-42 para las mujeres (Åstrand y Rodahl 1986).

El consumo máximo de oxígeno es la expresión de la potencia aeróbica máxima del individuo. En sujetos entrenados, este nivel máximo de potencia o intensidad correspondiente al 100 % del $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ puede mantenerse hasta 10 minutos, al 95 % hasta 30 minutos, y al 85 % durante 60 minutos (Åstrand y Rodahl 1986).

En esta intensidad de esfuerzo, la célula muscular obtiene energía no sólo por la vía aeróbica, sino también por la anaeróbica, estimándose para un ejercicio máximo con una duración de dos minutos una participación relativa del metabolismo aeróbico y anaeróbico del 50 % aproximadamente, aumentando el porcentaje aeróbico a medida que aumenta la duración del esfuerzo. Un individuo entrenado puede trabajar hasta un 70 % del $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ sin elevación de la concentración sanguínea de lactato, mientras que uno no entrenado sólo puede hacerlo al 50 % (Åstrand 1996a).

Existe una controversia acerca de si los principales factores limitantes del $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ son centrales o periféricos. Hay que señalar al respecto, en primer lugar, que la distinción entre limitación central y periférica es algo arbitrario y tiende a ser más bien una cuestión de semántica (Shephard 1996). A pesar de todo, esta terminología se sigue utilizando. La limitación central la constituyen la ventilación pulmonar y, sobre todo, el gasto cardíaco y el transporte de O_2 en la sangre, mientras que el factor periférico tiene que ver con la captación del O_2 por la mitocondria y la capacidad oxidativa del músculo.

La mayoría parece estar de acuerdo en que no existe un único factor limitante del $\dot{V}O_{2max}$ (según López Calbet 1997a). Este dependería de la cantidad total de O_2 que llega a la mitocondria y de la capacidad oxidativa de la fibra muscular, la cual se vería influida por el número y tamaño de las mitocondrias (Saltin y Strange 1992). No existen todavía conclusiones definitivas al respecto, sin embargo, algunos de los trabajos realizados reflejan que los músculos no limitan el $\dot{V}O_{2max}$ cuando en el trabajo intenso participa una tercera parte o más de la masa muscular. En ese caso el volumen sistólico adquiere una importancia especial (Mishchenko y Monogarov 1995).

También se ha comprobado que la interrupción relativamente breve del entrenamiento provoca un descenso en el $\dot{V}O_{2max}$ proporcional al descenso del volumen sistólico, mientras que en la diferencia arteriovenosa de O_2 no se observa ningún cambio (Costill 1986). Se ha observado además, que cuando el $\dot{V}O_{2max}$ inicial del deportista es elevado, su aumento se relaciona casi exclusivamente con el gasto cardíaco (Mishchenko y Monogarov 1995; Åstrand 1996a).

Por otra parte, existen argumentos que hacen suponer que son los aspectos centrales los principales factores limitantes del $\dot{V}O_{2max}$, basándose en la evidencia de que la cantidad de O_2 suministrado a las mitocondrias es siempre inferior al que estas pueden utilizar (Hollmann y Hettinguer 1983; Åstrand y Rodahl 1986; Mishchenko y Monogarov 1995; Shephard y Åstrand 1996).

Las diferencias entre los distintos individuos respecto al $\dot{V}O_{2max}$ es otra circunstancia especial. Pueden encontrarse atletas con el mismo grado de entrenamiento, e incluso con la misma marca, con un $\dot{V}O_{2max}$ diferente. El factor genético parece ser el causante de que las características fibrilares de los diferentes sujetos sean distintas. A esta circunstancia se referían Åstrand y Rodahl

diferentes sujetos sean distintas. A esta circunstancia se referían Åstrand y Rodahl (1986), cuando afirmaban que los atletas de élite en pruebas de resistencia son, solamente en parte, producto de un duro programa de entrenamiento.

Sobre las diferencias individuales que existen en el $\dot{V}O_{2max}$, pueden influir los siguientes factores:

a) Factores genéticos

Existen estudios sobre la heredabilidad del $\dot{V}O_{2max}$ (Lesage y col. 1985), en los que se concluyó que la capacidad hereditaria del $\dot{V}O_{2max}$ por kg de masa (corporal o magra) es del 10-20 % de variabilidad fenotípica ajustada a la edad y el sexo. En otros estudios realizados con gemelos por Bouchard y col. (1986), la heredabilidad alcanzó el 40 % en el caso del $\dot{V}O_{2max}$ por kg de masa corporal, pero solamente el 10 % en el caso del $\dot{V}O_{2max}$ por kg de peso magro.

b) Entrenamiento

Es un factor al cual se le atribuye entre un 30 y un 50 % en el aumento que puede experimentar el $\dot{V}O_{2max}$ de un sujeto (Klissouras 1973; Shephard 1984). Por lo tanto, el $\dot{V}O_{2max}$ de un individuo sano, activo o sedentario, siempre aumentará con el entrenamiento adecuado y este aumento será un indicativo de la mejora de su condición aeróbica. Sin embargo, esta respuesta ante el entrenamiento va a tener también un carácter hereditario, ya que no todos los individuos tienen la misma capacidad de respuesta potencial ante un entrenamiento de resistencia determinado. En los trabajos realizados por Bouchard (1996), se observaron diferencias individuales en la entrenabilidad del $\dot{V}O_{2max}$, obteniéndose incrementos nulos y hasta de un litro respecto al nivel inicial en diferentes sujetos y aplicando el mismo tipo de entrenamiento.

Se sabe que el $\dot{V}O_{2max}$ aumenta en personas sedentarias en un 20-30 % después de dos o tres meses de entrenamiento. Pero a la hora de analizar los datos es preciso tener en cuenta el nivel inicial del entrenamiento, ya que cuanto menor es el nivel inicial mayores son los incrementos (Bouchard 1996).

c) Edad

Åstrand y Rodahl (1986) estimaron que el $\dot{V}O_{2max}$ experimenta un descenso de 1 % por cada año de vida a partir de los 25 años en individuos sedentarios. La causa de este descenso puede ser por la disminución de la frecuencia cardíaca máxima, la cual desciende alrededor de seis latidos por década de vida, lo que supone un descenso del gasto cardíaco y por lo tanto del $\dot{V}O_{2max}$. Se supone que existen otros factores que también pueden provocar esta disminución del $\dot{V}O_{2max}$ con la edad, como puede ser el deterioro de las células musculares o la degeneración del sistema nervioso. A partir de los 60 años el $\dot{V}O_{2max}$ es aproximadamente del 70 % del que presenta un individuo de 25 años (Åstrand y Rodahl 1986).

d) Género

Supone otro de los factores diferenciadores, ya que las mujeres como grupo tienen unos valores más bajos que los hombres, aunque el $\dot{V}O_{2max}$ se exprese en valores relativos. En valores absolutos las diferencias son mayores debido al peso corporal distinto entre el hombre y la mujer.

Estas diferencias tienen relación con el hecho de que los hombres tengan mayor cantidad de hemoglobina, en igualdad de condición física y peso corporal, siendo los valores de $\dot{V}O_{2max}$ en las mujeres de un promedio de 70-75 % respecto al de los hombres (Wilmore y Costill 1994).

Hoy en día, al $\dot{V}O_{2max}$ se le sigue considerando una medida universal de las posibilidades funcionales del deportista, sin embargo, se sabe que no es el único responsable del rendimiento específico en pruebas de resistencia. En sujetos entrenados, en ocasiones se aprecia muy poca relación con el rendimiento (Mishchenko y Monogarov 1995).

2.1.4.2. LA ECONOMÍA DE CARRERA

Daniels (1985) la definió como el O_2 requerido por un individuo para mantener cualquier ritmo de carrera submáximo particular.

Se puede determinar la mejora de la economía de la carrera en un corredor después de un período de entrenamiento, comprobando si con un determinado consumo de O_2 , es capaz de correr más rápido de lo que lo hacía antes con ese mismo consumo, siempre y cuando no existan cambios en el peso ni en la composición corporal.

Cuanto más larga sea la distancia a recorrer y por lo tanto la participación aeróbica, más determinante será la economía de carrera. Los maratonianos de alto nivel son los atletas capaces de consumir la menor cantidad de oxígeno para una velocidad de carrera submáxima presentando, por lo tanto, los niveles de economía de carrera más altos del atletismo (Pate y col. 1987).

La economía de carrera es un parámetro que no entraña problemas ni en su concepto ni en su determinación, siempre que su estudio se efectúe a velocidades submáximas, sin embargo todavía se desconocen los factores de los que depende (Morgan y col. 1989). En este sentido Bailey y Pate (1991) realizan una clasificación de los factores relacionados con la economía de carrera, clasificándolos en internos, externos y en otros.

- **Factores internos:** afectan a las funciones internas del organismo, como la frecuencia cardíaca, la ventilación, la temperatura, etc.
- **Factores externos:** edad, factores antropométricos, técnica de carrera y variables biomecánicas, material, ambiente, etc.
- **Otros factores:** $\dot{V}O_{2max}$, nivel de entrenamiento, substratos energéticos, fatiga, etc).

Frederick (1996), realiza una clasificación parecida de los factores que afectan a la economía de movimiento, dividiéndolos en extrínsecos e intrínsecos.

Todos estos factores no tienen el mismo orden de importancia. Para Pate y col. (1992) el primer factor es la ventilación, seguido de la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno relativo y el peso corporal.

La correlación entre la economía de carrera y el $\dot{V}O_{2max}$ parece ser escasa e incluso inversa, observándose normalmente mejor economía de carrera en los sujetos de $\dot{V}O_{2max}$ más bajo.

Morgan (1989) estudió la relación entre el $\dot{V}O_{2max}$, la economía de carrera y el tiempo en 10 km, encontrando correlaciones muy bajas entre la economía de carrera y la marca en 10 km, al igual que entre el $\dot{V}O_{2max}$ y el tiempo en 10 km. Sin embargo, la velocidad correspondiente al $\dot{V}O_{2max}$ (VAM) correlacionó significativamente con la marca ($r = 0,87$).

De forma empírica, y sin determinar el grado de influencia, se pueden considerar cuatro factores que influyen en la economía de carrera:

- Las características del músculo (tipo de fibras, elasticidad, etc.).
- La técnica de carrera.

- El coste energético.
- Los medios materiales.

Para precisar la importancia de cada uno de estos factores serían necesarios más estudios en los que se analizase cada parámetro en relación con la mejora de la economía. En estos momentos existen argumentos que defienden la posibilidad de mejora de la economía de carrera a través del entrenamiento, cuantificándola incluso por parte de algunos en un 15 % (Bunc y Heller 1989), mientras que para otros (Daniels 1985), el entrenamiento juega un papel mínimo e incluso nulo en la mejora de la economía de carrera.

Otra de las incógnitas que presenta este parámetro tiene que ver con su determinación a velocidades o esfuerzos realizados con la intervención del máximo consumo de oxígeno (VAM), en los que el aporte de energía a través del metabolismo anaeróbico es importante y el rendimiento ya no depende exclusivamente del O₂ consumido.

2.1.4.3. EL UMBRAL ANAERÓBICO

Hill y Lupton (1923) ya afirmaban que, cuando los músculos se someten a un incremento gradual del trabajo, sus necesidades metabólicas sobrepasan a aquellas que puede satisfacer por si solo el metabolismo aeróbico. Pero fueron Wasserman y col. quienes introducen el término “umbral anaeróbico”, para referirse al nivel de trabajo o de consumo de oxígeno justo por encima del cual se produce la acidosis metabólica y los efectos asociados en el intercambio de gases respiratorios (Wasserman 1991).

La doble perspectiva de esta definición ha permitido la realización de estudios basados tanto en la acumulación del lactato como en el comportamiento de los parámetros ventilatorios. Esto provocó la aparición de dos términos nuevos:

umbral láctico y umbral ventilatorio (Rodríguez 1987; López Chicharro 1997). El umbral láctico se ha definido como el punto en el cual la concentración de lactato comienza a elevarse por encima de los valores de reposo (Green y col. 1983; Weltman y col. 1990). Mientras que el umbral ventilatorio presenta diferentes definiciones en función del método de determinación. Una de las más sencillas es la que lo define como el punto en el cual la ventilación aumenta de forma desproporcionada respecto al oxígeno consumido (Davis 1985).

En la actualidad, existe gran controversia acerca de la relación real entre estos dos fenómenos, encontrándose en la literatura trabajos que demuestran tanto las diferencias entre ellos como una similitud evidente (Rodríguez 1987; López Chicharro 1997), por lo que hoy en día todavía es un problema complicado, tanto respecto de su determinación como respecto a la terminología empleada.

Así, por ejemplo, Mader y col. (1978) dan un valor fijo referencia que se sitúa en los $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ y lo denomina umbral aeróbico-anaeróbico.

Kindermann y col. (1979) distinguen tres zonas: un umbral aeróbico, una zona de transición aeróbico-anaeróbica y un umbral anaeróbico, refiriéndose a acumulaciones de lactato de $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, entre 2 y $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ y de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente, denominación que posteriormente mantuvieron Skinner y MacLellan (1980), con relación a los cambios ventilatorios. Es conocido su modelo trifásico que describe la transición del metabolismo aeróbico al anaeróbico durante un ejercicio incremental, y que establece una relación entre la acumulación de lactato y la ventilación, sugiriendo la denominación de *umbral aeróbico* al punto que se produce en la fase 2, donde aparece el aumento inicial de la concentración de lactato y el incremento no lineal de la ventilación. Estos autores sugieren, a su vez, que se denomine umbral anaeróbico al mismo fenómeno producido en la fase 3, dado que en este caso el incremento desproporcionado de la concentración de lactato y la

pérdida de linealidad de la ventilación, están más relacionados con la anaerobiosis y con el mayor reclutamiento de fibras tipo II.

Según Rodríguez (1987), el concepto de umbral integra aspectos relativos al potencial metabólico periférico, al gasto cardíaco, al intercambio gaseoso y a la capacidad del sistema del transporte de oxígeno en general. Por lo tanto, es razonable pensar que éste puede ser un buen sistema para analizar la intensidad del ejercicio en relación con sus repercusiones centrales y periféricas.

Además de los estudios científicos, la repercusión del umbral anaeróbico en el ámbito de la práctica del entrenamiento lo ha corroborado como un parámetro determinante en el rendimiento, siendo muy utilizado tanto en la prescripción del entrenamiento, como para predecir el resultado deportivo. Aunque como ocurre con otros parámetros o indicadores fisiológicos de la resistencia, debe considerarse, sobre todo, cuando se cuente con posibilidades de determinación precisa. Aun así, no debe ser el único factor a utilizar para la prescripción de la intensidad del entrenamiento o para valorar el rendimiento.

Para la determinación de los umbrales aeróbico y anaeróbico existen diversos métodos de aplicación en el laboratorio o en pruebas de campo. Estas determinaciones se pueden dividir en “no invasivas” e “invasivas”, dentro de las no invasivas la más utilizada y fiable es la determinación del umbral ventilatorio por medio del análisis de gases, pero también se realizan otros como la detección por electromiografía, por la composición de la saliva (López Chicharro y col. 1994), por la deflexión de la frecuencia cardíaca (Conconi y col. 1982) e incluso por la percepción subjetiva del esfuerzo (Alvarez 1994).

Dentro de los métodos invasivos de determinación, están los que se basan en el análisis de la concentración de lactato en sangre y su comportamiento en una prueba incremental, es decir, los estiman el umbral láctico (Mader y col. 1978).

También se puede determinar el umbral láctico a través del estudio del aumento de las catecolaminas plasmáticas (umbral de catecolaminas) (Mazzeo y col. 1989).

2.1.4.4. EL FACTOR DE RESISTENCIA

Otro aspecto del rendimiento es la capacidad de un corredor para mantener un esfuerzo próximo al $\dot{V}O_{2max}$ durante la competición. Este factor que depende, lógicamente, de la distancia y de los factores ambientales, también ha sido definido como capacidad aeróbica (Navarro 1998). El porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$ que puede ser mantenido, para un ritmo de carrera determinado, oscila entre el 60 y el 86 %, en los maratonianos de bajo nivel y los de élite, respectivamente. En un estudio sobre la maratón realizado por Sjödín y Svedenhag (1985), el porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$ promedio al cual se desarrolló la carrera, fue el mismo (80 %) para los corredores de alto nivel y nivel medio (2:20-2:37), pero significativamente inferior (71 %) en los de nivel bajo (3:24). Estas diferencias también afectaron a la velocidad del umbral de lactato obtenido durante la carrera de maratón, que se situó en un porcentaje respecto al $\dot{V}O_{2max}$ significativamente diferente, en los sujetos de distinto nivel: 85 % en los corredores lentos y 92 % en corredores de nivel más alto. Estos resultados confirmaron que el porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$ que puede mantenerse en una carrera difiere con la capacidad de rendimiento.

La facultad que permite a los corredores de mayor nivel mantener un porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$ más elevado en la carrera, puede deberse sobre todo a un mayor nivel de entrenamiento, una mayor experiencia y en definitiva un organismo más dotado para ese tipo de esfuerzo.

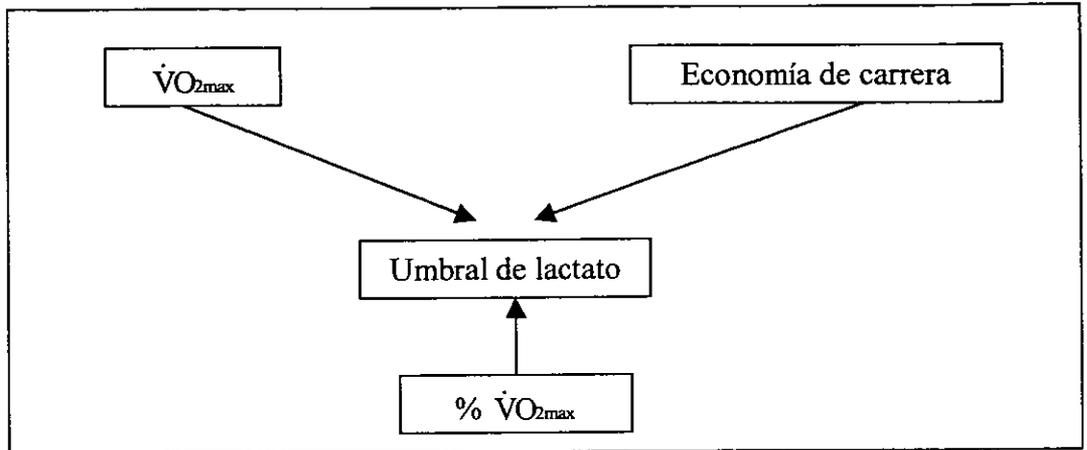


Fig. 2.1. Interrelación entre diferentes variables fisiológicas de importancia para el rendimiento en las carreras de distancias medias y especialmente de distancias largas (Svedenhag 1996).

2.1.4.5. LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA (VAM)

Desde hace décadas se viene describiendo la relación entre el consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$) y la velocidad en la carrera como un incremento lineal hasta el punto en que el $\dot{V}O_2$ alcanza una meseta. Åstrand y Rodahl (1986) se encargaron, posteriormente, de estudiar a fondo las relaciones existentes entre el máximo consumo de oxígeno y la capacidad para el trabajo físico. Sin embargo, el concepto de velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM), como la velocidad de carrera en la que se obtiene el consumo máximo de O_2 ($\dot{V}O_{2max}$), fue planteado en primer lugar por di Prampero y col. (1986). Posteriormente, los estudios de Cazorla (1987); Lacour y col. (1989 y 1991); Morgan y col. (1989); Noakes y col. 1990; Gaçon (1991); Billat y col. (1994a, 1994b, 1994c y 1994d) y Hill y Rowell (1996), van a aportar nueva información sobre el tema.

a) Concepto de velocidad aeróbica máxima

El concepto de velocidad aeróbica máxima resulta todavía controvertido, puesto que se ha tendido a confundir con la velocidad en el umbral anaeróbico, entendiéndose, en algunos casos, como el límite del trabajo aeróbico. La VAM, si se

entiende como la velocidad mínima necesaria para obtener el $\dot{V}O_{2max}$ en una carrera progresiva en tapiz rodante (Billat 1994b), se trata de una velocidad superior a la del umbral anaeróbico y, por consiguiente, con participación del metabolismo anaeróbico. En este sentido, los autores que investigaron sobre la VAM coinciden, aunque con términos menos concretos, con la definición de Billat y col. Así, para Gacon (1991) la velocidad aeróbica máxima es “la intensidad de trabajo que se desarrolla durante el transcurso de un esfuerzo cuyo dispendio energético corresponde al consumo máximo de O_2 ” o “la velocidad de carrera suficiente para solicitar la potencia aeróbica máxima ($\dot{V}O_{2max}$)”; Lacour y col. (1991) la definen como “la velocidad correspondiente al $\dot{V}O_{2max}$ ”; Berthoin y col.(1996) la definen como “la mínima velocidad de carrera en la que se da el $\dot{V}O_{2max}$ ”; para Hill y Rowell (1996) puede ser definida como “un producto integrado por el $\dot{V}O_{2max}$ y la economía de carrera”. Esta última resulta, más bien que una definición de la VAM, una relación de dependencia.

Aunque la mayoría de investigadores parecen estar de acuerdo en el concepto, Hill y Rowell (1996) afirman que cada autor habla de un parámetro distinto, opinión que no es compartida en el presente estudio, puesto que no se aprecian diferencias sustanciales entre los diferentes conceptos. La situación origina más controversias cuando se trata de definir el método de determinación ya que, en este caso, los investigadores proponen distintos métodos de determinación.

b) Métodos de determinación de la VAM

Las distintas alternativas metodológicas propuestas para la determinación de este parámetro, hacen que a la hora de definirlo haya que definir también el método de determinación, pudiendo realizarse de forma directa en laboratorio (tapiz rodante) (Billat y col. 1994b, 1994c), de forma indirecta mediante calculo matemático (di Prampero y col. 1986, Lacour y col. 1989), por extrapolación (Morgan y col. 1989) o

por estimación a través de pruebas de campo (Léger y Boucher 1980; Brue 1985, Lacour y col. 1991).

En un intento de aclarar las diferencias observadas en el método de determinación de la VAM propuestas por los diferentes autores, Hill y Rowell (1996) plantearon un estudio comparativo entre las diversas formas propuestas para determinar este parámetro. Su hipótesis era que los diferentes autores no proponían distintas formas de determinación, sino que se referían a parámetros diferentes, hipótesis que terminan aceptando. Aun así, el resultado de su estudio no parece indicar que los diferentes autores no lleguen a un consenso sobre el concepto de velocidad aeróbica máxima, puesto que a la hora de definirla, todos coinciden en que debe considerarse como la velocidad necesaria para obtener el $\dot{V}O_{2max}$, el problema detectado por Hill y Rowell (1996) era, simplemente, que después de aplicar las diferentes metodologías, la VAM final era significativamente distinta.

Las metodologías de determinación de la VAM pueden resumirse en las siguientes:

- Billat (1994). La mínima velocidad de trabajo sobre tapiz rodante a la que se alcanza el $\dot{V}O_{2max}$
- Di Prampero y col. (1986). Calculada a partir de la ecuación: $\dot{V}O_{2max}/C$, C= economía de carrera.
- Lacour y col. (1989). Calculada a partir de la ecuación: $\dot{V}O_{2max} - \dot{V}O_2 / C'$, C'= economía de carrera, $\dot{V}O_2 = \dot{V}O_2$ en reposo.
- Daniels (1985), Cunningham (1990) y Morgan et al. (1989). Cálculo, mediante regresión lineal.
- Noakes y col. (1990). La mayor velocidad sobre tapiz rodante que es sostenida durante al menos 1 minuto.

- Léger y Boucher (1980), Brue (1985), Monmayeur y Villaret (1990), Lacour y col.(1991) y Berthoin y col. (1996a). Estimación mediante prueba de campo (carrera progresiva en pista).

Según lo expuesto, es más lógico pensar que se refieran al mismo parámetro y que las variaciones en el método de determinación influyan en su determinación exacta. Si se parte del concepto VAM (velocidad cuando se alcanza el $\dot{V}O_{2max}$), su determinación directa no debe presentar ningún problema, siempre y cuando los protocolos tengan la misma duración y los incrementos de velocidad sean similares. En cuanto a la determinación indirecta de la VAM, tampoco debe suponerlos, si se elige un método válido y fiable.

Entre los diferentes conceptos de VAM, se acepta el de Billat y col. como el más preciso (“velocidad mínima a la que se obtiene el $\dot{V}O_{2max}$ ”), por que se refiere a una VAM real determinada de forma directa en el tapiz rodante, pero también se han descrito pruebas indirectas o de estimación de la VAM que resultan muy fiables y válidas. En este sentido se validaron protocolos de campo para la determinación indirecta de la VAM (Léger y Boucher 1980; Brue 1985; Montmayeur y Villaret 1990; Lacour y col. 1991), de fácil aplicación, obteniéndose un gran nivel de correlación ($r > 0,90$) respecto a la determinación directa en diferentes grupos de sujetos (Lacour y col. 1991, Berthoin y col.1996b). La prueba de carrera progresiva en pista de la Universidad de Montreal (UMTT) (Léger y Boucher 1980) es considerada como uno de los protocolos más válidos y fiables, con la ventaja de que puede realizarse en el campo y simultáneamente a varios corredores, lo que la convierte en el más fácilmente integrable pudiendo estar más fácilmente integrada en un programa de entrenamiento y más adecuada que las mediciones en la cinta rodante (Lacour y col 1991).

Se trata de una prueba bien conocida y validada. El protocolo consiste en originar incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada dos minutos, partiendo a una velocidad de 7 u

8 km·h⁻¹. De dicho protocolo original se han derivado ciertas variantes. En este sentido Brue (1985), valida un protocolo con incrementos de velocidad (0,25 km·h⁻¹) y de duración (30 s) más pequeños. Esto permite básicamente la obtención de una velocidad final más discriminante, aunque según los estudios de Lacour y col. (1991) puede sobrestimar la VAM hasta un 10 % (los sujetos continuaban corriendo después de alcanzar el $\dot{V}O_{2max}$), llegando a la conclusión que el protocolo original (Léger y Boucher 1980) sería más fiable en la determinación de la VAM.

c) Relevancia de la VAM

La utilidad práctica del parámetro, sea cual sea su forma de determinación, parece incuestionable. A pesar de que tampoco existe un criterio unánime en la terminología utilizada, usándose por parte de algunos el término: “velocidad aeróbica máxima” (VAM) (Lacour y col 1989; Billat y col 1994; Berthoin y col 1995, 1996a) y por parte de otros el de “velocidad en el $\dot{V}O_{2max}$ ($v \dot{V}O_{2max}$) (Daniels y col. 1984; Morgan y col 1989; Hill y Rowel 1996).

En cualquier caso, la VAM o $v \dot{V}O_{2max}$ adquiere una especial relevancia en la predicción de los resultados en las pruebas de medio fondo y fondo, puesto que relaciona en un solo término la potencia aeróbica y la eficiencia mecánica (Léger y Boucher 1980), o la potencia aeróbica máxima y la economía de carrera (Hill y Rowell 1996). Se comprobó una gran correlación de la VAM con el rendimiento carreras de maratón y media maratón (di Prampero y col. 1986), de 10.000 m (Morgan y col. 1989) y, finalmente, de 1.500-5.000 m (Lacour y col. 1991; Padilla y col. 1992), considerándose un parámetro tan buen pronosticador del resultado como la velocidad en el umbral de lactato (Noakes y col. 1990).

Numerosos autores (Lacour y col. 1989; 1991; Cazorla 1988; Mora Vicente 1992; Berthoin y col. 1995) coinciden en que la VAM obtenida mediante el UMTT o variantes, constituye una forma excelente para determinar las posibilidades de un

deportista en disciplinas de potencia aeróbica (distancias de carrera desde 800 m hasta maratón), además de representar una referencia muy útil para la prescripción individual del entrenamiento.

Precisamente, la prescripción del entrenamiento a partir de la VAM, puede representar una las principales aplicaciones de este parámetro desde el punto de vista práctico (Gacon 1991; García Manso y col. 1996; García Verdugo y Léibar 1997). En este sentido, puede equipararse a la frecuencia cardíaca, pudiendo resultar un indicador de la carga de entrenamiento aeróbico más fiable, sobre todo a intensidades por encima del 85 % del $\dot{V}O_{2max}$ (Léger 1999).

d) Factores de los que depende la VAM

Todavía no se conocen con exactitud los factores determinantes de la VAM. Inicialmente se la ha relacionado con el $\dot{V}O_{2max}$ y con la economía de carrera, pero hoy en día se sabe que depende de más factores, no siendo posible precisar el grado de influencia de cada uno.

Se conoce la relación de la VAM con otros parámetros fisiológicos como el $\dot{V}O_{2max}$, con el que no se encontró una correlación mayor de $r= 0,57$ ($p < 0,02$) (Lacour y col. 1989). Sin embargo, con respecto al umbral anaeróbico, Lacour y col. (1991) hallaron una clara correlación entre la VAM y la velocidad a los $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de lactato (V4) ($r= 0,85$; $p < 0,001$), comprobando además que la población investigada (mediofondistas franceses) poseía su V4 en el 86,6 % de la VAM determinada a través del UMTT. Este porcentaje respecto a la VAM, podría coincidir con el porcentaje del umbral anaeróbico respecto al $\dot{V}O_{2max}$ para este tipo de sujetos, planteándose la posibilidad de la estimación del umbral anaeróbico mediante el UMTT (Mora Vicente 1992). Respecto a la relación con la economía de carrera, Noakes y col. (1990) comprobaron que los sujetos con mayor VAM también presentaban mejor economía de carrera.

Como puede apreciarse, no existe un único factor responsable del incremento de la VAM. El $\dot{V}O_{2max}$, la economía de carrera, el umbral anaeróbico, o la capacidad anaeróbica, son factores que parecen tener cierta influencia en un parámetro que todavía ofrece ciertas dudas en algunos aspectos, salvo en su nivel de relevancia.

2.1.4.5. EL TIEMPO LÍMITE A LA VAM (T_{lim})

Otra dimensión derivada de la VAM es la capacidad de mantener dicha velocidad en el tiempo. Este concepto se ha denominado “tiempo límite a la velocidad aeróbica máxima” (T_{lim}) (Billat y col. 1994a, 1994b, 1994c, 1994d; Hill y Rowel 1997; Berthoin y col. 1996a). El T_{lim} supondría un dato suplementario de valoración de la cualidad aeróbica, útil para estimar la capacidad de trabajo al $\dot{V}O_{2max}$ en el ámbito de un entrenamiento adaptado a las carreras de media y larga distancia (Billat y col. 1994a).

Dependiendo del tipo de deportista valorado, el T_{lim} puede oscilar entre los 300 y 600 segundos (Billat y col. 1994c; Berthoin y col. 1995). Investigaciones acerca de este parámetro, realizadas por Billat y col. (1994b) con una muestra pequeña y homogénea de corredores franceses especialistas en medio fondo y fondo, revelaron que la carrera a intensidad de la VAM mantenida hasta el agotamiento (T_{lim}) no tenía relación ni con el $\dot{V}O_{2max}$ ni con la VAM ($r= 0,14$ y $r= 0,24$), existiendo sin embargo correlación significativa con el umbral de lactato ($r= 0,74$). En dicho estudio también se observó una buena correlación del T_{lim} con la marca en distancias de media maratón ($r= 0,72$), parecida, curiosamente, a la observada en la prueba de 3.000 m ($r= 0,67$). De dichos estudios se concluyó que este parámetro podría resultar un indicador muy importante de la tolerancia a la acidosis y, por lo tanto, de la capacidad anaeróbica láctica, coincidiendo estas últimas afirmaciones con las de otros estudios más recientes (Hill y Rowel 1996).

A partir de las investigaciones realizadas por Billat y col. (1994 a, 1994b, 1994c), se puede afirmar que el tiempo de mantenimiento de la VAM, en corredores de subélite de fondo, está relacionada con el rendimiento en larga distancia y con el umbral de lactato, pero no con el $\dot{V}O_{2max}$ y la economía de carrera. Obteniéndose, en alguno de los últimos estudios (Billat y col. 1995), una correlación de tipo negativo entre el T_{lim} y la VAM ($r = -0,538$; $p < 0,05$), a pesar de que las características de la población eran parecidas a las anteriores (atletas entrenados, especialistas en medio fondo y fondo). Otros estudios de Billat y col. (1994c) permitieron comprobar, además, que los sujetos con mayor T_{lim} , eran aquellos con menor diferencia entre la VAM y la velocidad en el umbral de lactato, o el mayor valor de umbral de lactato expresado como una fracción de la VAM.

A este respecto, el entrenador de atletismo francés Gacon (1991), considera que la VAM, unida a la capacidad para mantenerla (TMI, como él la denomina), son dos factores trascendentales a la hora de determinar las posibilidades de un sujeto en las carreras de medio fondo y fondo. Para dicho autor, la determinación de la VAM (intensidad), no representa suficientemente el potencial aeróbico de un sujeto, si esta no va acompañada de la determinación del tiempo de mantenimiento de la misma (volumen).

2.2. EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

El aumento del interés en las dos últimas décadas por el entrenamiento de resistencia, especialmente en las carreras de fondo, ha favorecido el desarrollo de numerosos estudios sobre la fisiología del entrenamiento de resistencia y del rendimiento en competición. Esto ha conllevado una mejor comprensión de los factores limitantes de la capacidad de resistencia, aunque muchos de los principios básicos de entrenamiento y de los efectos fisiológicos relacionados ya se conocen desde hace más de medio siglo (Svedenhag 1996).

En este sentido, se ha comprobado que a mayor nivel de entrenamiento, menores son los efectos que pueden obtenerse con el entrenamiento. Sin embargo, se conoce relativamente poco sobre los cambios fisiológicos responsables de las pequeñas pero importantes mejoras que se producen en el rendimiento de los atletas altamente entrenados. En el caso de sujetos no entrenados, los aspectos cualitativos del entrenamiento no parecen tan relevantes: en estos casos el sujeto casi con toda seguridad mejora de manera significativa. Por ejemplo, considerando los estudios en que se compararon los efectos de los métodos continuos frente a los interválicos en sujetos no entrenados, en muy pocos se han encontrado diferencias significativas entre uno y otro método. Sin embargo, en sujetos entrenados, los diferentes elementos que constituyen el entrenamiento (volumen, intensidad, pausa, etc.), pueden ser decisivos (Svedenhag 1996).

En cualquier caso, a la hora de plantear el entrenamiento de la resistencia es necesario considerar algunos aspectos fundamentales que pueden intervenir en el proceso y en la consecución de los objetivos (Matvéyev 1983):

- Adaptaciones al entrenamiento.
- Medios y métodos de entrenamiento.
- Diagnóstico del nivel inicial de los sujetos (evaluación).
- Principios generales del entrenamiento.
- Prescripción y periodización de las cargas de entrenamiento.

2.2.1. ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA

Como consecuencia del entrenamiento de resistencia, tienen lugar una serie de procesos fisiológicos de adaptación en el organismo, tanto a nivel general como local, cuya finalidad es retrasar la aparición de la fatiga. Dichas adaptaciones pueden producirse de inmediato, durante el esfuerzo, y a largo plazo como consecuencia del entrenamiento (Åstrand y Rodahl 1986).

Las adaptaciones producidas por el entrenamiento a nivel fisiológico, se han dividido en centrales y periféricas. Las centrales permiten una mejor captación y transporte de O₂ por la sangre hacia los tejidos y tienen que ver con los cambios experimentados por el sistema respiratorio y cardiocirculatorio. Las periféricas tienen que ver con modificaciones en la fibra muscular, que afectan a la difusión del O₂ a la mitocondria y a la capacidad enzimática oxidativa de la célula muscular para utilizar el oxígeno recibido (Mellerowicz y Meller 1979; Hollman y Hettinguer 1983; Holloszy y Coyle 1984; Åstrand y Rodahl 1986; Mac Dougall y col. 1995).

2.2.1.1. ADAPTACIONES CENTRALES

a) Sistema respiratorio

Durante el ejercicio aumenta la demanda de oxígeno en los tejidos, aumentando también, para satisfacer esta demanda, la actividad del aparato circulatorio y respiratorio de forma coordinada.

El aparato respiratorio es responsable de lograr que el nivel de saturación de la hemoglobina sea el más alto posible. A este respecto, se sabe que más del 99 % del O₂ presente en la sangre va unido a la hemoglobina, mientras que menos del 1 % se halla disuelto en el plasma. El principal mecanismo del aparato respiratorio para aumentar el flujo de O₂ desde la atmósfera a la sangre, es a través de del aumento del área de intercambio, para ello es necesario aumentar la superficie de contacto de alvéolos ventilados y perfundidos, es decir, es preciso un aumento coordinado de la ventilación y del gasto cardíaco (Wilmore y Costill 1994).

Las actividades que requieren de un gran volumen-minuto respiratorio estimulan el crecimiento del tórax, provocando a largo plazo un mayor volumen pulmonar, con el consiguiente aumento de la superficie alveolar (Mellerowicz y Meller 1979). La capacidad vital también se incrementa sensiblemente a través del

entrenamiento de resistencia a medida que disminuye el volumen residual, provocándose además una hipertrofia de los músculos respiratorios (Shephard y Åstrand 1996). Estos factores podrían explicar el hecho de que la mayoría de los fondistas altamente entrenados respiren más económicamente, presentando valores más bajos que los deportistas no entrenados en cuanto a volumen minuto respiratorio, equivalente respiratorio y frecuencia respiratoria (Mellerovicz y Meller 1979). Las respuestas respiratorias al ejercicio se orientan a la regulación homeostática de los gases de la sangre arterial con un coste fisiológico mínimo, por lo tanto el sistema respiratorio, durante la realización de ejercicios de larga duración, tiende a proporcionar una ventilación alveolar adecuada sin incurrir en la fatiga muscular (Dempsey y Manohar 1996). Sin embargo, en intensidades máximas, los especialistas en deportes de resistencia pueden alcanzar frecuencias respiratorias superiores (Willmore y Costill 1994). El volumen corriente en reposo no varía, a pesar de que durante el ejercicio es mayor en los deportistas entrenados. La capacidad pulmonar total no suele sufrir modificaciones, pero puede aumentar, en el caso de algunos deportistas (nadadores), hasta un 5-10 % (Åstrand y Rodahl 1986).

A pesar de todos los aspectos anteriores ya constatados, existen evidencias suficientes para afirmar que la capacidad del sistema pulmonar para mantener presiones arteriales de O_2 muy raramente presenta una amenaza para el transporte de oxígeno durante la realización de ejercicios prolongados e intensos al nivel del mar (Dempsey y Manohar 1996). Aun así, resulta de una importancia decisiva la capacidad del individuo para suministrar oxígeno a los músculos que trabajan. El umbral en el que la ventilación aumenta para responder a los requerimientos de O_2 varía de una persona a otra (Åstrand y Rodahl 1986). Una persona con una baja potencia aeróbica máxima alcanza su valor de umbral con un consumo de O_2 menor que una persona con un $\dot{V}O_{2max}$ elevado. Durante el trabajo con grupos musculares pequeños (brazos), la ventilación para un determinado consumo de O_2 resulta proporcionalmente mayor que cuando participan grupos musculares más grandes (piernas), en estas circunstancias tanto la concentración de lactato como la frecuencia

cardíaca varía, de un tipo de ejercicio a otro, en la misma proporción (Stemberg y col. 1967).

También es frecuente que en los primeros minutos de un ejercicio de cierta intensidad aparezca una disnea (dificultad respiratoria). La disnea se ha definido como una respiración difícil, laboriosa y molesta. Pero cuando ha transcurrido cierto tiempo de esfuerzo este estado de malestar cesa y aparece un “segundo aliento”. No están del todo claros los motivos por los cuales se produce este fenómeno, pero resulta muy común en personas no entrenadas. En atletas bien entrenados que realizaron un calentamiento adecuado antes de un esfuerzo raras veces sienten estas molestias (Åstrand y Rodahl 1986).

b) En el sistema cardiovascular

Son muy numerosas las investigaciones realizadas sobre las adaptaciones del sistema cardiocirculatorio ante el entrenamiento de resistencia. Estas adaptaciones repercuten fundamentalmente sobre el músculo cardíaco (gasto cardíaco) y sobre la sangre (transporte de O_2 por la sangre).

Para las actividades con una duración superior a los 2 ó 3 min, la energía se deriva principalmente de procesos metabólicos aeróbicos que dependen de un adecuado aporte de oxígeno. Este hecho justifica los elevados consumos máximos de O_2 que poseen los especialistas en carreras de resistencia, los cuales van siempre acompañados por niveles elevados de gasto cardíaco, pudiendo extraerse la conclusión de que el $\dot{V}O_{2max}$, está limitado en una gran medida por el gasto cardíaco (Hartley 1996). No obstante, para que el $\dot{V}O_2$ alcance su valor más alto también se precisa una distribución adecuada del gasto cardíaco, primando los tejidos musculares activos (López Calbet 1997b).

Es importante recordar, que el $\dot{V}O_{2max}$ puede ser incrementado aumentando la capacidad total de transporte de O_2 de la sangre, elevando el gasto cardíaco máximo y mejorando la difusión de O_2 desde la sangre a la fibra muscular activa.

b1) El gasto cardíaco.

Los estudios realizados han permitido comprobar que un atleta altamente entrenado con un consumo de oxígeno de $6 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, presenta un gasto cardíaco cercano a los $35 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (Hartley 1996). Esto supone un aumento de unas 6 veces respecto a los valores de reposo, lo que permite, si la cantidad de oxígeno contenido en la sangre es elevado, una gran distribución de oxígeno a los tejidos. A este respecto, también se sabe que las variaciones en el transporte máximo de oxígeno dependen principalmente del gasto cardíaco máximo (Åstrand y Rodahl 1986; Hartley 1996).

El gasto cardíaco durante el ejercicio de resistencia tiene que aumentar para responder a las mayores demandas de energía, poniéndose de manifiesto un mecanismo de ajuste del gasto cardíaco. Dependiendo del grado de intensidad del ejercicio el gasto tarda más o menos en estabilizarse (mayor retraso a intensidad alta), manteniendo una cierta linealidad con el consumo máximo de oxígeno, la cual puede perderse sensiblemente cuando la temperatura corporal es alta, debido a que en ese momento parte del flujo sanguíneo se dirige a la piel para favorecer la termorregulación.

Los factores de los que depende el gasto cardíaco son el volumen sistólico y la frecuencia cardíaca, siendo característica en los deportistas de resistencia un gran volumen sistólico y un descenso de la frecuencia cardíaca en reposo. La frecuencia cardíaca máxima no varía o disminuye ligeramente con el entrenamiento de resistencia, aumentando el gasto cardíaco gracias al incremento del volumen sistólico (McArdle y col. 1990). El aumento del volumen sistólico se produce por

tres mecanismos: incrementando el volumen telediastólico (mecanismo de Frank-Starling), aumentando el tamaño del corazón y aumentando la fracción de eyección (mejora de la contractilidad). Estos aspectos dependen en gran medida de la genética, pero pueden elevarse a través del entrenamiento (Hartley 1996).

El tamaño del músculo cardíaco en deportistas de resistencia es más elevado que en el resto de deportistas y es un factor que repercute en un mayor volumen sistólico (Åstrand y Rodahl 1986). Además, se ha comprobado que con el entrenamiento de resistencia aumenta la masa miocárdica y el volumen ventricular, lo que provoca una contracción más eficiente del corazón y por lo tanto un incremento del volumen sistólico (Nishimura y col. 1980; Booth y Thomason 1991; López Calbet y col. 1990).

La bradicardia también aparece con el entrenamiento de resistencia, y se debe al efecto combinado del aumento de la actividad del sistema parasimpático (actuando directamente sobre el nódulo sinusal) y al aumento del volumen sistólico. La bradicardia suele ser más acusada en deportistas altamente entrenados en resistencia, mostrando frecuencias cardíacas en reposo incluso inferiores a los 40 latidos (Åstrand y Rodahl 1986).

b2) El transporte de oxígeno por la sangre

Durante el ejercicio el flujo sanguíneo se distribuye con el objeto primordial de suministrar oxígeno a los tejidos metabólicamente activos y eliminar el dióxido de carbono producido (Åstrand y Rodahl 1986).

La hemoglobina se une al O₂ y transporta el 98,5 % de todo el que va en la circulación sanguínea, por lo que resulta vital tanto en el transporte del oxígeno a los tejidos como en el transporte del CO₂ o los iones H⁺, lo que también la convierte en la principal neutralizadora de la acidosis (Shephard y Plyley 1996).

Con el ejercicio de resistencia de larga duración puede aumentar tanto el volumen de plasma como el de la hemoglobina, aunque el aumento del primero puede disminuir la concentración del segundo (pseudoanemia deportiva), alteración que no debe de afectar al rendimiento. También ocurre después de un ejercicio intenso de larga duración, un descenso del plasma (pérdida de líquido) y como consecuencia un aumento de la concentración de hemoglobina.

Se ha constatado que a pesar de que el $\dot{V}O_{2max}$ y, en especial, la capacidad de trabajo físico dependen en cierta medida del nivel de hemoglobina existente en el organismo. Cuando este nivel desciende (anemia, etc.) la capacidad de trabajo desciende proporcionalmente (Mishchenko y Monogarov 1995). Esto demuestra la evidencia actualmente aceptada de que existen mecanismos fisiológicos que pueden elevar o disminuir el rendimiento, independientemente del $\dot{V}O_{2max}$.

Los cambios producidos por el entrenamiento en la capacidad de la sangre para transportar oxígeno están estrechamente relacionados con las reacciones hemodinámicas. Como consecuencia del ejercicio se produce una hemoconcentración de la sangre disminuyendo su volumen, debido a la intensificación del proceso de filtración del líquido de los vasos a las células musculares activas (Mishchenko y Monogarov 1995). La hemoconcentración aumenta la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre y con ello asegura el trabajo del sistema de transporte de oxígeno a la vez que eleva la velocidad de la sangre.

Åstrand y col. (1964) comprobaron que la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre arterial era un 10 % más elevada durante el ejercicio intenso que en reposo. Por su parte, la sangre venosa que abandona los músculos posee un muy bajo contenido en oxígeno durante el ejercicio intenso (Åstrand y Rodahl 1986).

El valor del transporte sistémico de oxígeno va a ser determinante para un alto consumo máximo de oxígeno por parte del atleta, pero no es la única condición. El otro condicionante para lograr un alto $\dot{V}O_{2max}$, es el nivel de captación de O_2 por parte de la célula muscular. Esta capacidad para captar el O_2 viene determinada por la diferencia arteriovenosa de O_2 [dif (A-V) O_2] y el porcentaje extraído se denomina coeficiente de utilización del O_2 .

2.2.1.2. ADAPTACIONES PERIFÉRICAS

Todavía no está claro si la contribución mayor al desarrollo del potencial aeróbico, depende de aspectos centrales o periféricos.

Existen fisiólogos partidarios de uno y otro aspecto, aunque los argumentos más poderosos parecen estar en manos de los que defienden un mayor protagonismo de los factores centrales (Shephard y Plyley 1996). Cabe pensar que es en los ejercicios submáximos donde pueden tener más importancia los aspectos periféricos, pero en el caso de los aeróbicos máximos, serían los centrales los principales responsables del rendimiento (Hartley 1996).

Según Hollman y Hettinger (1983), los principales efectos del entrenamiento aeróbico a nivel periférico son los siguientes:

- a) Aumento de la tasa de glucógeno muscular.
- b) Aumento de la tasa de mioglobina.
- c) Multiplicación y aumento de la densidad de las mitocondrias.
- d) Intensificación de la actividad de las enzimas aeróbicas.
- e) Mejora de la vascularización a través de un desarrollo de la circulación colateral y una mayor capilarización.

a) Aumento del glucógeno muscular

La degradación aeróbica de los hidratos de carbono está limitada por el aporte celular de glucógeno. Después de 10 ó 20 km de carrera las reservas de glucógeno muscular pueden agotarse, dependiendo de la capacidad individual del sujeto para almacenarlo y de la intensidad del ejercicio (Henriksson 1996a). Cuando la intensidad del ejercicio se sitúa entre el 70 y el 80 % del $\dot{V}O_{2max}$ las reservas de glucógeno muscular constituyen uno de los principales factores limitantes del rendimiento (Weineck 1988).

Saltin (1973), a través de biopsias musculares a futbolistas demostró que cuanto más elevadas son las reservas musculares de glucógeno mayor es la capacidad para realizar un trabajo intenso y prolongado.

La síntesis del glucógeno se produce rápidamente en las 5 a 10 primeras horas, sobre todo en las fibras FT y a partir de ese tiempo, más lentamente. El proceso de llenado y vaciado producido a través del entrenamiento de resistencia va a producir, si la alimentación es la adecuada, un efecto de supercompensación, pudiendo aumentar en un 100 % su capacidad de reserva (Weineck 1988). En valores absolutos, la totalidad de los músculos esqueléticos contienen entre 200 y 400 g de glucógeno, aproximadamente.

b) Aumento en la tasa de mioglobina

En el músculo entrenado en resistencia se ha detectado un crecimiento de la tasa de mioglobina. La mioglobina está concentrada en las fibras ST, y parece ser que es la que les confiere el color rojo característico de este tipo de fibras.

La mioglobina, al igual que la hemoglobina, puede almacenar O_2 , pero representa simplemente una pequeña reserva. Esta reserva sirve para proporcionar

oxígeno al metabolismo aeróbico al comienzo de un ejercicio ya que el transporte de O₂ por la sangre es insuficiente al comienzo de un ejercicio.

A través del entrenamiento puede conseguirse un incremento de la mioglobina de un 80 % (Holloszy 1975).

c) Aumento del número y densidad de las mitocondrias

El metabolismo aeróbico se produce en el interior de las mitocondrias. Un mayor número de estas y, a su vez, un mayor tamaño van a facilitar en gran medida una mejora en el metabolismo aeróbico. Se averiguó mediante biopsias musculares que a través del entrenamiento de resistencia se producen este tipo de adaptaciones en las mitocondrias (Holloszy 1975).

Asimismo, las cargas prolongadas de intensidad moderada conllevan un aumento del volumen de las mitocondrias de las fibras de contracción lenta (ST) y las de contracción rápida tipo A (FTa). Sin embargo, un trabajo intenso mediante "interval training" corto provoca cambios sobre todo en las fibras de contracción rápida tipo B (FTb) (MacDougall y col. 1995).

En los corredores de fondo a la vez que se produce un aumento de la cantidad y el volumen de las mitocondrias respecto a no deportistas, también se observan tres veces más depósitos de grasas neutras (Platonov 1991).

d) Aumento de los enzimas oxidativos

Numerosas investigaciones han demostrado que la actividad enzimática se eleva tanto a nivel del sarcoplasma como de la mitocondria, o incluso en los dos a la vez, dependiendo del tipo de entrenamiento aplicado (Weineck 1988).

Algunos de los estudios para comprobar los cambios enzimáticos mitocondriales se realizaron a lo largo de 2-3 meses, con intensidades del 70-80 % del $\dot{V}O_{2max}$, una duración de la sesión 30-60 minutos y una frecuencia semanal de 3-5 sesiones. Con este tipo de entrenamiento se observó un aumento del 40-50% de las enzimas mitocondriales iniciales, en sujetos no entrenados (Henriksson 1996).

El nivel más alto en contenido de enzimas oxidativas en el músculo entrenado puede llegar a ser el cuádruple que el músculo no entrenado, aunque se supone que el tiempo necesario para llegar a estos niveles es muy prolongado, como también ocurre con los cambios en las mitocondrias (Holloszy 1975).

Se puede constatar un aumento progresivo a lo largo de las 6-8 primeras semanas, produciéndose el aumento más veloz en las tres primeras (Saltin y Gollnick 1983).

e) Aumento del número de capilares

La capilarización de los músculos esqueléticos aumentará rápidamente con el entrenamiento de resistencia. En sólo dos meses Andersen y Henriksson (1977) encontraron aumentos del 50 % en el número total de capilares después de un entrenamiento de alta intensidad.

Todavía no está claro hasta qué punto el incremento del número de capilares depende de la duración y de la intensidad del entrenamiento. Ciertos estudios en que se realizó entrenamiento de baja intensidad, dieron como resultado aumentos en las enzimas oxidativas pero no en la capilarización (Henriksson 1996).

2.2.2. EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Es un hecho probado que los ejercicios de carácter aeróbico con una duración superior a los 15 minutos y una frecuencia semanal de tres sesiones, favorecen la pérdida de peso corporal. Estas pérdidas de peso se incrementan proporcionalmente con la duración del ejercicio, como demostraron los trabajos de Milesis (1976), entre otros. El aumento de la duración del ejercicio lleva asociado un incremento del gasto calórico, circunstancia que favorece la pérdida de peso corporal, gracias a un mayor consumo energético.

En otros trabajos realizados por Wilmore y col. (1970) con una muestra de hombres entre 17 y 59 años de edad, que realizaron carrera continua, 3 días a la semana (8,4 km), durante 10 semanas, se produjeron ciertos cambios en la composición corporal, pero no resultaron significativos. Estos cambios no afectaron prácticamente al peso magro y sí al porcentaje de grasa, que disminuyó alrededor de un 1 %. Una de las conclusiones extraídas fue, que la duración de las sesiones resultaba demasiado escasa para provocar mayores efectos.

Respecto a la frecuencia semanal del entrenamiento, todo parece indicar que son necesarias al menos tres sesiones semanales para provocar cambios significativos, existiendo algunas evidencias de que el aumento de las sesiones semanales puede ser proporcional a la pérdida de grasa (Pollock 1975).

En lo concerniente al período mínimo de entrenamiento para lograr cambios significativos, o al método usado, la situación resulta más confusa. En esta línea Thomas y col. (1984) después de someter a una gran muestra de 59 sujetos (hombres y mujeres) a 12 semanas de entrenamiento continuo y por intervalos, ambos grupos redujeron su porcentaje de grasa, no encontrando diferencias significativas entre los dos grupos experimentales.

La inclusión de una dieta unida al ejercicio aeróbico parece la mejor solución para la pérdida de peso. Además la inclusión del ejercicio proporciona protección contra una pérdida excesiva de tejido magro (McArdle 1990).

2.2.3. EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA SOBRE LA CAPACIDAD DE SALTO

La relación entre el entrenamiento de fuerza y resistencia es un aspecto que ha preocupado siempre a entrenadores e investigadores. Se han planteado numerosos estudios con el objetivo de comprobar tanto los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la capacidad de resistencia (Hickson y col. 1980; Marcinik y col. 1991; García Manso y col. 1993), como los efectos del entrenamiento de resistencia en la capacidad de fuerza, y también los efectos del entrenamiento simultáneo de fuerza y resistencia (Hickson y col. 1988; Paavolainen y col. 1991; Hennessy y Watson 1994). Estos y otros estudios confirman la relación antagónica de la fuerza y de la resistencia, en cuanto a sus manifestaciones generales, aunque los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la capacidad de resistencia parecen ser más positivos que en sentido contrario.

Parece demostrado que el aumento de la fuerza en determinados grupos musculares interviene favorablemente en el incremento del rendimiento en ejercicios cíclicos de resistencia (Marcinik y col. 1991). Las razones de esta mejora pueden atribuirse a cambios en el reclutamiento de fibras (Hickson y col. 1988) o al aumento de la llamada resistencia muscular local, es decir, al aumento simultáneo de la fuerza muscular y de la capacidad oxidativa en la musculatura implicada (Verjoshanski 1990).

Sin embargo, la influencia que el entrenamiento de resistencia puede ejercer sobre el incremento o disminución de fuerza muscular parece un aspecto más controvertido.

Se acepta generalmente que el entrenamiento de resistencia aeróbica repercute negativamente en la ganancia de fuerza, la capacidad de salto o la velocidad (González Badillo y Gorostiaga 1995). A este respecto, Hickson y col. (1980) afirman que existe una repercusión nula del entrenamiento de resistencia en el incremento de la fuerza máxima. En estudios realizados por Hennessy y Watson (1994), con sujetos que entrenaban la fuerza y la resistencia simultáneamente, se concluye que el entrenamiento combinado de fuerza y resistencia, realizado durante 8 semanas, proporciona una mejora del $\dot{V}O_{2max}$ e incluso de la fuerza máxima, pero la mejora de la fuerza en los músculos ejercitados es menor que si el sujeto solo efectuara entrenamiento de fuerza. Estos mismos autores concluyen, además, que existe una repercusión negativa del entrenamiento de resistencia sobre la mejora de la velocidad y el salto vertical.

De todos modos, la situación ofrece todavía dudas sobre las repercusiones del entrenamiento de resistencia en las diversas manifestaciones de la fuerza, aumentando el nivel de incertidumbre cuando se tienen en cuenta períodos más o menos prolongados de entrenamiento o se aplican diferentes métodos de entrenamiento.

2.2.4. PRINCIPIOS GENERALES DEL ENTRENAMIENTO

El entrenamiento físico implica exponer al organismo a una carga de entrenamiento o tensión de trabajo de intensidad, duración y frecuencia suficientes para producir un efecto de entrenamiento observable y medible (Åstrand y Rodahl 1986).

Para que se produzca este efecto es necesario someter al organismo a una sobrecarga que origine una tensión mayor de la que se produce habitualmente en la vida cotidiana. En esas condiciones el organismo suele responder mediante una adaptación, la cual representa una cualidad de los organismos vivientes que a través

del desarrollo corporal, formas corporales, rendimiento, comportamientos y exigencias diversas pueden estabilizar sus condiciones de existencia (Manno 1991).

La adaptación a la sobrecarga va a depender de la adecuación a una serie de estímulos biológicos que implican una reacción orgánica, psíquica y afectiva. Desde una perspectiva puramente fisiológica, el entrenamiento puede entenderse como el conjunto de cargas físicas que provocan una adaptación funcional y morfológica, provocando cambios en el organismo, y por tanto elevación del rendimiento (Martín y Vittori 1998).

El tipo de estímulo aplicado será la causa fundamental de la adaptación y de sus características cualitativas. Por ello, es importante conocer el grado de especificidad, intensidad, duración, densidad y cantidad de los estímulos aplicados, los cuales en su conjunto representan la carga física de entrenamiento que es el generador fundamental de adaptaciones estables (Manno 1991).

Pero el entrenamiento, además, debe entenderse como parte de un proceso integrado por otros aspectos como la formación, la educación y la enseñanza, que se concretan en unos principios, normas y estructuras entorno a los ejercicios, tareas y situaciones (Martín y Vittori 1998).

Así, los principios del entrenamiento deportivo suelen analizarse desde las dos perspectivas siguientes:

- Principios biológicos, que afectan a los procesos de adaptación orgánica.
- Principios pedagógicos, que influyen en la metodología del proceso de entrenamiento.

A continuación se analizan algunos de los principios biológicos más representativos y de mayor aplicación en el entrenamiento de la resistencia:

a) Principio de la carga creciente o crecimiento paulatino del esfuerzo

Este principio se basa en el aumento del volumen y de la intensidad de las cargas en el proceso de entrenamiento. A medida que aumenta la capacidad funcional del deportista como consecuencia del entrenamiento, en la misma medida deben de aumentar también los esfuerzos. Este incremento de la carga debe realizarse de forma gradual, adaptándose al nuevo estado en que se encuentra el deportista (Matveyev 1982; Tschien 1987).

Harre (1987), aconseja realizar el incremento de la carga, primero mediante el aumento de la cantidad de trabajo, para posteriormente hacerlo mediante la intensidad.

Además, la progresión de la carga debe de tener en cuenta otros principios del entrenamiento. En lugar de realizar un incremento lineal de la carga se incluirán interrupciones supercompensatorias, adaptándose al grado de preparación del deportista (Matveyev 1983).

b) Principio de la continuidad

Los estímulos de entrenamiento aplicados deben de tener una sucesión ya que, de otro modo, el efecto acumulativo se pierde, desapareciendo la posibilidad de adaptación (Matveyev 1983; Weineck 1988; Platonov 1991).

Con la interrupción del entrenamiento se observa una disminución de la capacidad de rendimiento. Del mismo modo, cuando los efectos del entrenamiento son resultado de un período breve de entrenamiento, se pierden antes con la inactividad que si son resultado de un período más largo de entrenamiento (Weineck 1988).

No todas las capacidades condicionales presentan el mismo ritmo de pérdida. En la resistencia y la fuerza resistencia se ha observado una pérdida rápida del rendimiento, mientras que la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la velocidad, han demostrado una mayor estabilidad. La interrupción del entrenamiento, también repercute de forma distinta dependiendo del nivel del deportista. Los deportistas con muchos años de entrenamiento, poseen una mayor estabilidad en el rendimiento que los principiantes (Harre 1972).

García Manso y col. (1996b), para respetar este principio, proponen las reglas siguientes:

- Evitar, si es posible, toda interrupción del entrenamiento.
- Asegurar la continuidad del desarrollo complejo de todos los factores del rendimiento.
- En caso de lesión, deben evitarse interrupciones completas del entrenamiento.
- Asegurar las fases de recuperación para evitar la tensión excesiva que luego podría obligarnos a restricciones en el entrenamiento.

c) Principio de la multilateralidad o de la variación de la carga

El principio de multilateralidad se basa en la creencia de que el entrenamiento de diferentes capacidades, tanto condicionales como coordinativas, puede dar lugar a un mayor nivel de rendimiento que un entrenamiento unilateral. Estos argumentos no deberían cuestionar uno de los principios más sólidos del entrenamiento, como es el de especificidad, puesto que ambos se justifican en un proceso de entrenamiento.

Existen algunas experiencias con jóvenes, en las que el rendimiento en una capacidad condicional resultó más elevado después de entrenar diferentes capacidades que entrenando una sola (Ulmeanu 1969). En el caso del

entrenamiento de resistencia, este principio podría tener una mayor justificación en el planteamiento de una preparación de la resistencia general como base de la resistencia específica.

Para Vorobiev (1974), la práctica de la preparación física general influye positivamente sobre el organismo y juega un papel importante en los altos resultados deportivos, pero la preparación física general debe construirse en base al tipo de deporte elegido.

El principio de multilateralidad afecta sobre todo a los sujetos en edades de formación, ya que en la preparación para el alto rendimiento el atleta debe prepararse de forma específica (Álvarez del Villar 1985). Sin embargo, incluso en estos casos durante los períodos de transición e inicios de temporada debe programarse una preparación multifacética y general, como base de la preparación específica (Matveyev 1983).

d) Principio de la individualidad

La capacidad de reacción del organismo es distinta en cada atleta, independientemente de los estados de forma, las modificaciones hormonales y las transformaciones del gesto deportivo. Además, durante el proceso de entrenamiento, ejercen una influencia distinta en cada atleta e incluso en el mismo atleta (Matveyev 1983).

A la vista de lo anterior debe considerarse que, si la capacidad funcional del sujeto es distinta, también lo debe de ser la aplicación de los esfuerzos en el entrenamiento, requiriendo una estricta individualización de los medios a emplear.

Las características personales se someten finalmente al desarrollo biológico o edad biológica, con lo cual también puede entenderse la

individualidad y la edad como un principio de entrenamiento conjunto. El fundamento biológico del mismo es la capacidad individual de adaptarse, que indica que estímulos iguales provocan respuestas individualmente diferentes (Zintl 1991).

e) Principio de especificidad

La necesidad de una preparación específica para lograr un alto rendimiento deportivo es un argumento que no ofrece dudas en la actualidad. A través del entrenamiento, el deportista intenta adaptar el organismo a los requerimientos específicos de su modalidad deportiva.

La preparación específica afecta tanto a las capacidades coordinativas propias de una especialidad deportiva determinada como a la condición física específica de cada disciplina. Si se quiere mejorar la velocidad, la fuerza, la resistencia o la técnica, es necesario aplicar ejercicios puramente específicos, orientados al desarrollo concreto de esos aspectos (Alvarez del Villar 1985). Incluso dentro de las diferentes capacidades físicas, se puede dirigir el entrenamiento a unas modificaciones funcionales determinadas. En el caso del entrenamiento de resistencia, son conocidas las adaptaciones funcionales producidas como consecuencia del ejercicio aplicado a nivel local y a nivel global (Åstrand y Rodahl 1986; Saltin y Strange 1992). Asimismo, y en la valoración funcional de deportistas de diferentes especialidades, se ha constatado un consumo de O_2 más elevado y una mayor capacidad de trabajo cuando el ejercicio implicaba la musculatura y la ejecución motriz específica propia del deporte (ciclistas, corredores, remeros etc.), incluso a pesar de que en el ejercicio se active una masa muscular menor. En este sentido, estudios recientes con nadadores, donde se evaluó el $\dot{V}O_{2max}$ después de un ejercicio de nado, revelaron niveles de $\dot{V}O_{2max}$ superiores a los obtenidos en el laboratorio con ejercicios inespecíficos como la carrera y el pedaleo en cicloergómetro (Rodríguez en prensa).

f) Principio de supercompensación

Este principio se basa en la relación óptima entre carga y recuperación, puesto que después de una carga de entrenamiento determinada, se requiere un periodo de recuperación para soportar en condiciones favorables una carga de entrenamiento similar. La fundamentación biológica de la supercompensación indica que después de un estímulo de carga relativamente fuerte no sólo se restaurará el nivel inicial, sino que se establecerá una sobrecompensación (Zintl 1991).

La capacidad de rendimiento mostrará una mejora constante si se aplican las cargas de entrenamiento de una forma óptima. Puesto que la restauración de los diferentes depósitos energéticos presenta variaciones respecto al tiempo, la regeneración después de las cargas será un factor importante a tener en cuenta en la programación y planificación del entrenamiento (García Manso y col. 1996b).

g) Principio de sobrecarga

El principio de sobrecarga o de estímulo eficaz de carga (Zintl 1991), indica que el estímulo de entrenamiento debe superar un cierto umbral de intensidad para obtener un efecto de entrenamiento, es decir, para iniciar una reacción de adaptación.

Los estímulos inferiores al umbral individual de intensidad no tienen efecto, los débiles por encima del umbral mantienen el nivel funcional, los óptimos provocan cambios fisiológicos y morfológicos. Los estímulos demasiado intensos pueden provocar daños funcionales.

Con carácter general, en el entrenamiento de la resistencia aeróbica, se ha considerado como umbral de intensidad mínima para producir beneficios

significativos, la intensidad correspondiente al 50 % del $\dot{V}O_{2max}$ individual de un sujeto (Åstrand y Rodahl 1986).

2.2.5. LA CARGA DE ENTRENAMIENTO

El término carga de entrenamiento se utiliza para medir cuantitativamente el trabajo de entrenamiento desarrollado (Verjoshanski 1990). Generalmente se utilizan los conceptos de carga externa, carga interna y carga psicológica. En el primer caso para referirse a la cantidad de trabajo desarrollado, la segunda para definir el efecto que ésta puede tener sobre el organismo y la tercera es la percepción psicológica que el deportista tiene de ella (Matveyev 1983; Verjoshanski 1990; Platonov 1991).

Es relativamente fácil valorar la carga externa de un ejercicio manejando los parámetros de intensidad y duración (Platonov 1991). Sin embargo, cuando se intenta valorar la carga interna, el efecto que un determinado trabajo puede producir en la fisiología humana resulta muy difícil de predecir. Esta predicción es aun más compleja en lo que respecta a los ejercicios de resistencia. Por ejemplo, hoy en día se conoce que las cargas situadas entre el 90 y el 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ están relacionadas en gran parte con la participación de las fuentes anaeróbicas de energía y existe una alta participación de las fibras de contracción rápida (FT), lo cual queda confirmado por la reducción del glucógeno que contienen (Platonov 1991). Sin embargo si la intensidad de la carga no supera el umbral anaeróbico (60-70 % del $\dot{V}O_{2max}$) se utilizan principalmente las fibras de contracción lenta (ST), condición esencial para mejorar la resistencia al trabajo prolongado (Gollnick y col. 1973).

Todos estos aspectos no se tuvieron en cuenta, por ejemplo, por Reindell y Gerschler (1962), cuando defendían los beneficios del entrenamiento interválico, ya que un entrenamiento continuo actúa más directamente sobre las fibras ST y por lo tanto sería más apropiado para el entrenamiento aeróbico (Platonov 1991). Pero para la adaptación del aparato muscular a un trabajo de resistencia son necesarios

estímulos más intensos que para el sistema cardiovascular y respiratorio (Mac Dougall y Sale 1981). Por lo tanto, el desarrollo de la resistencia específica no puede realizarse únicamente a expensas del método continuo de entrenamiento (Verjoshanski 1990).

Todavía son necesarias más investigaciones que aporten un mayor conocimiento acerca de los efectos que el entrenamiento de la resistencia puede producir a nivel interno. Para Weineck (1988), el rendimiento se logra por la creación de estímulos apropiados de entrenamiento y estos actúan en el siguiente orden:

- Carga de entrenamiento.
- Modificación de la homeostasis.
- Adaptación del organismo.
- Mejora de las capacidades funcionales del organismo.

Por lo tanto, para lograr el mejor efecto de la carga de entrenamiento sobre el organismo, es necesario adecuar los componentes de esa carga así como sus posibles interacciones en la capacidad de rendimiento. A este respecto los índices generales más clásicamente utilizados de la carga de entrenamiento son el volumen y la intensidad. Pero existen más parámetros en el concepto de carga que es necesario analizar en su conjunto para entender los efectos que se derivan del proceso de entrenamiento. Estos efectos pueden clasificarse en inmediatos o retardados, respecto a cada sesión, y acumulados como resultado de la suma de todos los efectos originados (Verjoshanski 1990).

Los componentes de la carga que proponen autores como Tschiené (1987), Weineck (1988), Manno (1991), tanto desde la perspectiva cualitativa como desde la cuantitativa son:

- Intensidad del estímulo.

- Densidad del estímulo (relación temporal existente entre las fases de trabajo y de recuperación).
- Duración del estímulo.
- Volumen del estímulo (duración y número de estímulos por sesión de entrenamiento).
- Frecuencia de las sesiones de entrenamiento, (número de sesiones diarias, semanales, etc.).

a) Intensidad de la carga

La intensidad del entrenamiento es la medida del esfuerzo que comporta el trabajo desarrollado durante el entrenamiento (Verjoshanski 1990). Para su valoración se utilizan diferentes criterios. En el caso de la resistencia suele expresarse en relación a la máxima capacidad de rendimiento del deportista, bien respecto a su mejor marca, $\dot{V}O_{2max}$, VAM, fc, etc.

Las intensidades más adecuadas para el desarrollo de la resistencia aeróbica suelen situarse entre el 60 y el 100% del $\dot{V}O_{2max}$. Wilmore y Costill (1994) comprobaron que los mejores resultados en el incremento del $\dot{V}O_{2max}$ se producían con intensidades entre el 50 y el 90 % del $\dot{V}O_{2max}$. Se trata, sin embargo, de una franja de intensidad excesivamente amplia ya que las velocidades de carrera resultantes para esos porcentajes de $\dot{V}O_{2max}$ son muy diferentes. Un deportista poco entrenado en resistencia puede desarrollar una velocidad de $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$, mientras que al 50 % puede correr solamente a $8 \text{ ó } 9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Todo esto hace pensar que cargas tan distintas deben de provocar efectos también distintos; lo cierto es que, en muchos de los estudios realizados aplicando intensidades entre el 60 y el 80 % del $\dot{V}O_{2max}$ frente a otras entre el 90 y el 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ no se encontraron diferencias significativas en el incremento del $\dot{V}O_{2max}$.

(Bhambhani y Singh 1985; Adeniran y Toriola 1988; Overend y col. 1992). Olsen y col. (1988), tampoco encontraron diferencias significativas en la mejora del $\dot{V}O_{2max}$, el umbral ventilatorio y la marca en 3.200 m de carrera, después de aplicar intensidades de entrenamiento interválico al 92 % y al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$, respectivamente.

Sin embargo, Wenger y Bell (1986), llegaron a la conclusión de que las intensidades entre el 90 y el 100% del $\dot{V}O_{2max}$, son las más efectivas para la mejora del consumo máximo de oxígeno, coincidiendo con los resultados de algún otro estudio, donde el entrenamiento interválico a estas intensidades, también produjo beneficios superiores al entrenamiento continuo (Gorostiaga y col. 1991).

Después de la revisión de los diferentes estudios, todavía no esta clara cuál es la intensidad más adecuada para el desarrollo de la potencia aeróbica, pero todo parece indicar que los efectos de la carga de entrenamiento vienen determinados no solamente por la intensidad del estímulo, sino también por su duración y su volumen. Aunque para algunos la intensidad es el factor más determinante (Wenger y Bell 1986), esta opinión parecen no compartirla otros como Overend y col. (1992), quienes después de aplicar intensidades en torno al 75 % y 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ a través del método continuo e interválico, respectivamente, igualando la carga externa, tampoco hallaron diferencias significativas en la mejora del $\dot{V}O_{2max}$ y plantearon la hipótesis de que la magnitud total de la carga sea el principal factor de la mejora. A conclusiones parecidas ya habían llegado Åstrand y Rodahl (1986), cuando afirmaron que para el desarrollo de la resistencia aeróbica, tenía un valor fundamental el volumen de trabajo realizado.

La mayoría de las investigaciones realizadas aplicando entrenamiento aeróbico con estímulos de diferentes intensidades, indicaron, como ya afirmó Pollock en 1978, que cuando se equipara el coste energético total del entrenamiento los efectos sobre el consumo máximo de oxígeno son muy parecidos. Esta

afirmación concuerda con otras investigaciones más recientes (Gregory 1979; Adeniran y Toriola 1988; Overend y col. 1992).

Es importante señalar que en todos los trabajos realizados comparando los métodos continuos con los interválicos, el factor de equiparación de la carga externa de trabajo fue siempre la intensidad media del trabajo intermitente.

b) Volumen de la carga

El volumen de la carga es la medida cuantitativa global del entrenamiento con sus diferentes orientaciones funcionales desarrolladas en un microciclo, una etapa o un ciclo anual (Verjoshanski 1990). En este concepto de volumen, Verjoshanski incluye la intensidad del estímulo que, junto con su duración, constituyen el volumen de la carga de entrenamiento. Se trata de un concepto más amplio que el que le atribuyen la mayoría de los autores, quienes lo utilizan prácticamente como un sinónimo de la duración. Weineck (1988), dentro de los componentes de la carga, habla de factores cualitativos cuando se refiere a la intensidad y densidad del estímulo, y de factores cuantitativos para referirse al volumen, duración y frecuencia, entendiendo el volumen como la suma de la duración y el número de estímulos por sesión de entrenamiento.

Para cuantificar el volumen de entrenamiento se precisa de unidades de medida, las cuales variarán dependiendo del objetivo a desarrollar. En el caso del entrenamiento de la carrera de resistencia se utilizan el tiempo o la distancia recorrida.

Se sabe que para el desarrollo de la resistencia aeróbica es necesario una cierta duración y un cierto volumen, teniendo en cuenta que sólo para solicitar la participación predominante del metabolismo aeróbico en personas que no practican deporte, son necesarios de 3 a 5 minutos (Platonov 1991).

La duración del estímulo depende de cada sujeto y se sabe que existe una duración óptima individual para el desarrollo de una determinada manifestación de la resistencia, pero cuando esta duración se supera, la magnitud del beneficio desaparece proporcionalmente (Costill 1986). Según Meléndez (1995), una duración de entre 40 y 80 km semanales, con un incremento de un 5-10 % semanal, es lo adecuado para obtener beneficios en el sistema aeróbico en sujetos con cierto nivel de entrenamiento.

El volumen y la duración están íntimamente relacionados con la intensidad, por lo tanto, a partir del umbral de intensidad individual adecuado para cada sujeto puede plantearse un volumen de entrenamiento determinado. En este sentido, se sabe que las personas no entrenadas son capaces de trabajar una media de 30 minutos al 70 % del $\dot{V}O_{2max}$, mientras que deportistas muy entrenados pueden hacerlo durante dos horas (Lacour y Flandrois 1977).

Para personas que no practican deporte activo, una carga del 50-60 % del $\dot{V}O_{2max}$ durante 30-40 minutos provoca una mejora importante en la capacidad funcional del sistema aeróbico. Para corredores de fondo o ciclistas de alto nivel, el estímulo adecuado para lograr ese incremento sería de una intensidad del 80-85% del $\dot{V}O_{2max}$ y una duración de una a dos horas (Platonov 1991).

c) Frecuencia de la carga

Los estímulos de entrenamiento deben administrarse a intervalos de tiempo apropiados, siendo necesaria una fase de recuperación entre las cargas de entrenamiento (Harre 1972), de ahí que el descanso sea considerado como una parte del proceso de entrenamiento (Matveyev 1983). Si la siguiente carga de entrenamiento no es aplicada durante la fase de supercompensación, los efectos del entrenamiento desaparecerán (Matveyev 1983; Platonov 1991).

Además de la duración óptima de las cargas de entrenamiento, para lograr el efecto deseado es necesario saber cuál es la frecuencia más adecuada de aplicación. Según Platonov (1991), en sujetos entrenados, las cargas de gran volumen aplicadas con una frecuencia de 6 días por semana, son las más efectivas para lograr una adaptación periférica que permita elevar el nivel de resistencia aeróbica. Sin embargo, al igual que ocurre con otros parámetros, cuando se trata de deportistas poco entrenados, 3 a 4 sesiones semanales con 1/2 ó 2/3 de la duración máxima admitida, son suficientes para obtener una mejora importante del consumo máximo de oxígeno (Wenger y Bell 1986). A su vez estos mismos autores concluyen que la frecuencia de entrenamiento semanal más rentable está entre 2 y 6 días por semana, teniendo en cuenta como ya se ha apuntado, el nivel del deportista.

También debe señalarse la incidencia del número de lesiones cuando aumenta la frecuencia semanal del entrenamiento, comprobándose que cuando esta pasa de 3 a 5 sesiones semanales, el riesgo de lesión se triplica (Pollock 1978).

Otro aspecto a considerar es si las sesiones de entrenamiento semanal deben de llevarse a cabo en días alternos o si esta circunstancia resulta intrascendente. A este respecto, existen estudios que demostraron que el efecto producido por ambos sistemas era el mismo (Moffatt y col. 1977). A pesar de todo, se siguen recomendando las sesiones alternas como mejor forma de organizar el entrenamiento.

Respecto a la duración de un determinado ciclo de entrenamiento para que se produzcan mejoras en el sistema aeróbico, se ha comprobado que a partir de las cuatro semanas ya aparece cierto grado de mejora y de una forma evidente entre las 8 o 10 semanas (Mishchenko 1995).

2.2.6. LOS MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO

El desarrollo de la capacidad de resistencia ha sido muy estudiado desde diferentes perspectivas y bajo la aplicación de diferentes metodologías.

Estas pueden agruparse en tres sistemas fundamentales:

- Los sistemas continuos.
- Los sistemas fraccionados.
- Los sistemas de competición y control

Los sistemas continuos se encuentran representados básicamente por el método continuo, el sistema fraccionado está representado por el método interválico y el método de repeticiones, mientras que el sistema de competición y control consiste en reproducir la situación específica de la competición (Navarro 1998).

En el atletismo y en el entrenamiento de la condición física de otros deportes se han venido utilizando tradicionalmente tanto los métodos continuos como los interválicos para el desarrollo de la resistencia aeróbica. Pero es en el entrenamiento de la carrera de resistencia donde se han aplicado más profusamente, llegando a una sistematización que ha ido evolucionando con el tiempo.

El origen de estos dos principales métodos no está totalmente claro, aunque se puede afirmar que como sistemas de entrenamiento de la resistencia, el continuo se consolidó a partir de la década de 1930 y el interválico, a partir de 1940 (Álvarez del Villar 1985).

La aplicación de la carrera continua y de la interválica siempre ha suscitado controversia respecto a sus ventajas e inconvenientes respectivos en el desarrollo de la resistencia. En determinada época, la polémica entre partidarios de ambos

métodos hizo que proliferase la literatura específica, con mayor o menor rigor científico, la supremacía de uno sobre el otro.

Hoy en día, se sabe mucho más sobre los factores que afectan al rendimiento en la carrera de resistencia. Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, existe bastante información disponible aunque, en ciertos casos, todavía controvertida, respecto a la intensidad, volumen y frecuencia más adecuada para lograr los objetivos del entrenamiento. Aun así, en la mayor parte de las investigaciones realizadas, incluso aplicando distintas intensidades, no aparecen diferencias significativas entre los dos métodos mencionados en lo que respecta a las modificaciones de ciertos parámetros.

A pesar de todo, en las últimas décadas, numerosos atletas y entrenadores, se han pronunciado por una mayor utilización de un método frente al otro incluso para entrenar una misma distancia sin aportar razones suficientes para justificar dicha elección. Incluso en algunos casos se recomendaba y se promulgaba la adopción exclusiva de uno de los métodos. De todos son conocidas las gestas de Zatopek, cuya trayectoria atlética no puede separarse del entrenamiento interválico (Mollet 1958), o los alemanes Reindell y Gerschler, a quienes se les atribuye la invención del método, calificado en la época (década de los 50) como método “científico” (Hegedüs 1972).

También han existido defensores de la carrera continua, que la utilizaron casi exclusivamente (Berenguer 1967). En esta línea destaca el entrenador y médico Van Aaken, defensor del entrenamiento aeróbico puro a través de la carrera continua, a la que consideraba como la mejor forma de obtener buenos resultados en el atletismo de fondo. A su vez otros de los entrenadores más celebres de la historia, el australiano Percy Ceruti y el neozelandés Arthur Lydiar, utilizaron igualmente como medio principal de entrenamiento la carrera continua en la preparación de sus atletas, incluso de los mediofondistas. Destacando un

sistema de entrenamiento denominado “marathon training” propuesto por Lydiard, el cual les permitió alcanzar grandes logros a sus atletas en las décadas de los 50 y 60 (Hegedüs 1981).

A partir de la década de los 70 y hasta la actualidad, la mayoría se inclina por la combinación de estos dos métodos de entrenamiento, aunque siempre con tendencia a utilizar en mayor medida uno de los dos, apoyándose para ello, en muchas ocasiones en las preferencias o postulados de entrenadores míticos (antes mencionados) y, en definitiva, en planteamientos empíricos basados en la intuición y en la experiencia.

Existen diferentes hipótesis, más o menos fundamentadas, que intentan justificar los posibles efectos fisiológicos diferenciadores. Así, Mac Dougall y Sale (1981) asocian al entrenamiento continuo (70-80 % del $\dot{V}O_{2max}$) con una mejora principalmente a nivel central, y al interválico (100 % $\dot{V}O_{2max}$) con una mayor influencia a nivel periférico, pero también hay argumentos a favor de lo contrario (Hollman y Hettinger 1983, Gorostiaga y col. 1991). Sin embargo del análisis de la mayor parte de los trabajos (Eddy y col. 1977; Bhambhani y Singh 1985; Overend y col. 1992, etc.) se deriva una multidireccionalidad en los efectos, independientemente del método aplicado. Aunque también se han dado evidencias de ciertas diferencias en los efectos de ambos métodos (Poole y Gaesser 1985; Gorostiaga y col. 1991).

Todo esto hace pensar en la necesidad de profundizar en el conocimiento de la metodología del entrenamiento de la resistencia y, particularmente, en los efectos que pueden provocar estos métodos, con el fin de obtener la información necesaria para un entrenamiento más eficaz.

A continuación se presenta una descripción de los principales métodos utilizados, basada en el conocimiento disponible en la actualidad.

2.2.6.1. EL MÉTODO CONTINUO

El entrenamiento continuo implica un ejercicio de ritmo estable ejecutado con una intensidad moderada o alta durante un tiempo prolongado. Conlleva, por consiguiente, un ritmo ininterrumpido, efectuándose el incremento de la carga normalmente por aumento de la duración y mantenimiento de la intensidad (McArdle 1990). La duración de la carga suele ser superior a los 30 min lo que provoca, dependiendo de la intensidad desarrollada, una acción más económica de los movimientos o un mayor desarrollo de los sistemas funcionales del organismo (Navarro 1998).

Dentro del método continuo se suelen aplicar hasta tres formas de realización del esfuerzo (Ballesteros 1990):

- continuo uniforme,
- continuo variable,
- continuo progresivo.

En el entrenamiento de la carrera, la carrera continua realizada a ritmo uniforme suele utilizarse para programar intensidades entre el 60 y el 85% del $\dot{V}O_{2max}$ (umbral aeróbico-umbral anaeróbico), efectuándose generalmente mediante tres formas distintas: carrera continua a ritmo lento y larga duración; carrera continua a ritmo medio y duración media, y carrera continua rápida y duración corta (Ballesteros 1990; Manno 1991; Zintl 1991; Hegedüs 1994).

La carrera continua variable y la progresiva se utilizan para aplicar cargas en la misma “zona de intensidad” que la anterior o ligeramente superior, pero variando la intensidad del esfuerzo, alternativa o progresivamente. En este tipo de variantes de la carrera continua se programan normalmente duraciones de trabajo más cortas (30-45 min).

a) La carrera continua lenta

La duración de esta carrera suele situarse entre 60 y 120 minutos (atletas entrenados), aunque puede ser superior, dependiendo de la especialidad y del nivel del deportista. La intensidad suele estar en torno al 60 % del $\dot{V}O_{2max}$, con una frecuencia cardíaca que puede oscilar, dependiendo del nivel del deportista, entre los 140 y las 160 latidos por minuto (Ballesteros 1990; Zintl 1991).

La carrera a este régimen, va a repercutir sobre todo en el metabolismo de los ácidos grasos, teniendo lugar una elevación de la actividad enzimática de la beta-oxidación (Weineck 1988).

El trabajo realizado únicamente mediante esta variante no es suficiente por si solo para mejorar la capacidad aeróbica, ya que no exige un aumento sustancial en la utilización del glucógeno, por lo que se precisa de la aplicación de cargas en zonas de mayor intensidad. Además, los efectos de este tipo de trabajo se manifiestan fundamentalmente en el ámbito de la célula muscular o a nivel periférico (capilarización y adaptación muscular) (Manno 1991; Gorostiaga y col. 1991).

La zona metabólica a la que se realiza este tipo de carrera suele situarse en torno al umbral aeróbico ($2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de lactato) (Kinderman y col. 1979).

b) La carrera continua media

La carrera continua a ritmo medio tiene una duración de entre 40 y 60 minutos (Manno 1991), y su intensidad se realiza alrededor del 70 % del $\dot{V}O_{2max}$ (Ballesteros 1990), lo que supone una frecuencia cardíaca de 150-170 latidos por minuto, dependiendo del nivel del atleta.

La intensidad se aproxima mucho al umbral anaeróbico, lo que conlleva una acumulación de lactato de entre 3 y 4 mmol·L⁻¹. El entrenamiento a este régimen permite elevar el umbral anaeróbico (Zaporozhanov y col. 1992). Además de aumentar el consumo máximo de oxígeno, las reservas de glucógeno muscular y la eliminación del ácido láctico (Zintl 1991).

Mediante la aplicación de este método, la mejora que se produce en el consumo máximo de oxígeno viene dada por modificaciones fundamentalmente a nivel periférico (Hollman y Hettinger 1983; Gorostiaga y col. 1991).

c) La carrera continua rápida

Esta modalidad de carrera continua se efectúa a una intensidad entre el 75 y el 85 % del $\dot{V}O_{2max}$ o de la VAM, en el umbral anaeróbico e incluso ligeramente por encima. La frecuencia cardíaca puede estar entre las 170 y 180 pulsaciones y la duración entre los 20 y 40 minutos.

A este régimen de carrera hay una mayor intervención del metabolismo anaeróbico, y sus efectos se traducen en una mejora de la velocidad de carrera en el umbral anaeróbico (Zaporozhanov y col. 1992). Esto se debería a que el músculo mejora su tolerancia al ácido láctico, su capacidad de eliminarlo y la resistencia psíquica al esfuerzo (Manno 1991).

En general, el entrenamiento continuo con absorción submáxima de oxígeno (70-80 % del $\dot{V}O_{2max}$) y duración relativamente larga parece ser un estímulo eficaz para aumentar la masa y la densidad de las mitocondrias en el músculo, además de intensificar la oxidación de los ácidos grasos libres (Åstrand 1996). Aunque para Mac Dougall y Sale (1981) la mejora es fundamentalmente a nivel central, mejorando el volumen sistólico, y por lo tanto el gasto cardíaco. El fundamento fisiológico de sus afirmaciones, se basa según ellos, en las posibilidades que ofrece

la carrera continua desarrollada a esta intensidad frente a otros métodos, para someter al músculo cardíaco a una mayor carga total de trabajo durante el tiempo que dura el entrenamiento.

2.2.6.2. EL MÉTODO INTERVÁLICO

La expresión “entrenamiento interválico” (IT) presenta diversas interpretaciones, ya que en ocasiones se denomina así a la totalidad del trabajo realizado de forma intermitente, mientras que en otras se refiere al entrenamiento fraccionado aeróbico en el que la recuperación es incompleta. Para otros, en cambio, la expresión entrenamiento interválico se refiere concretamente al método propugnado por Reindell y Gerschler en Friburgo (década de los 50-60).

Hoy en día, la utilización general del entrenamiento por intervalos es más flexible y comprende todas las formas de entrenamiento en las que se cubra cierta distancia media-alta, seguida de una pausa de recuperación incompleta, normalmente activa. Fox y Mathews (1974) lo definen sencillamente como una serie de tiempos repetidos de ejercicio, alternados con periodos de descanso. En esta misma línea Hollman y Hettinguer (1983) afirman que el método interválico se caracteriza por la alternancia rítmica entre una sollicitación motriz alta y una reducida. Sin embargo, Hegedüs (1981) acota más el término calificándolo como un trabajo determinado por una sucesión de esfuerzos submáximos con pausas incompletas de recuperación, concepto éste que parece definir mejor la idea actual del entrenamiento interválico.

A pesar de todo, el entrenamiento por intervalos ofrece multitud de posibilidades respecto a las variables que configuran la carga de entrenamiento. En los distintos estudios realizados se ha puesto de manifiesto esta variabilidad de posibilidades en cuanto a los componentes de la carga (intensidad, duración del ejercicio, duración de la pausa, duración total y frecuencia del entrenamiento). A diferencia de un ejercicio continuo, en el cual resulta sencillo determinar el

funcionamiento energético predominante a partir de la duración y de la intensidad (Truillon 1987), en el entrenamiento interválico la variabilidad de todos estos factores hacen que la determinación de la carga interna resulte más complicada (Meléndez 1995).

Según Saltin y col. (1976), para poder realizar un análisis del trabajo intermitente es necesario considerar lo siguientes aspectos:

- Intensidad del trabajo realizado, que debe corresponder con la intensidad media resultante del intervalo de trabajo y del de recuperación.
- Duración total del trabajo, incluyendo los tiempos de trabajo y de recuperación.
- Trabajo total realizado, es decir, coste energético de todo el trabajo resultante de multiplicar la intensidad media por la duración total del mismo.

La intensidad con la que suele realizarse el intervalo de pausa se recomienda que sea en torno al 50 % del $\dot{V}O_{2max}$, intensidad que permitirá una mejor eliminación del ácido láctico acumulado (Åstrand 1996), aunque para sujetos muy entrenados puede situarse en el 60 % del $\dot{V}O_{2max}$ (Fox y Mathews 1974).

Desde la perspectiva actual y después de una compleja evolución del denominado entrenamiento por intervalos, la mayoría de los autores distinguen tres modalidades o variantes de realizar el entrenamiento interválico: con intervalos cortos, medios y largos (Truillon 1978; Mellerovicz y Meller 1979; Hegedüs 1981; Hollman y Hettinguer 1983).

Otros como Zintl (1991), Ballesteros (1990) y Navarro (1998), prefieren utilizar los términos extensivo e intensivo, agrupando bajo esta clasificación la

totalidad de las intervenciones metabólicas, en función de la intensidad, la duración de los intervalos y la duración de la pausa.

a) El método de intervalos cortos

El método de intervalos cortos (entrenamiento de Reindell y Gerschler, o método de Friburgo), consiste en la repetición de distancias de 100 a 200 metros (10 a 40 segundos) (Hollman y Hettinger 1983). La intensidad al final del período de trabajo debe situar la frecuencia cardíaca entre las 160 y las 190 $\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$. Para comenzar el siguiente esfuerzo la frecuencia cardíaca debe de estar en torno a las 120 $\text{lat}\cdot\text{min}^{-1}$, con una recuperación efectuada, normalmente de forma activa y una duración de 30-60 s.

Las investigaciones realizadas acerca de los efectos que este tipo de entrenamiento interválico puede provocar sobre el organismo revelaron que los mayores valores de pulso de oxígeno no se presentaban durante la carga y sí en las fases de recuperación, sobre todo durante el primer minuto de la misma. Dicha circunstancia se interpretó como debida a la caída rápida de la presión arterial, lo que a su vez provocaba una gran elevación del ritmo cardíaco. Este hecho va a justificar para Reindell y Gerschler la aplicación de este método, dada la correlación existente entre el tamaño del corazón y la capacidad aeróbica general. Según Reindell, el aumento de volumen cardíaco se constataba en muy pocas semanas, y en sólo 14 días de aplicación del método ya podía observarse un incremento significativo (Hollman y Hettinger 1983).

Investigaciones posteriores demostraron que a pesar de sus efectos sobre el músculo cardíaco, este tipo de entrenamiento interválico no era la mejor forma de mejorar el sistema aeróbico, ya que ni los aumentos de volumen sistólico eran tan importantes, ni solicitaba de la forma más adecuada al metabolismo oxidativo, fundamental en el desarrollo de la resistencia aeróbica (Saltin 1989). Aunque

debido a las pausas cortas se pueda obtener el máximo consumo de oxígeno, con este tipo de trabajo muscular la intervención de la glucólisis anaeróbica es demasiado alta para que exista un predominio aeróbico (Åstrand y Rodahl, 1986).

Para Hegedüs (1981), este método por si sólo ya no ofrece las garantías que preconizaron sus creadores, pasando a ser un complemento del entrenamiento, circunstancia que el propio Gerschler admitió a finales de los 60.

En la actualidad se utiliza el método de intervalos cortos o intensivo en el desarrollo de la resistencia anaeróbica láctica de carrera (Ballesteros 1990), con distancias que oscilan entre los 100 y los 300 m, pudiendo ser incluido en esta clasificación el denominado entrenamiento intermitente de 30:30 s (Åstrand y Rodahl, 1986), cuya efectividad también ha sido demostrada en el desarrollo de la potencia aeróbica (Gorosiaga y col. 1991).

b) El método de intervalos medianos

El método de intervalos medianos debe tener una duración entre 40 y 120 s (Hollman y Hettinger 1983). En este tipo de entrenamiento podría también incluirse el ya mítico método de Zatopeck (repeticiones de 400 m, en tiempo de 1:20 min, con 200 m de recuperación al trote), que por su duración e intensidad puede considerarse más aeróbico que el propuesto por la escuela de Friburgo.

En el entrenamiento de la carrera, este tipo de trabajo se realiza normalmente con una intensidad del 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ o superior y con una pausa, normalmente activa, de igual duración que el intervalo de trabajo. El número de repeticiones depende de la intensidad y duración de cada intervalo, pudiendo oscilar entre 10 y 30.

La intensidad recomendada para el intervalo de pausa está comprendida entre el 40 y el 50 % del $\dot{V}O_{2max}$, intensidad que permitirá una mejor eliminación del ácido láctico acumulado, aunque para sujetos muy entrenados puede situarse en el 60 % del $\dot{V}O_{2max}$ (Fox y Mathews 1986; Åstrand, 1996).

c) El método de intervalos largos

La duración de los intervalos de trabajo debe de superar los 2 min, pudiendo durar hasta 8 min (Chavarren 1996). El intervalo de pausa suele ser igual al intervalo de trabajo, oscilando la intensidad del trabajo entre el 90-100 % del $\dot{V}O_{2max}$. Para el desarrollo de la resistencia aeróbica en su totalidad (potencia y capacidad), lo más recomendable, según los trabajos realizados, parece ser utilizar los intervalos de 3 min de duración, con intervalos de descanso de la misma duración y con una intensidad submáxima (90-100 % del $\dot{V}O_{2max}$, según la duración del intervalo de trabajo) (Saltin y col. 1968; Hollman y Hettinger 1983).

Åstrand y Rodahl (1986) comprobaron que realizando intervalos de esfuerzo entre 2 y 4 min, con una relación trabajo-pausa de 1:1, y con una intensidad en torno al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$, se solicitaba el consumo máximo de O_2 y por lo tanto se mejoraba de forma eficaz la potencia aeróbica máxima.

Fox y Mathews (1974) también recomiendan, tanto para el trabajo interválico de acondicionamiento general como para el de carrera aeróbica, duraciones que oscilan entre los 2 y 5 min con relaciones trabajo-pausa de 1:1 ó 1:1,5. Estos mismos autores resaltan las ventajas del entrenamiento interválico con las siguientes afirmaciones:

- el entrenamiento interválico permite estimular el aumento de la capacidad de obtención de energía a través del sistema ATP-PC, retrasando la presencia de la fatiga al retardar la participación del sistema láctico;

- permite, sin embargo, a través de la regulación apropiada de la duración del intervalo de trabajo y de recuperación, solicitar una mayor participación del sistema láctico;
- se consigue un aumento, gracias al intervalo de recuperación, del volumen máximo del latido, lo que repercute directamente en el desarrollo del sistema aeróbico.

Respecto a este último punto, se sabe que la mejora de factores limitantes de la resistencia aeróbica, como el $\dot{V}O_{2max}$, no dependen exclusivamente de aspectos centrales (gasto cardíaco), sino también de aspectos periféricos (capacidad oxidativa del músculo), aunque todavía no está claro en que medida contribuye cada uno (Hartley 1996). Según interpretan Rodríguez (1987) y López Calbet (1997b), existen indicios para pensar que en esfuerzos de máxima potencia aeróbica, los factores limitantes son centrales y a intensidades submáximas son los periféricos los principales responsables del rendimiento.

Según esto, el entrenamiento interválico realizado a la intensidad del $\dot{V}O_{2max}$, tendría un efecto predominante sobre la adaptación de los aspectos centrales que limitan el rendimiento. Este argumento pone en duda las hipótesis de Mac Dougall y Sale (1981).

A pesar de los diferentes argumentos a favor de uno u otro método de entrenamiento, todavía ni las investigaciones, ni la práctica empírica, han podido constatar diferencias concluyentes entre los métodos continuos e interválicos. Esto hace que se recomiende el uso combinado y simultáneo de los dos métodos (Mellerovicz, 1979; Hollman y Hettinger 1983; Åstrand y Rodahl 1986), teniendo en cuenta factores subjetivos como las preferencias del deportista (Meléndez 1995).

2.2.6.3. EL MÉTODO DE REPETICIONES

La diferencia principal que existe entre el método de repeticiones y el interválico es que el de repeticiones utiliza pausas mucho más largas de recuperación, con lo que el efecto de la “pausa útil” se pierde, al igual que el efecto acumulativo de la carga, que resulta sensiblemente inferior (Zintl 1991; García Manso y col. 1996b; Navarro 1998).

La intensidad a la que se realiza cada esfuerzo también es mayor que en el entrenamiento interválico, normalmente por encima del $\dot{V}O_{2max}$ (120-170 % del $\dot{V}O_{2max}$). Se utiliza principalmente como medio de entrenamiento anaeróbico, por lo tanto, ya no se hace referencia a un parámetro aeróbico, si no que se recurre a un porcentaje respecto a la velocidad máxima en una determinada distancia (90-100 %).

Las combinaciones de duración, intensidad y recuperación son múltiples y dependen del objetivo que se persiga, el cual normalmente va encaminado al desarrollo de la resistencia anaeróbica, tanto en su vertiente de potencia como en el de capacidad. Navarro (1998) distingue tres variantes en el método de repeticiones:

- Largo (2-3 min).
- Medio (45-60 s).
- Corto (15-30 s).

Básicamente, existen dos fórmulas para organizar las sesiones, utilizadas mayoritariamente en el ámbito del entrenamiento, principalmente en la carrera y en la natación:

a) Las pruebas repetidas

Las pruebas repetidas, consisten en la repetición sistemática de una misma o diferentes distancias, manteniendo un período de recuperación fijo, normalmente amplio. Suelen utilizarse principalmente en el entrenamiento de la potencia anaeróbica.

Ejemplo. Potencia anaeróbica láctica:

4x 30 s, intensidad máxima (95-100 % de la mejor marca en la distancia)

Recuperación: 10 min

b) Las series de repetición

Las series de repetición, consisten en agrupar las repeticiones en series, separadas por una macropausa. Normalmente se utiliza en el desarrollo de la capacidad anaeróbica láctica o aláctica.

Ejemplo. Capacidad anaeróbica láctica:

3x4x45 s, intensidad submáxima (90-95% de la mejor marca en la distancia)

Recuperación: 3 min entre repeticiones y 6 min entre series

Dentro del sistema fraccionado, se percibe un intento por justificar las diferencias existentes entre los diferentes métodos que los constituyen (interválico y repeticiones), sin embargo, en la práctica suelen confundirse entre sí. Esto hace que algunos autores prefieran relacionarlos con la vía energética predominante y clasificarlos como fraccionado de orientación aeróbica y fraccionado de orientación anaeróbica (García Manso y col. 1996b).

2.3. LA VALORACIÓN DE LA RESISTENCIA

Desde una perspectiva general, la valoración funcional puede definirse como la evaluación objetiva de las capacidades funcionales de un sujeto para realizar una tarea deportiva o motriz (Rodríguez 1999). El concepto más vanguardista respecto a la valoración funcional puede ser el que considera que solo se puede evaluar la adaptación funcional del organismo a la actividad física si el gesto deportivo se reproduce de forma específica (laboratorio), o si el registro se obtiene directamente en el campo deportivo (pruebas de campo).

De cualquier modo, a la hora de realizar una valoración de laboratorio o de campo deben de tenerse en cuenta una serie de consideraciones que permitan una visión objetiva y racional de la situación. Sobre este particular, Rodríguez (1999) afirma que la aplicación sistemática de pruebas de valoración funcional puede permitir la obtención de una valiosa información sobre aspectos relevantes de la fisiología y la adaptación al entrenamiento, planteando los siguientes objetivos fundamentales de la valoración fisiológica:

- Control médico-deportivo
- Valoración de la aptitud física
- Detección y selección de talentos
- Diagnóstico funcional
- Pronóstico de rendimiento
- Control y optimización del entrenamiento
- Investigación fisiológica, diseño y validación de pruebas experimentales.

Según Mac Dougall (1993), el objetivo principal de las pruebas de valoración consiste en suministrar información práctica para programar el entrenamiento más adecuado a cada deportista, determinar los puntos fuertes y débiles de un deportista respecto a su deporte y en definitiva comprobar el efecto de un cierto tipo de

entrenamiento. Pero para lograr este objetivo, a veces la dificultad se centra en la elección del parámetro o parámetros que nos proporcionen la mejor información. Tradicionalmente, el $\dot{V}O_{2max}$ ha sido aceptado como el mejor indicador de la capacidad de un individuo para realizar ejercicios prolongados. Sin embargo, hoy en día se cuestiona este parámetro como único indicador para determinar la capacidad de rendimiento aeróbico de un sujeto (Rodríguez y Aragonés 1992).

En la búsqueda de otros factores determinantes de la condición aeróbica, numerosos autores han definido la velocidad en el umbral anaeróbico como un parámetro más determinante del rendimiento que el consumo máximo de O_2 . Las elevadas correlaciones halladas entre la velocidad en dicho umbral y el rendimiento en pruebas de fondo y maratón ($r=0,94$ y $r=0,98$), demuestran la importancia de la mejora y determinación de este parámetro.

El mayor problema que presenta el umbral anaeróbico es precisamente su determinación. Son varios los métodos utilizados tanto directos (lactato sanguíneo, espirometría) como indirectos (frecuencia cardíaca), y todos ellos presentan ciertos problemas para una interpretación precisa. Sin embargo, y a pesar de esto, el umbral anaeróbico actualmente es considerado como el mejor indicador de la resistencia aeróbica de un sujeto; es decir de su capacidad para mantener un esfuerzo durante un tiempo prolongado, digamos entre 10 minutos y varias horas (Rodríguez y Aragonés 1992).

Por lo tanto el consumo máximo de oxígeno y el umbral anaeróbico, calculados directa o indirectamente, son los que hasta ahora han proporcionado la mayor información acerca del nivel de aptitud aeróbica del deportista.

En el ámbito de la carrera de resistencia existe otro parámetro, no menos relevante, pero de investigación y aplicación más reciente, se trata de la velocidad asociada al $\dot{V}O_{2max}$ o velocidad aeróbica máxima, parámetro que se ha elegido en la

presente investigación. Esta velocidad puede obtenerse, al igual que los otros dos parámetros, de forma directa (prueba de laboratorio, protocolo para la determinación del $\dot{V}O_{2max}$) o de forma indirecta a través de pruebas de campo validadas por Léger y Boucher (1980); Brue (1985); Lacour y col. (1989) o Montmayeur y Villaret (1990). También se han encontrado correlaciones de la VAM muy significativas con el rendimiento en pruebas de medio fondo y fondo, y con el umbral anaeróbico (Lacour y col. 1991; Billat y col. 1994a, 1994b).

También puede resultar de gran interés como cualidad funcional, la capacidad de mantener la velocidad en el $\dot{V}O_{2max}$ o tiempo límite de la velocidad al $\dot{V}O_{2max}$ (T_{lim} de la VAM) (Billat y col. 1994a). Esta prueba, aunque de menor complejidad, también fue validada por Billat y col. en 1994, concluyendo en su investigación que la T_{lim} a $v \dot{V}O_{2max}$ en corredores varones de subélite de fondo está relacionada con el rendimiento en larga distancia y con el umbral de lactato, pero no con el $\dot{V}O_{2max}$ o la VAM (Billat y col. 1994bc).

2.3.1. VALORACION FUNCIONAL DEL METABOLISMO AEROBICO A TRAVÉS DE PRUEBAS DE CAMPO

Por regla general, los resultados obtenidos en pruebas de campo no son tan fiables como los obtenidos en pruebas de laboratorio, pero suelen tener mayor validez debido a que son más específicos (Mac Dougall 1995). Además estas pruebas suelen ser más económicas en cuanto a necesidades de personal, material y tiempo, más aplicables y con mayor capacidad predictiva del rendimiento (Rodríguez 1999).

Siguiendo a Rodríguez y Aragonés (1992), las pruebas de campo que valoran las diferentes capacidades del metabolismo aeróbico pueden clasificarse en:

- Pruebas genéricas de aptitud aeróbica.
- Pruebas de valoración de la potencia aeróbica máxima (PAM):

- directas (medición del $\dot{V}O_{2max}$)
 - indirectas (estimación del $\dot{V}O_{2max}$ y determinación de la velocidad aeróbica máxima).
- Pruebas de valoración de la resistencia aeróbica y determinación del umbral anaeróbico (U_{an}); pueden basarse en la relación:
 - fc-velocidad
 - lactato-velocidad
 - ambas.

A continuación se describen los protocolos de aquellas que cuentan con más partidarios por sus características de validez, fiabilidad y facilidad de ejecución (Rodríguez y Aragonés 1992).

a) Pruebas directas de medición del $\dot{V}O_{2max}$

Consisten en la medición del $\dot{V}O_{2max}$ en condiciones y mediante protocolos muy similares a los de laboratorio, pero en el terreno deportivo. Los gases respiratorios son recogidos mediante recipientes ligeros y flexibles, conectados al sujeto mediante una válvula respiratoria. El volumen de gas espirado es medido mediante un espirómetro de campana y los gases respiratorios mediante analizadores. También existe la posibilidad, en algunas instalaciones, de utilizar ergoespirómetros convencionales que se desplazan junto al sujeto mediante diversos sistemas de transporte como guías o vehículos, o incluso espirómetros portátiles telemétricos. Los protocolos suelen ser rectangulares entre 6 y 12 minutos o progresivos con cargas de 1 a 5 minutos.

b) Pruebas indirectas de predicción del $\dot{V}O_{2max}$.

Para la predicción del $\dot{V}O_{2max}$ de forma indirecta cabe resaltar dos pruebas entre las más utilizadas por su sencillez y validez relativa.

- **Prueba de carrera de 12 minutos (Cooper 1968, 1970)**

Se trata de una prueba de protocolo casi rectangular no progresivo, colectiva, que consiste en recorrer la máxima distancia posible en un tiempo de 12 minutos. Se basa en el principio de que 12 minutos es la duración máxima que se estimaba que podía mantenerse un esfuerzo de intensidad próxima al $\dot{V}O_{2max}$. Hoy en día, existen más datos acerca de la capacidad de mantener un determinado porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$, por parte de diferentes grupos de población, situándose la capacidad de correr al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ cerca de 10 minutos en sujetos muy entrenados en resistencia aeróbica (Hollmann y Hettinger 1983; Åstrand y Rodahl 1986; Platonov 1991), como puede verse, ligeramente por debajo de la hipótesis anterior.

La distancia recorrida en el test puede ser comparada directamente con valores de referencia o bien transformada mediante la siguiente ecuación de regresión:

$$\dot{V}O_{2max} (\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) = 22,351 \cdot d - 11,2288 ;$$

donde, d = distancia recorrida en 12 minutos (km)

- **Prueba progresiva de carrera de ida y vuelta (Léger y col. 1985)**

Es una prueba progresiva, triangular, máxima e indirecta. Consiste en correr el máximo tiempo posible sobre un trazado de 20 m en doble sentido de ida y vuelta, siguiendo el ritmo impuesto por una señal sonora. La señal se programa de tal

manera que la velocidad inicial es de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y se incrementa en $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a intervalos de 1 minuto. Cada vez que suena la señal el sujeto debe encontrarse en uno de los extremos del recorrido de 20 m. La prueba se basa en el principio de que el tipo de esfuerzo, por su intensidad y duración, viene limitado principalmente por el metabolismo aeróbico.

El $\dot{V}O_{2\text{max}}$ es estimado indirectamente, considerando el coste energético medio de la velocidad de carrera alcanzada en el último estadio completado y la edad del sujeto, mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{V}O_{2\text{max}} (\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 31,25 + 3,238 \cdot v - 3,248 \cdot e + 0,1536 \cdot v \cdot e;$$

donde, v = Velocidad máxima, correspondiente al último estadio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)
y e = edad del sujeto (años)

c) Pruebas indirectas de determinación de la velocidad aeróbica máxima (VAM) y predicción del $\dot{V}O_{2\text{max}}$.

La velocidad aeróbica máxima, que ya ha sido definida en capítulos anteriores, engloba dos conceptos funcionales, la potencia aeróbica máxima y el rendimiento mecánico individual para dicha velocidad (Rodríguez y Aragonés 1992).

Esta velocidad también puede determinarse de forma indirecta a través del protocolo siguiente:

- **Prueba progresiva de carrera en pista de la Universidad de Montreal (Léger y Boucher 1980)**

Es una prueba máxima, progresiva, de protocolo triangular y colectivo que se realiza en una pista calibrada con marcas cada 50 m. El sujeto debe de correr el

máximo tiempo posible siguiendo el ritmo impuesto por una señal sonora, emitida normalmente por un magnetófono, de tal forma que el paso del sujeto coincida con la siguiente señal sonora al paso por la referencia visual correspondiente, situada cada 50 m. Es frecuente, para un mayor control de la prueba y por lo tanto de la fiabilidad del test, el uso de una bicicleta que marca el ritmo, limitándose el sujeto única y exclusivamente a seguirla hasta que sea incapaz de soportar el ritmo impuesto (Brue 1985).

El test se inicia con una velocidad inicial de $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, que aumenta en $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a intervalos de 2 minutos hasta un máximo de $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. La VAM corresponderá a la velocidad del último estadio completado. La duración de la prueba depende del nivel de los sujetos, y suele oscilar entre los 10 y los 25 minutos.

Se han realizado adaptaciones de este protocolo, con el objetivo fundamental de una determinación más exacta de la VAM (fracciones de incremento de la velocidad inferiores a 1 km) en atletas de competición. La más conocida y aceptada es la de Brue (1985), quien validó un protocolo con incrementos de $0,25$ ó $0,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 30 s. Este procedimiento implica un mayor grado de complejidad en su aplicación, siendo necesaria una mayor infraestructura si se pretende garantizar su fiabilidad.

Además, se comprobó que, tanto el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ estimado a partir de este protocolo (Brue 1985) como la propia VAM, presentaban valores de hasta un 10 % más elevados que los registrados con la medición directa en el laboratorio (Lacour y col. 1989). Esto hace presuponer que la sobrevaloración observada pueda atenuarse mediante el protocolo propuesto por los autores de la Université de Montréal Track Test (Léger y Boucher 1980).

La VAM alcanzada por cualquiera de los dos métodos propuestos (Léger y Boucher 1980, Léger y col. 1985), representa un factor de predicción del

rendimiento en la carrera para distancias desde 600 m hasta la maratón ($r = 0,85-0,98$), siendo su fiabilidad para la población adulta bastante elevada ($r = 0,97$) (Rodríguez y Aragonés 1992). El $\dot{V}O_{2max}$ del sujeto puede estimarse a partir de la medición de la VAM, aplicando las siguientes ecuaciones (Léger y Boucher 1980; Léger y Mercier 1983):

$$\dot{V}O_{2max} (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 22,859 + (1,91 \cdot V) - (0,8664 \cdot E) + (0,0667 \cdot V \cdot E);$$

donde: $V = \text{VAM} (\text{km}\cdot\text{h}^{-1})$ y $E = \text{edad en años}$; (Léger y Boucher 1980)

$$\dot{V}O_{2max} (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 3,5 \cdot \text{VAM} (\text{km}\cdot\text{h}^{-1}) \text{ (Léger y Mercier 1983)}$$

En la aplicación de la ecuación se considera el rendimiento mecánico como una constante, lo que implica un error de estimación cercano al 5 %. También en el caso de sujetos menores de 18 años el valor resultante debe de ser corregido, añadiendo un dos por ciento de dicho valor por cada año de diferencia entre la edad del sujeto y los 18 años.

d) Pruebas de determinación del tiempo límite en la VAM (T_{lim})

La forma de determinar este parámetro no representa ninguna dificultad de realización en el campo. Una vez determinada la VAM individual de cada sujeto y, en un día distinto para permitir la recuperación, se hace correr a cada individuo a su velocidad aeróbica máxima hasta que no pueda mantener el ritmo impuesto, momento en que se detiene el cronómetro para registrar el tiempo límite. Para garantizar la fiabilidad del ritmo impuesto se suele realizar la carrera tras ciclista (Berthoin y col. 1995, 1996a, 1996b; Gaçon 1991). Un procedimiento similar también se ha descrito para la determinación en tapiz rodante en el laboratorio (Billat y col. 1994a, 1994b, 1994c, 1995, 1996; Hill y Rowel 1997).

Esta prueba fue validada y comprobada su reproductibilidad por Billat y col. (1994b), con un grupo de especialistas en pruebas de resistencia pertenecientes al equipo francés de medio fondo.

e) Pruebas de determinación del umbral anaeróbico

e.1) Pruebas basadas en la relación fc-velocidad

- **Prueba progresiva en pista (Conconi y col. 1982)**

Se trata de una prueba progresiva, máxima, triangular y colectiva aplicable a la carrera y a otras especialidades deportivas. Consiste en cubrir la máxima distancia posible, normalmente sobre una pista atlética de 400 m a un ritmo progresivamente creciente. La velocidad inicial depende del nivel del sujeto (de 10 a 14 km·h⁻¹) y se incrementa cada 200 m de forma que el sujeto los corra 2-3 s más rápido. Se registran el tiempo en recorrer cada distancia y la frecuencia cardíaca. La mejor forma de registrar la frecuencia cardíaca es a través de un cardiotacómetro portátil o pulsómetro.

Se registra la velocidad media de cada estadio y se relaciona con la frecuencia cardíaca obtenida a través del pulsómetro para cada uno de los estadios. Los datos se representan gráficamente en un eje de coordenadas, colocándose en el eje de abscisas la velocidad media (km·h⁻¹) y en el eje de ordenadas la frecuencia cardíaca (lat·min⁻¹). Se determina el punto donde la frecuencia cardíaca, en relación con la velocidad media, pierden su linealidad. Esto puede hacerse a través de un análisis visual o mediante un cálculo de regresión.

Actualmente, en la práctica del entrenamiento, la relación entre la fc y la velocidad de carrera permitiría determinar la VAM, mediante la extrapolación de la

fc-velocidad en el punto donde se alcanza la fc_{max} (Gaçon 1991; García y Léibar 1997). Dicho método no ha sido validado.

- **Pruebas basadas en la relación lactato-velocidad**

La relación existente entre la acumulación de lactato sanguíneo y la velocidad de carrera, nos permite establecer la participación relativa del metabolismo aeróbico y el anaeróbico láctico, sobre todo en un esfuerzo progresivo (Mader y col. 1978). Cuando la curva se desplaza hacia la derecha, es decir, cuando para un mismo nivel de lactato la velocidad es mayor, representa un indicador importante del nivel de resistencia aeróbica (Rodríguez y Aragonés 1992).

En los diferentes autores que estudiaron el umbral de lactato (Wasserman 1967; Mader y col. 1978), se observan distintas tendencias en el método para calcular dicho parámetro, prefiriendo algunos tomar como referencia la velocidad correspondiente a los $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, decantándose otros por la determinación del “umbral anaeróbico individual” (a través de diferentes metodologías).

- **Pruebas de lactacidemia progresivas**

Son pruebas progresivas, triangulares, normalmente máximas, en las que se suceden periodos de esfuerzo a intensidad constante (de 3 a 6 min de duración) separados por pausas cortas (30-60 s) para la toma de muestras de sangre capilar y efectuar el análisis de lactato durante la recuperación.

A partir de este análisis se representan gráficamente las concentraciones de lactato correspondientes a las velocidades medias de desplazamiento en cada carga o estadio.

- **Pruebas de lactacidemia de doble intensidad (Mader 1978)**

Consiste en la ejecución de dos distancias, entre 2 y 3 min a diferente intensidad (60-85 % y 90-100 %, respectivamente) con 20 min de recuperación activa, donde se toman muestras para el análisis del lactato al final de cada distancia. Para mayor fiabilidad del test, la concentración de lactato se mide de forma seriada durante los 10 a 12 min posteriores a la finalización del esfuerzo. Para la determinación de la concentración de lactato correspondiente a las diferentes velocidades, en la fase de acumulación rápida del lactato en la sangre, se miden dos puntos y se determina la función lineal correspondiente ($y = ax + b$), pudiéndose calcular así todos los valores por extrapolación. La velocidad correspondiente al umbral aeróbico-anaeróbico correspondería a la de los $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de lactato (Mader y col. 1978), pero se pueden calcular todas las velocidades correspondientes a las diferentes concentraciones de lactato.

- **Pruebas de lactacidemia de larga duración (máximo lactato en estado estable)**

Se trata de pruebas rectangulares respecto a la carga y triangulares en cuanto a la prueba, con cargas de larga duración (10-30 min). El objetivo es obtener la velocidad máxima a la que el sujeto puede correr manteniendo el equilibrio entre la producción y la eliminación del lactato.

Esta velocidad correspondería al umbral de lactato individual del sujeto, ya que la situación de carrera a este ritmo puede mantenerse a expensas del metabolismo aeróbico, sin que exista una acumulación de lactato como consecuencia de una progresiva contribución del metabolismo anaeróbico láctico.

2.4. LA VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

La evaluación de la composición corporal permite cuantificar los componentes estructurales principales del cuerpo: el hueso, el músculo, la grasa, etc. Los parámetros que se utilizan generalmente para determinar el grado de sobrepeso de un sujeto son el peso y la altura (imc= índice de masa corporal= peso/talla², kg m⁻²). Estos no ofrecen información, en sentido estricto, respecto a la composición corporal del individuo. Por lo tanto, es posible tener un exceso de peso y no un exceso de grasa (McArdle 1990), tal como sucede en sujetos con importante hipertrofia muscular.

Tanto en el ámbito de la salud como, sobre todo, en el del rendimiento deportivo, es necesario contar con índices muy precisos y significativos, para evaluar y elaborar un programa de intervención.

Respecto a la grasa corporal podemos dividirla en dos tipos: la grasa esencial, necesaria para desarrollar las funciones vitales y, la grasa de depósito, contenida principalmente debajo de la piel y su función es de reserva energética.

Dos formas indirectas de estimar la composición corporal son el pesaje hidrostático y los métodos de estimación, que utilizan medidas del pániculo adiposo y de las circunferencias. Existen métodos de laboratorio más sofisticados como los ultrasonidos, las imágenes por resonancia magnética, etc. que, por resultar complejas y de difícil aplicación en el ámbito del deporte, se considera que no es necesario describir.

La composición corporal a partir de pliegues de la piel se estimó por primera vez en 1951. Esta estimación se desarrolló mediante ecuaciones lineales de regresión múltiple para estimar la composición corporal a partir de variables antropométricas. Las ecuaciones se obtenían a partir de grupos determinados de población, que cuando eran aplicados a grupos diferentes dejaban de ofrecer

pronósticos precisos (Wilmore 1983), esto llevó al aumento del número de ecuaciones para poblaciones específicas.

Hoy en día, para la estimación de la densidad corporal, se recomienda el empleo de la suma de tres o más pliegues adiposos (en diferentes lugares), que mediante el uso de un adipómetro, resulta una estimación sencilla y precisa de la composición corporal del deportista.

Para estimar la composición corporal de los deportistas, una de las metodologías más utilizadas es la propuesta por Ross y Marfell-Jones (1995) y el Grupo Español de Cineantropometría (Aragón y col. 1993), mediante la medición de 6 pliegues cutáneos: tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y medial de la pierna, además de la talla (en extensión axial de la columna e inspiración máxima) y el peso corporal.

Para estimar el peso graso relativo, el cual se expresa en porcentaje del peso corporal, existen distintas ecuaciones, en función de sexo o del tipo de población. Unas de las más utilizadas en la valoración morfológica de deportistas, tanto para los hombres como para las mujeres, son las propuestas por Yuhasz (1977) y Carter (1986):

- Grasa relativa (σ) = $\Sigma PC \cdot 0,1051 + 2,585$
- Grasa relativa (ϕ) = $\Sigma PC \cdot 0,1548 + 3,580$

2.5. LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SALTO

A través de pruebas de salto se pueden medir determinadas manifestaciones de la fuerza rápida en el miembro inferior. El salto vertical ha sido siempre una herramienta muy utilizada para determinar la fuerza explosiva de un sujeto. Bien a través de sistemas simples (Abalakov, Sargent, Lewis, etc.), o más sofisticados como

las plataformas de fuerza o de contactos (Cavagna, Bosco, Komi), los saltos verticales representan una de las formas más simples y sencillas de valorar las manifestaciones de la fuerza donde interviene el ciclo de estiramiento-acortamiento, ofreciendo a la vez un alto nivel de especificidad por su similitud con muchas de las acciones deportivas.

Un instrumento fiable para medir la capacidad de salto es la plataforma de Bosco o “ergo-jump” (Bosco 1994; González Badillo y Gorostiaga 1995). Se trata de una plataforma de contacto que mide el tiempo de vuelo en el salto y calcula inmediatamente, a través de un microprocesador, la altura equivalente del salto. También puede medir el tiempo de contacto cuando se hacen varios saltos seguidos o un salto en profundidad.

Las pruebas más utilizadas a través de la plataforma de contactos son las siguientes (Bosco 1994):

- a) Salto sin contramovimiento o “squat jump” (SJ).
- b) Salto con contramovimiento (CMJ).
- c) Salto en profundidad o “drop jump” (DJ).
- d) Salto de Abalakov (CMJA).
- e) Saltos continuos o “reactividad” (de 5 a 60 s).

a) El squat jump (SJ)

Consiste en realizar un salto vertical, partiendo de una flexión de rodillas de 90° y con las manos en las caderas. Desde la posición indicada y después de mantenerla durante unos 5 s para eliminar la energía elástica, el sujeto realiza una impulsión máxima con las dos piernas, evitando cualquier tipo de contramovimiento. Durante el salto no debe efectuarse ningún tipo de acción con los brazos, cayendo en la misma posición con los tobillos y rodillas en extensión.

Se trata de una prueba muy exigente desde el punto de vista metodológico, ya que cualquier acción que lleve al sujeto a realizar un contramovimiento mínimo, desvirtuaría los resultados. Se recomienda muchos ensayos previos y el uso de un goniómetro o transportador de ángulos para garantizar una flexión de las rodillas de 90°.

Esta prueba planteada con el método y el rigor adecuados permite conocer el nivel de fuerza explosiva de un sujeto y su capacidad de reclutamiento neuromuscular, a la vez que permite estimar el porcentaje de fibras de contracción rápida (FT) (Bosco 1994).

b) El contramovimiento (CMJ)

Se trata de un salto basado en el ciclo de estiramiento-acortamiento del músculo. La acción se realiza partiendo con las piernas extendidas y las manos en las caderas, desde esta posición se flexionan y se extienden las piernas. La flexión debe de llegar aproximadamente a los 90° y se efectúa a gran velocidad para un mejor aprovechamiento de la energía elástica del músculo. El estiramiento de la musculatura y de los tendones durante la fase excéntrica contribuyen notablemente a la mejora del salto, de ahí que la altura alcanzada a través del CMJ sea mayor que la del SJ (Bosco 1994).

La fuerza elástica se estima hallando la diferencia porcentual entre ambos tests, la cual suele oscilar entre un 10 y un 20 % (González Badillo y Gorostiaga 1995).

A través del test de contramovimiento se pueden evaluar o estimar los siguientes aspectos (Bosco 1994):

- La fuerza explosiva.

- La capacidad de reclutamiento.
- La estimación del porcentaje de fibras FT.
- La utilización de la energía elástica.
- La coordinación intra e intermuscular.

c) La prueba de Abalakov (CMJA)

Con este test se pueden conocer los beneficios que la acción de los brazos tiene sobre la capacidad de salto vertical cuya ejecución es muy parecida a la del CMJ, sin embargo ya no se parte con las manos apoyadas en las caderas, sino que los brazos están libres para contribuir en el impulso vertical del centro de masas.

Al igual que en el contramovimiento en este test se pone de manifiesto la energía elástica del músculo, sin poder evitar en los dos casos la contribución del reflejo miotático (Bosco 1994). Gracias a la acción libre de los brazos, en opinión de algunos autores, el componente reflejo podría manifestarse en mayor medida que en la prueba anterior (Vélez 1992).

d) El drop jump (DJ)

El drop jump se realiza con caída previa sobre la plataforma de contacto desde una determinada altura. El salto debe efectuarse evitando cualquier tipo de impulso vertical desde la altura de partida. En el instante de tomar contacto con el suelo, el sujeto debe de intentar reaccionar rápidamente, elevándose el máximo posible. Cualquier tipo de parada después de la fase excéntrica, reduciría la participación del componente reflejo y, por consiguiente, una reducción en la capacidad de salto. Las capacidades que pueden evaluarse a partir del DJ son principalmente: la elasticidad muscular, el comportamiento visco-elástico, reflejo miotático y el comportamiento de los órganos de Golgi (González Badillo y Gorostiaga 1995).

e) La reactividad o salto continuo

Dentro de esta prueba existen dos tendencias o modalidades, destinadas a medir manifestaciones diferentes de la fuerza:

- **El test de 5-7 s** con o sin obstáculos, propuesto por Vittori como variante del DJ. Se debe de intentar alcanzar la máxima altura con el menor tiempo de contacto posible, para ello las rodillas deben de mantenerse en extensión. Los brazos ayudan en el salto, estimándose su contribución en un 15-25 %.

A través de este test se miden principalmente la fuerza elástico explosiva refleja y la coordinación intra e intermuscular (González Badillo y Gorostiaga 1995). La eficacia del salto se evalúa teniendo en cuenta la altura alcanzada y el tiempo de contacto. El sujeto que alcance mayor altura con el menor tiempo de contacto, poseerá el mayor nivel de fuerza reactiva.

- **El test de 15-60 s., de resistencia a la fuerza veloz o fuerza reactiva (Bosco 1994).**

Esta prueba consiste en realizar la misma acción que en el contramovimiento, normalmente con una duración de 60 segundos. Se recomienda un grado de flexión individual a lo largo del desarrollo de la prueba, el cual debe corresponder con el más efectivo para lograr la máxima altura. El microprocesador de Bosco permite obtener datos sobre el número de saltos y su altura media y potencia mecánica media estimadas.

La variante del test 15-60 s valora un componente bioenergético claramente anaeróbico. La pérdida de rendimiento en la capacidad de salto entre el comienzo y el final de la prueba, se denomina índice de fatiga (Bosco 1994).

$$\text{Indice de Fatiga} = \frac{\text{Altura media en los primeros 15 s}}{\text{Altura media en los últimos 15 s}}$$

**3. Estudio experimental de los efectos
del entrenamiento continuo e
interválico sobre la velocidad aeróbica
máxima de carrera**

3.1. Justificación

3. ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONTINUO E INTERVÁLICO SOBRE LA VELOCIDAD AERÓBICA MÁXIMA DE CARRERA

3.1. JUSTIFICACIÓN

3.1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

Desde la aparición del entrenamiento interválico como método de entrenamiento, han sido numerosas las publicaciones de entrenadores y expertos en las que se destacan o cuestionan las ventajas de este método, comparándolo en muchos casos con otros métodos considerados más naturales como la carrera continua. El interés suscitado dio paso más tarde a un gran número de trabajos de investigación, para contrastar las ventajas e inconvenientes de ambos.

Una de las primeras investigaciones aplicando cargas de trabajo continuo e intermitente la realizan Christensen y col. (1960) con dos sujetos (varón y mujer). Las pruebas fueron efectuadas en cicloergómetro, igualando el trabajo total realizado por cada método. La eficiencia mecánica resultó ser igual o ligeramente menor cuando el trabajo continuo fue reemplazado por el discontinuo.

En esta misma línea, en un intento de aportar información científica a la controversia suscitada entre estos dos métodos, Mellerowicz y Meller (1979), realizaron investigaciones con grupos homogéneos de sujetos y con gemelos homocigóticos, sin hallar diferencias significativas entre los efectos de los entrenamientos continuos e intermitentes sobre el consumo máximo de oxígeno o el rendimiento en el pedaleo (cicloergómetro) en ninguno de los grupos estudiados. Asimismo concluyeron que los efectos sobre el organismo de estos dos métodos de entrenamiento probablemente presenten ligeras diferencias, recomendando la

aplicación conjunta de los dos métodos combinados, debido a su complementariedad.

Posteriormente, Eddy y col. (1977) realizaron un estudio aplicando métodos de entrenamiento continuos e interválicos en cicloergómetro a un grupo de 14 sujetos universitarios (hombres y mujeres), durante 7 semanas, con 4 sesiones semanales. El grupo continuo entrenó con una intensidad del 70 % del $\dot{V}O_{2max}$, mientras que el interválico lo hizo al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$, con una duración de 1 minuto y una relación trabajo-pausa de 1:1. La respuesta de los grupos al entrenamiento resultó ser idéntica, tanto en los cambios de la frecuencia cardíaca, como en la concentración de lactato y en el $\dot{V}O_{2max}$.

Paralelamente a estas investigaciones, tanto la carrera continua como sobre todo, la carrera por intervalos, fueron evolucionando, introduciéndose más variantes en cuanto a intensidad, duración y recuperación de los esfuerzos. Frente a los intervalos cortos promulgados por Reindell y col. (1962), se recomiendan periodos de trabajo más largos (tres y cinco minutos), como una forma mejor de desarrollar la potencia aeróbica (Fox y Mathews 1974; Åstrand y Rodahl 1986).

En investigaciones posteriores (Gregory 1979), realizadas en el terreno deportivo y utilizando como medio de entrenamiento la carrera a pie en lugar del cicloergómetro, con una muestra ligeramente superior (21 sujetos) y duraciones mayores en los intervalos de trabajo (3-5 min), se concluyó que los métodos continuos e interválicos eran igualmente eficaces en el desarrollo del $\dot{V}O_{2max}$ y en el rendimiento en la prueba de Balke, cuando se realizaba el mismo volumen de trabajo total (2 millas). La intensidad en este caso se programó mediante la f_c , a una intensidad relativa de 162 y 174 $lat \cdot min^{-1}$ para el entrenamiento continuo y para el interválico, respectivamente. Los sujetos realizaron 5 sesiones semanales de entrenamiento durante 6 semanas.

Thomas y col. (1984) sólo hallaron mejoras significativas en adultos sedentarios respecto al $\dot{V}O_{2max}$ con el método interválico. También partían de una equiparación de la carga (500 kcal/sesión) y los sujetos entrenaron durante 12 semanas en tapiz rodante, a razón de tres sesiones semanales, programando la intensidad de la carrera continua y de la interválica al 75 % y al 90 % de la $f_{c_{max}}$, respectivamente.

Poole y Gaesser (1985), en un estudio con una población de adultos jóvenes, no observaron diferencias en el incremento del $\dot{V}O_{2max}$, ni en el umbral de lactato, pero sí en el umbral ventilatorio, en este caso a favor del entrenamiento interválico. En dicho estudio se plantearon tres grupos de entrenamiento: uno realizó entrenamiento interválico (10x2 min al 105 % del $\dot{V}O_{2max}$) y los otros dos entrenamiento continuo (55 min al 50 % y 35 min al 70 %, respectivamente). La duración del entrenamiento fue de 8 semanas.

También en 1985, Berry y Moritani, con una muestra de sujetos relativamente grande (29 sujetos repartidos en tres grupos), entrenando cinco días a la semana durante cinco semanas, concluyeron que el entrenamiento por intervalos de gran intensidad provoca un incremento más rápido del $\dot{V}O_{2max}$, así como una mejor cinética del O_2 durante cargas submáximas constantes.

En un retorno al estudio de la carrera, Adeniran y Toriola (1988), utilizando muestras mucho mayores (68 sujetos), no encontraron diferencias significativas en la potencia aeróbica y en la anaeróbica después de 8 semanas de entrenamiento en sujetos escolares no entrenados de género femenino. En este caso, tanto las pruebas de evaluación como el entrenamiento se realizaron en campo.

Tampoco Bhanbhani y Sing (1985), ni Overend y col. (1992) encontraron diferencias significativas en los parámetros analizados, a pesar de haber utilizado diferentes intensidades de entrenamiento continuo el primero (lenta y media) y

diferentes intensidades de entrenamiento interválico el segundo (100 y 120 % del $\dot{V}O_{2max}$). En ambos estudios el entrenamiento se realizó en cicloergómetro.

Merece una mención especial, por sus características cualitativas, el trabajo de Gorostiaga y col. (1991). En dicho estudio, el entrenamiento se realizó tres días a la semana durante ocho semanas, pedaleando sobre un cicloergómetro al 50 % de la capacidad de trabajo máximo (continuo) y al 100 % de la capacidad de trabajo alternando 30 s de esfuerzo y 30 s de recuperación (interválico 1:1). Se concluyó que el entrenamiento interválico provoca mayores efectos en el incremento del $\dot{V}O_{2max}$ y en la máxima capacidad de trabajo físico. También se demostró la mayor eficacia del entrenamiento continuo para aumentar la capacidad oxidativa del músculo y retrasar la acumulación de lactato durante el ejercicio continuo.

En estudios recientes, realizados por Tabata y col. (1996), aplicando entrenamiento continuo al 70 % del $\dot{V}O_{2max}$ y trabajo intermitente de alta intensidad al 170 % del $\dot{V}O_{2max}$ y después de 6 semanas de entrenamiento, se observó una mejora significativa del $\dot{V}O_{2max}$ con los dos tipos de entrenamiento, siendo mayor el incremento como consecuencia del entrenamiento de alta intensidad. Sin embargo, respecto al incremento de la capacidad anaeróbica, no se observó ningún tipo de aumento en el grupo que entrenó al 70 % del $\dot{V}O_{2max}$, siendo la mejora muy significativa en el grupo que lo hizo al 170 % del $\dot{V}O_{2max}$. De este estudio parece concluirse una mayor eficacia del trabajo interválico con gran componente anaeróbico (170 % del $\dot{V}O_{2max}$).

La revisión de los estudios realizados parece demostrar la existencia de cambios significativos en los parámetros cardiorespiratorios como consecuencia de la aplicación de entrenamiento, ya sea interválico o continuo. Estas modificaciones parecen producirse cuando la duración total del período de entrenamiento se sitúa entre 6 y 10 semanas, siendo la frecuencia semanal de 3 a 5 sesiones de

entrenamiento. Resultan sorprendentes los resultados de Thomas y col. (1984), en los que no se observa mejora significativa por parte del grupo continuo respecto al control después de 12 semanas de entrenamiento.

Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones realizadas parecen coincidir en que cuando se iguala la carga total del trabajo efectuado, la realización del entrenamiento por ambos métodos produce efectos similares en todos los parámetros fisiológicos analizados. Se concluye, en algunos casos, que la cantidad de trabajo realizado puede ser más importante que las diferencias en el tipo de entrenamiento (Overend y col. 1992).

En el análisis de los trabajos de investigación realizados, se aprecia la tendencia a determinar la influencia de los dos métodos sobre parámetros espirométricos, generalmente registrados en el laboratorio ($\dot{V}O_{2max}$, umbral ventilatorio, eficiencia ventilatoria, etc.). Además, tanto en la evaluación de esos parámetros como en el entrenamiento se utilizó generalmente el cicloergómetro (Eddy y col. 1977; Mellerovicz y Meller 1979; Bhambhani y Sing 1988; Gorostiaga y col. 1991; Overend y col. 1992; Tabata y col. 1996).

En cuanto a la intensidad del esfuerzo, la tendencia es programar cargas entre el 50 y el 70 % del $\dot{V}O_{2max}$ para el entrenamiento continuo y alrededor del 100-120 % del $\dot{V}O_{2max}$ para el interválico, sin que se observe un criterio homogéneo en la duración de los intervalos de trabajo y de recuperación. La disparidad de criterios también se pone de manifiesto a la hora de la individualización de la carga (frecuencia cardíaca, porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$, porcentaje de la capacidad máxima de trabajo, etc.).

En algunos estudios se evidencia una ligera ventaja del método interválico cuando éste se programa con alta intensidad e intervalos relativamente cortos (Gorostiaga y col. 1991; Berry y Moritani 1985; Poole y Gaesser 1985). En algún

caso, estas diferencias también pueden deberse a una falta de estímulo suficiente en la carrera continua, cuando esta se programa a baja intensidad (inferior al 60 % del $\dot{V}O_{2max}$).

En casi la totalidad de los trabajos se parte de la equiparación de la carga entre el ejercicio continuo y el interválico con el objeto de evitar la presencia de variables que pudieran interferir en el resultado de la investigación. Sin embargo, la diferencia esencial en la aplicación práctica de los dos métodos, es decir, en el ámbito real del entrenamiento, radica, precisamente, en la posibilidad de realizar un mayor volumen de entrenamiento mediante el método continuo, por realizarse éste a intensidades más bajas, reservándose el método interválico para intensidades más altas, donde existe gran participación del metabolismo anaeróbico.

Resultaría de gran interés comprobar si, utilizando un entrenamiento interválico con duraciones adecuadas para una mejora aeróbica (dos a cuatro minutos), e individualizando las intensidades para una velocidad de carrera en torno a la específica de la prueba, pueden existir diferencias con un entrenamiento de carrera continua efectuada a menor velocidad. Esta velocidad no debería de ser inferior a la correspondiente al 60 % del $\dot{V}O_{2max}$, ya que, como parece advertirse en la tendencia de los diversos trabajos, no resulta un estímulo adecuado ni suficiente. A este respecto, y haciendo referencia a la orientación e individualización de la carga, vemos que esta no siempre se ha basado en criterios suficientemente objetivos desde la perspectiva de la teoría general del entrenamiento.

Al margen de la equiparación de la carga relativa al costo energético, no existe una homogeneidad metodológica entre los diferentes trabajos. En sólo unos pocos coinciden: 1) una muestra homogénea y entrenada, o moderadamente entrenada; 2) un periodo de entrenamiento suficiente con intensidades de trabajo individualizadas, adecuadas y múltiples; y 3) una correcta periodización del entrenamiento, con ciclos de carga y de descarga y un desarrollo en condiciones

de campo. Cumpliendo con dichos requisitos, debería establecerse una situación experimental en la que las posibles diferencias en la eficacia de ambos tipos de entrenamiento quedarán patentes, siempre y cuando los parámetros a evaluar fueran suficientemente objetivos y significativos.

En conclusión, en la actualidad persiste una clara controversia respecto de la influencia de ambos métodos en la mejora de la resistencia y, en particular en el rendimiento en la carrera de resistencia a pie.

3.1.2. ELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Uno de los aspectos fundamentales a considerar en un estudio sobre el efecto de cualquier tipo de entrenamiento es la elección del parámetro o parámetros indicadores (condicionales o funcionales) con significación suficiente para evaluar el rendimiento (Rodríguez 1999).

Uno de los parámetros funcionales sobre el que no se dispone de estudios científicos de las repercusiones del entrenamiento, es la velocidad aeróbica máxima o velocidad en el $\dot{V}O_{2max}$ (VAM, $v\dot{V}O_{2max}$). Este parámetro, que ha sido definido según diversos autores como la velocidad de carrera necesaria para alcanzar el $\dot{V}O_{2max}$, presenta, junto con la capacidad para mantenerla (T_{lim} en la $v\dot{V}O_{2max}$ o T_{lim} en la VAM), una dimensión de gran trascendencia y significación para determinar el rendimiento en la carrera de resistencia. Este nivel de relevancia ha quedado demostrada en los trabajos realizados por di Prampero y col. (1986), Morgan y col. (1989), Lacour (1991), Billat y col. (1994a, 1994b, 1994c); y Hill y Rowel (1997), entre otros, como ya se ha comentado en apartados precedentes.

Dada la reconocida trascendencia de la VAM en los resultados deportivos de la carrera a pie (di Prampero y col. 198; Morgan y col. 1989M; Lacour y col.

1989), resultaría interesante conocer su grado de entrenabilidad y el grado de influencia de los métodos de entrenamiento de resistencia utilizados en su desarrollo.

Por este motivo, y para tratar de obtener mayor información sobre el grado cualitativo de entrenabilidad de la VAM, se planteó esta investigación, que pretende estudiar la influencia que ejerce sobre este parámetro la aplicación de diferentes cargas de trabajo, mediante dos métodos de entrenamiento de la resistencia más utilizados universalmente, como son la carrera continua y la carrera por intervalos.

Entorno a la VAM, en un intento de ponderar la validez de este parámetro (Gaçon 1991), también se pretende evaluar su tiempo de mantenimiento (T_{lim}), tratando de comprobar igualmente la influencia de ambos tipos de entrenamiento sobre la capacidad de mantener la VAM durante un tiempo más o menos prolongado.

Como ya se ha comentado, las investigaciones realizadas sobre los efectos de los métodos continuos e interválicos indican mayoritariamente que no existen diferencias entre los dos métodos en la mejora de la potencia aeróbica máxima o parámetros relacionados. Sin embargo, y aunque estos factores pueden tener gran influencia, no se conocen suficientemente las repercusiones de estos métodos en la máxima prestación de la carrera de resistencia, en la que además de esos parámetros intervienen otros como la eficiencia mecánica o economía de carrera, la aptitud psicológica, etc.

Los principales factores responsables de una alta prestación aeróbica, parecen ponerse de manifiesto tanto en la VAM, como en la capacidad de mantenerla. Por lo tanto, la VAM se convierte en uno de los parámetros que más fielmente puede reflejar la mejora en carreras de resistencia en las que predomine la potencia aeróbica, al margen de lo que supondría una prueba sobre la misma distancia de la competición (prueba de competición o "time trial").

Sin embargo, todavía no se conoce con precisión la magnitud con que intervienen los factores fisiológicos de los que depende el incremento de la VAM. El propio aumento del $\dot{V}O_{2max}$ puede ser un factor determinante, pero existen otros que pueden influir sobre la VAM independientemente del consumo de oxígeno (Hill y Rowell 1996). A tal respecto, la mejora del umbral de lactato (Lacour y col. 1991) o de la economía de carrera (Hill y Rowell 1996) son la mejor forma de justificar este incremento. Aunque también resulta difícil determinar con precisión cuales son los factores que la condicionan la economía de carrera, la fuerza, la técnica de carrera o el tipo de entrenamiento, son factores que se barajan como probables responsables.

En esta investigación se pretende principalmente comparar los efectos de dos variables independientes, el entrenamiento interválico y el entrenamiento continuo basado en la carrera, sobre dos variables dependientes como la VAM y su tiempo límite (T_{lim}).

Para completar la investigación, y ofrecer un análisis cualitativo acerca de otros posibles efectos de ambos métodos de entrenamiento, se valoraron también la composición corporal y las manifestaciones de la fuerza sobre la plataforma de contactos (Bosco 1994), al principio y al final del período de entrenamiento. Estos parámetros podrían ofrecer una mejor interpretación de los resultados de la prueba con que se valoró la VAM, la prueba de pista de la Universidad de Montreal (UMTT, Université de Montreal Track Test).

3.2. Objetivos e hipótesis

3.2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

A través de un estudio experimental se pretende conocer cuáles son los efectos del entrenamiento de resistencia continuo e interválico sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera y su tiempo límite. Es decir, evaluar la entrenabilidad de la VAM después de la aplicación durante un periodo de tiempo suficiente de dos de los métodos fundamentales de entrenamiento (continuo e interválico), en una muestra de sujetos varones moderadamente entrenados.

3.2.1. OBJETIVOS

Los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

- Determinar la influencia de dos métodos de entrenamiento de la resistencia (continuo e interválico), en el incremento de la velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM) y su tiempo de mantenimiento (T_{lim}).
- Determinar la incidencia de la aplicación de ambos métodos de entrenamiento sobre el peso y la grasa corporal.
- Conocer la incidencia de la aplicación de los métodos, continuo e interválico, sobre la capacidad de salto vertical (fuerza explosiva de las extremidades inferiores).
- Contrastar la validez de la VAM como un parámetro apropiado para prescribir y orientar el entrenamiento.
- Establecer la relación entre los incrementos del $\dot{V}O_{2max}$ estimado a partir de la prueba de pista de la Universidad de Montreal (UMTT), y los incrementos de $\dot{V}O_{2max}$ observados en estudios previos tras la aplicación de entrenamiento continuo e interválico, en poblaciones comparables.

- Aportar nueva información sobre los niveles de rendimiento en la prueba en pista de la Universidad de Montreal (VAM) y en la capacidad de mantenerla (T_{lim}) en sujetos moderadamente entrenados.

3.2.2. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Después de la revisión de la bibliografía específica, se han formulado las siguientes hipótesis:

- El incremento de la VAM será mayor después de la aplicación del entrenamiento interválico realizado a una intensidad entre el 90 y el 100 % de la VAM, que a través del entrenamiento continuo realizado a una velocidad más alejada de la VAM (65-75 %).
- El entrenamiento interválico será más efectivo en la mejora del T_{lim} debido a la relación de éste con la capacidad anaeróbica.
- El entrenamiento continuo provocará mayor pérdida de peso corporal, particularmente en lo que respecta al peso graso.
- La capacidad de salto experimentará un decremento como consecuencia del entrenamiento de resistencia. Este descenso será más evidente en el grupo continuo dado que la velocidad desarrollada implica una menor participación de las fibras rápidas.

3.3. Material y método

3.3. MATERIAL Y MÉTODO

3.3.1. SUJETOS

Participaron en el estudio voluntarios varones, que no practicaban deporte específico alguno, aparte del derivado de su actividad académica en el INEF de Galicia. El principal criterio de inclusión se derivó del objetivo de conseguir un grupo homogéneo respecto del nivel de entrenamiento para controlar los efectos de dos tipos de entrenamiento. De los 30 voluntarios iniciales se descartaron 8 sujetos por no cumplir el requisito de no realizar práctica deportiva específica o que no cumplían la condición de práctica deportiva homogénea.

Así, el grupo experimental lo constituyeron finalmente 22 alumnos, de primer curso de la licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con las características de edad, talla y peso que se describen en la tabla 3-1. Los sujetos seleccionados no practicaban ninguna actividad deportiva al margen de sus clases prácticas, circunstancia por la que se los calificó como sujetos que realizaban “*práctica regular moderada*” (Baranda 1995, p. 20). El grupo aceptó el compromiso de no realizar durante el experimento ningún ejercicio físico, aparte del indicado en el estudio experimental.

Tabla 3-1. Características antropométricas de los sujetos que iniciaron el estudio (n=22).

n=22	Media	Desv. típica	Rango
Edad (años)	20,8	1,4	24,0-19,0
Talla (cm)	174,5	6,8	186,0-163,0
Peso (kg)	71,3	6,8	81,0-58,0
Grasa relativa (% Pc) ^a	9,3	1,8	11,8-6,6

Grasa relativa (σ) = $\sum PC \cdot 0,1051 + 2,585$ (Yuhasz 1977, Carter 1986)

Una vez realizada la selección definitiva, se informó al grupo detalladamente del protocolo experimental y se efectuaron ensayos de familiarización previos a la aplicación definitiva de las pruebas. Todos los integrantes del grupo firmaron una declaración de consentimiento informado, en la cual asumían su participación voluntaria, así como todas las consecuencias que de ella pudieran derivarse, después de ser informados sobre las características y posibles ventajas e inconvenientes o riesgos derivados de su participación en el estudio.

3.3.2. MATERIAL

Para llevar a cabo la evaluación de los diferentes parámetros se precisó del material específico, detallado en los siguientes apartados. Para el desarrollo del entrenamiento también se utilizaron instalaciones específicas que se describen en el apartado d).

a) Para la evaluación de la VAM y del T_{lim}

- Pista sintética de *tartán* de 8 calles, de 400 m de cuerda (INEF Galicia, A Coruña).
- Bicicleta de montaña (Trek, 970, USA) con ruedas de una circunferencia de 197 cm de perímetro, con neumáticos inflados a 3 kg de presión.
- Velocímetro (Cateye MITY2, MT 200, Japón) con funciones simultáneas de velocidad instantánea y distancia acumulada.
- 5 cronómetros digitales (Casio, WR 100M, Japón) con registro de 10 parciales con memoria.
- 1 silbato.

b) Para la evaluación de la composición corporal

- Un tallímetro (Añó Sayol), de 1mm de precisión.

- Una balanza (Añó Sayol), con una precisión de 100 g, previamente calibrada.
- Adipómetro (Holtain, G.B.).
- Una cinta métrica para la medición de los perímetros.
- Un calibre (Holtain, G.B.) para la medición de los diámetros.

c) Evaluación de la capacidad de salto

- Plataforma de contactos (Ergo-Jump, Italia) (Bosco 1994).

d) Desarrollo del entrenamiento

El entrenamiento se llevó a cabo siempre en el mismo lugar, y en una zona que permitía el entrenamiento simultáneo de los dos grupos. Esta circunstancia facilitó el control y la supervisión continua del entrenamiento.

A continuación se detallan las características de la zona de entrenamiento, tanto para el grupo interválico (A), como para el continuo (B):

A) Pista de atletismo sintética (tartán) de ocho calles y 400 m de cuerda.

B) Circuito de hierba, de 500 m de longitud, que rodea el exterior de la pista de atletismo (situado al mismo nivel).

3.3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

Se planteó un estudio de las diferentes variables que intervienen en el desarrollo de la investigación, las cuales se relacionan de forma resumida en la tabla 3-2. El entrenamiento se consideró como la variable independiente fundamental, con dos niveles de variables representados por la carrera continua y la carrera por intervalos. Los diferentes parámetros de evaluación fueron considerados como variables dependientes, compuestos a su vez por diferentes niveles en función de las

pruebas o tests a realizar. La única variable de agrupación la constituyó el grupo, al tratarse de una población de sujetos varones.

Tabla 3-2. Variables de estudio.

VARIABLE DE AGRUPACIÓN	VARIABLES INDEPENDIENTES	Niveles de la variable	VARIABLES DEPENDIENTES	Niveles de la variable
Grupo	Entrenamiento	Continuo	Rendimiento en la carrera	VAM T_{lim} $\dot{V}O_{2max}$ T_{UMTT}
		Interválico	Composición corporal	Peso corporal % de grasa
	Sin entrenamiento	Control	Capacidad de salto	CMJ CMJA

3.3.4. PROCEDIMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En este capítulo se describen las tareas realizadas en la investigación y el cronograma correspondiente.

a) Pruebas iniciales

Se realizaron en el siguiente orden, efectuándose en un sólo día las pruebas 1, 2, 3, 4 y en otro día distinto la número 5:

1. Determinación de la composición corporal.
2. Determinación de la capacidad de salto.
3. Determinación de la velocidad aeróbica máxima (VAM).
4. Estimación del $\dot{V}O_{2max}$ a partir de la VAM.
5. Determinación del tiempo límite en la VAM (T_{lim}). Esta última prueba se realizó dejando un día (48 horas) de descanso, después de la determinación de la VAM.

Una vez finalizadas las pruebas iniciales, los sujetos fueron asignados a los diferentes grupos (continuo, interválico y control) de forma aleatoria.

b) Pruebas intermedias

Después de cuatro semanas de entrenamiento se realizó una nueva determinación de la VAM, para prescribir las intensidades del entrenamiento respecto al nuevo nivel de VAM adquirido. Esta prueba se realizó en la cuarta semana, dos días después de la segunda sesión de entrenamiento, sustituyendo a la tercera sesión.

c) Pruebas finales

Transcurridas las ocho semanas de entrenamiento, después de dos días (72 horas), se procedió a la aplicación de las pruebas finales con el mismo orden y frecuencia que las iniciales.

3.3.4.1. DETERMINACIÓN LA COMPOSICIÓN CORPORAL

La talla se midió con un tallímetro, colocando al sujeto en posición erecta, con la cabeza en el plano Francfort y en el plano medio-sagital. En la determinación del peso corporal se utilizó una balanza, previamente calibrada.

Para valorar la composición corporal de los sujetos se procedió a la medición de los parámetros relacionados a continuación, según la metodología cineantropométrica propuesta por el Grupo Español de Cineantropometría (Aragóns y col. 1993).

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

- Talla.
- Peso.
- Pliegues cutáneos (6):
 - tricipital
 - subescapular
 - supraespinal
 - abdominal
 - anterior del muslo
 - medial de la pierna.

La composición corporal se determinó a través de la metodología propuesta por Yuhasz (1977) y Carter (1986), según la ecuación:

Grasa relativa (σ) = $\sum PC \cdot 0,1051 + 2,585$ ($\sum PC$ = sumatorio de seis pliegues).

Los pliegues se midieron en el lado derecho del cuerpo con un adipómetro (Holtain, Crymich, G.B.).

3.3.4.2. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SALTO

Se utilizó una plataforma de contactos (Ergo Jump, Italia) (Bosco 1994) y se evaluaron las siguientes manifestaciones de la fuerza:

- Fuerza elástico-explosiva a través de la prueba de salto con contramovimiento (CMJ), donde a partir de una posición erguida y con las manos en las caderas, se realiza un salto vertical.
- Fuerza elástico explosiva refleja, a través de la prueba de Abalakov (CMJA) que presenta idéntica ejecución que el anterior pero con la ayuda de los brazos.

En todos los casos se realizaron tres intentos, escogiéndose el mejor salto. Además, los sujetos realizaron prácticas de familiarización con los diferentes protocolos, con anterioridad al día del test.

A pesar de realizar el squat jump y registrar los datos, se decidió no incluirlos en la investigación. Su dificultad, ya comentada (González y Gorostiaga 1995), y la apreciada en el grupo para efectuar la prueba con las garantías de fiabilidad necesarias, propiciaron su eliminación.

3.3.4.3. PRUEBA DE CARRERA EN PISTA (UMTT)

Para determinar la velocidad aeróbica máxima (VAM) de los sujetos se administró el test de pista de la Universidad de Montreal (UMTT) (Léger y Boucher 1980), introduciendo una variante en su desarrollo. Esta variante consistió en sustituir las referencias en el suelo para señalar los incrementos y el mantenimiento de la velocidad, por el seguimiento de un ciclista. Dicha variante ya fue utilizada y propugnada por otros autores como Brue (1985); Montmayeur y Villaret (1990) y Montmayeur y André (1990), como una forma más simple y precisa de garantizar las velocidades establecidas por el protocolo.

El UMTT es una prueba progresiva, que se desarrolla en una pista atlética (400 m), con una velocidad inicial de $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, con incrementos de $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada dos

minutos, hasta que el sujeto ya no pueda mantener la velocidad. La VAM se consideró como la velocidad alcanzada y mantenida en el último estadio completo de dos minutos, como indica el protocolo original (Léger y Boucher 1980).

Se trata de una prueba que, en su origen, fue diseñada para estimar el $\dot{V}O_{2max}$ y no para determinar la VAM, por lo tanto, aunque existía la hipótesis de que en el último estadio completado de dos minutos se obtendría la velocidad en la que se alcanza el $\dot{V}O_{2max}$ ($v \dot{V}O_{2max}$), no se había efectuado la validación correspondiente. Investigaciones realizadas por Lacour y col. (1989) confirmaron dicha hipótesis, observando una correlación de $r=0,94$ y $0,92$, respectivamente, entre la velocidad obtenida en el UMTT (VAM) y la registrada de forma directa en el laboratorio. Posteriormente Berthoin y col. (1994) corroboraron la validez y fiabilidad del protocolo original para determinar la VAM (Léger y Boucher 1980), hallando una correlación de $r=0,85$ respecto a la determinación en el laboratorio.

La prueba se realizó sobre una pista sintética de 400 m, siendo administrada a un grupo de cinco corredores cada vez. Para asegurar unos incrementos fiables de velocidad, se utilizó una bicicleta a la que se le acopló un velocímetro calibrado, con doble lectura de velocidad instantánea y distancia acumulada. De esta forma el ciclista es informado del cambio de velocidad a través de una señal acústica y en ese instante se incrementa el ritmo hasta que aparece en el velocímetro la velocidad indicada. Para corroborar el mantenimiento del ritmo se informó al ciclista de la distancia acumulada a intervalos de un minuto (Lacour y col. 1989), garantizándose a través de este proceso la progresión indicada en el protocolo. De esta manera, los corredores sólo deben preocuparse de seguir al ciclista hasta el agotamiento. El equipo de investigación proporcionó información a los corredores sobre su progresión y les animó a alcanzar el nivel máximo de esfuerzo durante la prueba.

Cada corredor contó con un cronometrador personal para registrar el instante en que se detuvo, y comprobar posteriormente la velocidad máxima de carrera. En

todos los casos se efectuó un doble registro de velocidad alcanzada en el último estadio y tiempo en que finalizó la prueba (T_{UMTT}). El T_{UMTT} permite obtener siempre mayores diferencias individuales respecto al rendimiento máximo de los sujetos.

3.3.4.4. PREDICCIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

Una vez obtenida la VAM se estimó el consumo máximo de oxígeno a través de la fórmula propuesta por Léger y Mercier (1983):

(3-1)

$$\dot{V}O_{2\max} (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 3,5 \cdot \text{VAM} (\text{km}\cdot\text{h}^{-1}).$$

En la tabla 3-3 se presentan los valores correspondientes para intervalos distintos de estimación (Léger y Boucher 1980, modificado por Léger y Mercier 1983).

Tabla 3-3. Referencias del test de carrera en pista (Léger y Boucher 1980, modificado por Léger y Mercier 1983).

Estadíos Nº	Duración min	Velocidad Km·h ⁻¹	VO ₂ MET	VO ₂ mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
1	2	7	7	25.5
2	4	8	8	28.0
3	6	9	9	31.5
4	8	10	10	35.0
5	10	11	11	38.5
6	12	12	12	42.0
7	14	13	13	45.5
8	16	14	14	49.0
9	18	15	15	52.5
10	20	16	16	56.0
11	22	17	17	59.5
12	24	18	18	63.0
13	26	19	19	66.5
14	28	20	20	70.0
15	30	21	21	73.5
16	32	22	22	77.0
17	34	23	23	80.5
18	36	24	24	84.0

3.3.4.5. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA VAM O TIEMPO LÍMITE (T_{lim})

Este parámetro se ha denominado “tren máximo impuesto” (TMI) (Gaçon 1991), o tiempo límite a la velocidad del VO_{2max} (T_{lim}) (Billat y col. 1994; Hill y Rowell 1997). La prueba puede realizarse en un tapiz rodante de laboratorio (Billat y col. 1994; Hill y Rowel 1997), o puede realizarse en campo tras ciclista (Caçon 1991; Berthoin y col. 1996).

En este caso se aplicó el protocolo siguiente: el sujeto espera en un punto determinado de la pista, mientras el ciclista realiza una vuelta previa (400 m) para adquirir la velocidad individual correspondiente a la VAM y ajustar el ritmo.

Cuando el ciclista llega a la altura del sujeto, éste sale detrás. En ese momento se pone el cronómetro en marcha, que se parará cuando el corredor no sea capaz de mantener la velocidad impuesta.

Al igual que para la determinación de la VAM, además de la lectura directa del velocímetro, se controló la distancia recorrida a intervalos de 1 min. Se contó con la ayuda de colaboradores para la toma de datos, de tal manera que cada sujeto contaba con un cronometrador encargado de medir el tiempo de mantenimiento de su VAM individual.

Después de las pruebas iniciales el grupo se dividió aleatoriamente en tres subgrupos de entrenamiento:

- Interválico (n= 7).
- Continuo (n= 7).
- Control (n= 8).

3.3.4.6. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

Una vez realizadas las pruebas iniciales, se procedió a la programación de los dos tipos de entrenamiento, basados en el método continuo y en el método interválico, respectivamente.

A continuación se detallan las características del entrenamiento programado. La justificación de dichas características y una discusión sobre las mismas se presentan en el apartado de Discusión (cap. 3.5).

a) Determinación de la carga

Para poder comparar a posteriori el efecto de ambos métodos de entrenamiento, se equiparó la carga externa de ambos. Esta equiparación ya fue planteada en la mayoría de los estudios en los que se comparan los dos métodos. La principal característica diferencial entre el entrenamiento interválico y el continuo es la intensidad o velocidad de carrera a la que se realiza cada uno, aspecto que depende, probablemente, de la carga interna. No obstante, es necesario igualar la carga externa para comprobar sus efectos desde un punto de vista cualitativo.

La carga externa de las sesiones individualizadas de entrenamiento se calculó multiplicando el volumen por la intensidad (Bhanbhani y Singh 1985; Overend y col. 1992.) Para ello se utilizó la duración de la carga (tiempo en minutos), como criterio de volumen, y el porcentaje respecto a la VAM de cada sujeto (velocidad en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, como criterio de intensidad.

(3-2)

$$W_{\text{ext}} = V \cdot I$$

Donde: W_{ext} = carga externa de trabajo;

V = volumen de trabajo (tiempo en min);

I = intensidad de trabajo (velocidad relativa, en porcentaje de la VAM).

En primer lugar, se programaron las cargas del entrenamiento interválico y a partir de este, las de la carrera continua, para lo cual se tomó la intensidad media del entrenamiento interválico y su duración total, incluyendo el intervalo de recuperación (Eddy y col. 1977; Gregory 1979; Bhanbhani y Singh 1985; Adeniran y Toriola 1988; Overend y col. 1992).

Cuando la duración del tiempo de pausa es igual al tiempo de trabajo (relación trabajo-pausa: 1-1) se puede aplicar la siguiente ecuación para calcular la intensidad media del método interválico (Overend y col. 1992):

(3-3)

$$I(\text{entrenamiento interválico}) = \frac{I(\text{trabajo}) + I(\text{pausa})}{2}$$

Una vez calculada la intensidad media de cada sesión de entrenamiento interválico de carrera (CI), se programó otra de carrera continua (CC) con idéntica carga externa, según:

(3-4)

$$V(CI) \cdot I(CI) = V(CC) \cdot I(CC)$$

y despejando:

(3-5)

$$V(CC) = \frac{V(CI) \cdot I(CI)}{I(CC)}$$

donde:

$V(CI)$ = volumen del entrenamiento interválico de carrera (min). Se corresponde con la suma del tiempo de trabajo y de pausa "útil", (principio fundamental del entrenamiento interválico);

$V(CC)$ = volumen del entrenamiento de carrera continua (min);

$I(CI)$ = intensidad media de entrenamiento interválico de carrera (% VAM),
equivalente a la semisuma de la intensidad de trabajo y de pausa;

$I(CC)$ = intensidad del entrenamiento de carrera continua (% VAM).

Ejemplo:

Interválico tipo 1 (I1): 5x2 min (100 % VAM); pausa : 2 min (50 % VAM).

$$V(CI) \text{ (incluyendo pausa activa)} = (5 \cdot 2) \cdot 2 = 20 \text{ min}$$

$$I(CI) = \frac{(100 + 50)}{2} = 75 \%$$

$$W(CI) = V(CI) \cdot I(CI) = 20 \cdot 75 \% = 15$$

Si se realiza la carrera continua, a una intensidad del 75 % de la VAM, igual que la intensidad media de la carrera interválica, su duración o volumen coincidirá con la interválica (en este caso 20 min). Así, para una intensidad de carrera continua del 65 % de la VAM, la duración será según la ecuación 3-5:

$$V(CI) = \frac{V(CI) \cdot I(CI)}{I(CC)} = \frac{20 \cdot 75}{65} = 23 \text{ min}$$

La carga externa de ambos métodos se hizo coincidir tanto en cada sesión de entrenamiento como en la totalidad de los ciclos, manteniendo los mismos criterios para cada método en cuanto al crecimiento paulatino del esfuerzo y la supercompensación. En la figura 3-1 se representa la evolución de la carga a lo largo de los dos mesociclos que constituyen el período de ocho semanas de entrenamiento. Puede apreciarse el incremento paulatino de la carga, a lo largo de todo el período, así como los mesociclos de descarga, en la cuarta y la octava semana respectivamente. El índice de carga se obtuvo del producto entre el volumen (tiempo en minutos) y la intensidad (% VAM).

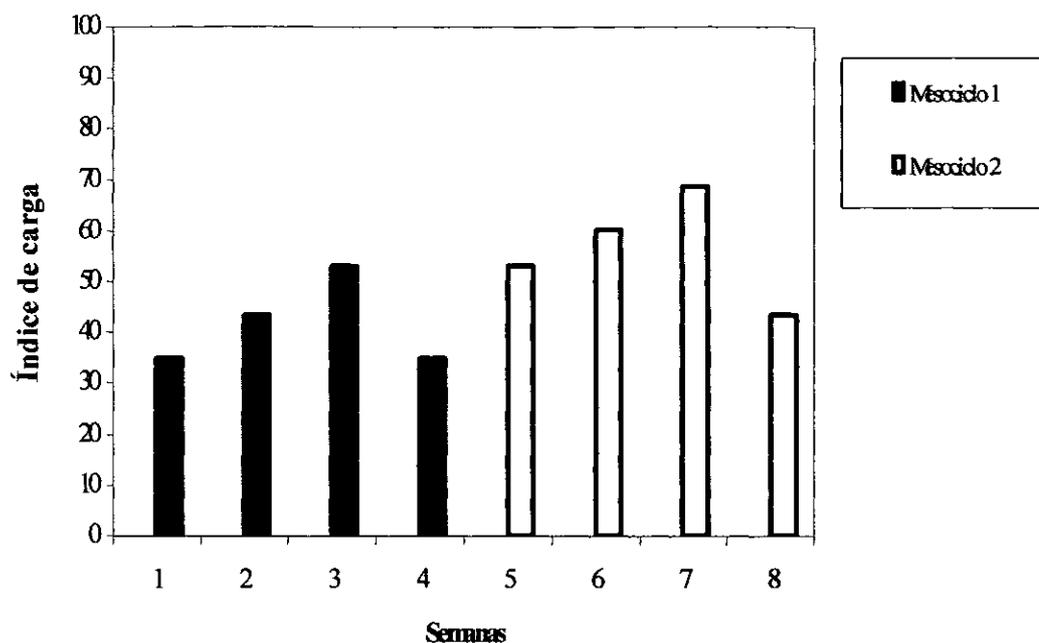


Figura 3-1. Evolución de la carga semanal a lo largo del período de entrenamiento.

La figura 3-2 muestra la alternancia de las cargas en cada uno de los ocho microciclos (semanas) que constituyen un ciclo de entrenamiento (8 semanas). El incremento semanal de la carga se realizó de tal modo que sólo se aumentaba en dos sesiones de entrenamiento, manteniéndose la tercera constante. Este proceso se alternó y repitió en los siguientes microciclos, en ambos métodos y con todas las intensidades de entrenamiento, como se indica en la figura.

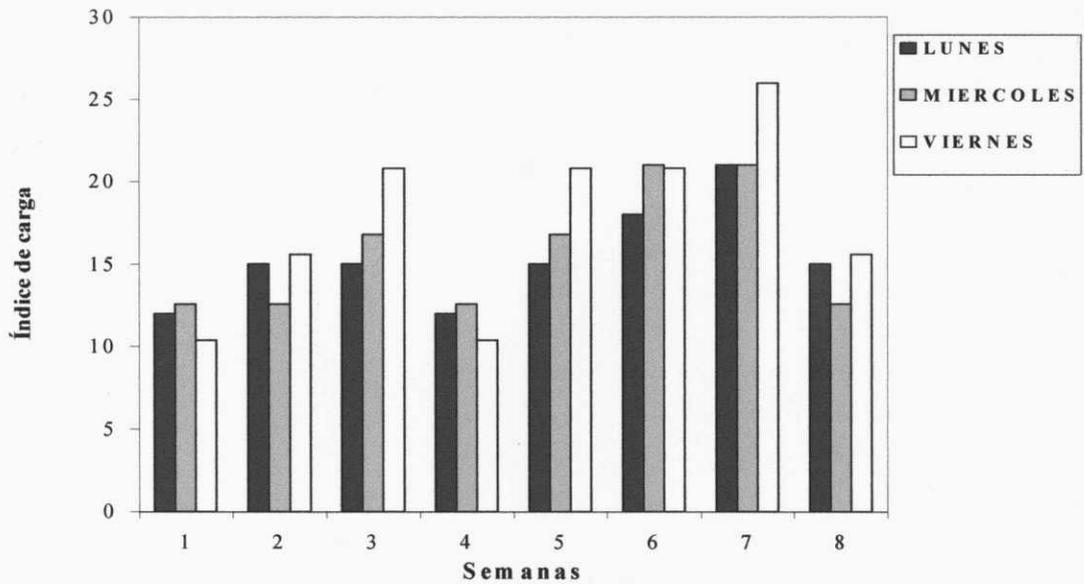


Figura 3-2. Evolución de la carga diaria a lo largo del período de entrenamiento.

b) Determinación de la intensidad del entrenamiento

Cuando la evaluación se realiza en laboratorio (tapiz o cicloergómetro), la determinación de la intensidad del entrenamiento se obtiene respecto a parámetros como el $\dot{V}O_{2max}$, el umbral ventilatorio, la capacidad máxima de trabajo, etc. En este caso la intensidad se prescribió de forma individualizada en función de la VAM alcanzada en la prueba de pista (UMTT).

Para la confección del entrenamiento interválico, se programaron tres intensidades próximas a la VAM (consideradas como específicas), siendo las duraciones del esfuerzo de 2, 3 y 4 min, garantizando de esta forma una alta participación aeróbica. El resultado fue un entrenamiento interválico con la siguiente estructura:

- CI1 = 2 min al 100 % de la VAM;
- CI2 = 3 min al 95 % de la VAM;
- CI3 = 4 min al 90 % de la VAM.

Se planteó una relación entre el trabajo y la pausa de 1:1, siendo la intensidad durante la pausa del 40-50 % del VO_{2max} (Overend y col. 1992), en este caso el 40-50 % de la velocidad aeróbica máxima individual. Una pausa con esta intensidad (8-9 $km \cdot h^{-1}$) se podía efectuar, en todos los casos, a través de una caminata rápida o carrera suave (Gregory 1979; Bhambhani y Singh 1985; Adeniran y Toriola 1988).

Para la realización del entrenamiento continuo, se programaron tres intensidades alejadas de la VAM (intensidad media-baja). Las intensidades de trabajo se programaron en torno al 70 % de la VAM, resultando las siguientes:

- CC1 = 65 % de la VAM;
- CC2 = 70 % de la VAM;
- CC3 = 75 % de la VAM.

Las intensidades programadas a través de la carrera continua deben comprender una intensidad mínima de entrenamiento, en torno al 60 % (umbral aeróbico) de la PAM, una zona de intensidad intermedia en torno al 70 % de la PAM y una intensidad alta en torno al 80 % de la PAM (umbral anaeróbico) (Ballesteros 1990; Zintl 1991; García Verdugo y Léibar 1997).

En el presente estudio, al tratarse de una muestra de sujetos poco entrenados, la intensidad correspondiente al umbral anaeróbico se estimó un 5 % más baja, es decir, al 75 % de la VAM. Mientras que la intensidad mínima de entrenamiento, dado que la media de la VAM alcanzada por esta población no fue elevada, se decidió incrementaba hasta el 65 % de la VAM. Hay que tener en cuenta que si la media de las VAM de todos los sujetos testados antes del entrenamiento fue de 16,85 $km \cdot h^{-1}$, el 60 % de la misma corresponde a una velocidad de 10 $km \cdot h^{-1}$ velocidad que casi corresponde a una marcha rápida.

Los tres tipos de intensidades planteadas en torno a ese porcentaje, persiguen la realización de un entrenamiento más completo, más parecido a la realidad y menos monótono (principio de variación del estímulo).

c) Determinación del volumen de entrenamiento

Volumen inicial. La duración inicial de la sesión del entrenamiento interválico correspondió, aproximadamente al 75 % de la duración media en la prueba por parte del total de la muestra. Se utilizó este porcentaje como criterio lógico de volumen inicial soportable por todos los sujetos, siendo corroborado posteriormente como dosis de entrenamiento suficiente para la sesión inicial.

Se partió de una duración de 2 min para el intervalo de trabajo al 100 % de la VAM, dado que se trata de la duración del último estadio en el UMTT, con lo cual cada sujeto debe ser capaz de mantenerla y repetirla con garantías. Además esta duración se correspondió, aproximadamente, con el 33 % de la media obtenida en el T_{lim} (tiempo al 100 % de la VAM) por parte de la totalidad del grupo. Para duraciones superiores (3, 4 min), se utilizaron porcentajes inferiores al 100 % de la VAM (90-95 %), pero que afectan a zonas de intensidad próximas a esta, con objeto de garantizar la especificidad del esfuerzo respecto a la VAM. Respecto a estas intensidades, se sabe que una velocidad correspondiente al 90 % de la VAM puede ser mantenida (T_{lim} al 90 %) más de 16 min (Billat y col 1995).

El resultado fueron las siguientes relaciones de duración-intensidad:

- 2 min al 100 % de la VAM;
- 3 min al 95 % de la VAM;
- 4 min al 90 % de la VAM.

Volumen semanal inicial. La duración media aproximada de la prueba (UMTT) fue de 22 min. Tres sesiones semanales de la misma duración equivaldrían a 66 min. El 75 % de dicho tiempo, corresponde a un volumen semanal de 50 min, aproximadamente.

d) Determinación de la frecuencia y duración de la carga

El entrenamiento se programó para ocho semanas, teniendo en cuenta los principios generales del entrenamiento (Matveyev 1983).

Dadas las características del grupo, todos ellos estudiantes, y en unas fechas cercanas a los exámenes finales, se intentó encontrar la duración y frecuencia de entrenamiento mínimas suficientes para la producción de cambios significativos en el metabolismo aeróbico-anaeróbico.

Respecto a la frecuencia semanal del entrenamiento se plantearon tres sesiones semanales en días alternos, frecuencia que las diversas investigaciones avalan como suficiente para crear un estímulo para el incremento de la resistencia (McArdle 1990).

e) Organización de los ciclos de entrenamiento (periodización)

El ciclo o periodo total de entrenamiento se dividió en dos mesociclos de cuatro semanas de duración. El principio de supercompensación se cumplió incrementando la carga semanal en un 20 %, aproximadamente, durante las tres primeras semanas de cada mesociclo para descender en la cuarta al nivel de la primera, y en la octava al nivel de la segunda (Matveyev 1983).

La intensidad del entrenamiento, representada por la carrera a un determinado porcentaje de la VAM, se mantuvo constante a lo largo del macrociclo;

no obstante, al término del primer mesociclo se repitió la prueba de pista (UMTT) para programar el segundo mesociclo respecto a la nueva VAM individual.

Con el objetivo de conseguir también la supercompensación en el microciclo semanal (Matveyev 1983), el incremento de la carga se realizó aumentando cada semana, solamente el volumen de dos de las tres sesiones, repitiéndose el de la tercera. Este incremento se efectuó de tal modo, que el mantenimiento del nivel de carga afectase alternativamente a un tipo de entrenamiento distinto, dentro de los tres programados por cada método.

Se calculó el volumen total de entrenamiento en el primer mesociclo y, a partir de ahí, se programó el segundo, con las nuevas intensidades derivadas del segundo test (nueva VAM). Resultó una planificación general constituida por dos mesociclos de cuatro microciclos de una semana de duración, donde la carga aumenta progresivamente en las tres primeras semanas de cada mesociclo, para descender en la cuarta de cada uno de ellos, consolidando de esta forma la supercompensación dentro de cada mesociclo, con la prescripción de lo que en el ámbito del entrenamiento se conoce como semana de descarga.

El segundo mesociclo comenzó con la carga correspondiente a la tercera semana (Matveyev 1983), pero con intensidades calculadas a partir de la segunda prueba (UMTT) realizada por todos los sujetos que entrenaron durante las primeras cuatro semanas. Dicha prueba se administró durante el fin de semana del microciclo de descarga.

3.3.4.7. PROGRAMA GLOBAL DE ENTRENAMIENTO

A continuación se resume el programa de entrenamiento para cada uno de los tres grupos experimentales: a) carrera interválica, b) carrera continua, c) control.

a) Grupo de carrera interválica:

1ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI 1): 4x2 min (100 % VAM)/ Pausa: 2 min (50 % VAM).

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI 2): 3x3 min (95 % VAM)/ Pausa: 3 min (45 % VAM).

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI 3): 2x4 min (90 % VAM)/ Pausa: 4 min (40 % VAM).

Volumen semanal: 50 min

Índice de carga diaria:

-L: $16 \cdot 75 \% = 12$

-M: $18 \cdot 70 \% = 12,6$

-V: $16 \cdot 65 \% = 10,4$

Índice de carga semanal: = $50 \text{ min} \cdot 70 \% = 35 (12 + 12,6 + 10,4)$.

2ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI 1): 5x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min (50 % VAM).

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI 2): 3x3 min (95 % VAM) / Pausa: 3 min (45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI 3): 3x4 min (90 % VAM)/ Pausa: 4 min (40 % VAM)

Volumen semanal: 62 min

Índice de carga diaria:

$$-L: 20 \cdot 75 \% = 15$$

$$-M: 16 \cdot 70 \% = 12,6$$

$$-V: 24 \cdot 65 \% = 15,6$$

Indice de carga semanal: 43,4

3ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI 1): 5x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min (50 % VAM).

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI 2): 4x3 min (95 % VAM) / Pausa: 3 min (45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI 3): 4x4 min (90 % VAM)/ Pausa: 4 min (40 % VAM)

Volumen semanal: 76 min

Indice de carga diaria:

$$-L: 20 \cdot 75 \% = 15$$

$$-M: 24 \cdot 70 \% = 16,8$$

$$-V: 32 \cdot 65 \% = 20,8$$

Indice de carga semanal: 53,2

4ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI 1): 4x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min (50 % VAM)

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI2): 3x3 min (95 % VAM) / Pausa: 3 min (45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI3): 2x4 min (90 % VAM)/ Pausa: 4 min (40 % VAM)

Volumen semanal: 50 min

Indice de carga diaria:

$$-L: 16 \cdot 75 \% = 12$$

$$-M: 18 \cdot 70 \% = 12,6$$

$$-V: 16 \cdot 65 \% = 10,4$$

Indice de carga semanal: 35

Volumen del mesociclo = 238 minutos

Indice de carga del mesociclo = 166,6

5ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI1): 5x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min
(50 % VAM)

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI2): 4x3 min (95 % VAM) / Pausa: 3 min
(45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI3): 4x4 min (90 % VAM) / Pausa: 4 min
(40 % VAM)

Volumen semanal: 76 min

Indice de carga diaria:

$$-L: 20 \cdot 75 \% = 15$$

$$-M: 24 \cdot 70 \% = 16,8$$

$$-V: 32 \cdot 65 \% = 20,8$$

Indice de carga semanal: 53,2

6ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI1): 6x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min
(50 % VAM)

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI2): 5x3 min (95 % VAM) / Pausa: 3 min
(45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI3): 4x4 min (90 % VAM) / Pausa: 4 min
(40 % VAM)

Volumen semanal: 86 min

Indice de carga diaria:

$$-L: 24 \cdot 75 \% = 18$$

$$-M: 30 \cdot 70 \% = 21$$

$$-V: 32 \cdot 65 \% = 20,8$$

Indice de carga semanal: 60,2

7ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI1): 7x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min (50 % VAM)

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI2): 5x3 min/(95 % VAM) / Pausa: 3 min (45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI3): 5x4 min (90 % VAM)/ Pausa: 4 min (40 % VAM)

Volumen semanal: 98 min

Indice de carga diaria:

$$-L: 28 \cdot 75 \% = 21$$

$$-M: 30 \cdot 70 \% = 21$$

$$-V: 40 \cdot 65 \% = 26$$

Indice carga semanal: 68,6

8ª semana:

Lunes.- Interválico tipo 1 (CI1): 5x2 min (100 % VAM) / Pausa: 2 min (50 % VAM)

Miércoles.- Interválico tipo 2 (CI2): 3x3 min (95 % VAM)/ Pausa: 3 min (45 % VAM)

Viernes.- Interválico tipo 3 (CI3): 3x4 min (90% VAM)/ Pausa: 4 min (40 % VAM)

Volumen semanal: 62 min

Indice de carga diaria:

$$-L: 20 \cdot 75 \% = 15$$

$$-M: 18 \cdot 70 \% = 12,6$$

$$-V: 24 \cdot 65 \% = 15,6$$

Indice de carga semanal: 43,4

Volumen del segundo mesociclo = 322 min

Indice de carga del mesociclo = 225,4

Tabla 3-4. Resumen del programa de carrera interválica.

Semana	LUNES	MIÉRCOLES	VIERNES
1	4x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	3x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	2x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
2	5x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	3x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	3x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
3	5x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	4x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	4x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
4	4x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	3x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	2x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
5	5x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	4x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	4x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
6	6x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	5x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	4x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
7	7x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	5x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	5x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)
8	5x2 min (1:1) (100 : 50 % VAM)	3x3 min (1:1) (95 : 45 % VAM)	3x4 min (1:1) (90 : 40% VAM)

b) Grupo de carrera continua:

1ª semana: 16 min CC3 – 18 min CC2 – 16 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1(CC1): 16 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 18 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 16 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 50 min

Indice de carga semanal: 35,0

2º semana: 20 min CC3 – 18 min CC2 – 24 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 18 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 24 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 62 min

Indice de carga semanal: 43,4

3º semana: 20 min CC3 – 24 min CC2 – 32 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 24 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 32 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 76 min

Indice de carga semanal: 53,2

4º semana: 16 min CC3 – 18 min CC2 – 16 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 16 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 18 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 16 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 50 min

Indice de carga semanal: 35,0

Volumen del mesociclo = 274

Indice de carga del mesociclo = 191

5º Semana: 20 min CC3 – 24 min CC2 – 32 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 24 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 16 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 50 min

Indice de carga semanal: 35,0

2º semana: 20 min CC3 – 18 min CC2 – 24 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 18 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 24 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 62 min

Indice de carga semanal: 43,4

3º semana: 20 min CC3 – 24 min CC2 – 32 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 24 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 32 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 76 min

Indice de carga semanal: 53,2

4º semana: 16 min CC3 – 18 min CC2 – 16 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 16 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 18 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 16 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 50 min

Indice de carga semanal: 35,0

Volumen del mesociclo = 274

Indice de carga del mesociclo = 191

5º Semana: 20 min CC3 – 24 min CC2 – 32 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 24 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 32 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 76 min

Indice de carga semanal: 53,2

6º Semana: 24 min CC3 – 30 min CC2 – 32 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 24 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 30 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 32 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 86 min

Indice de carga semanal: 60,2

7º Semana: 28 min CC3 – 30 min CC2 – 40 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 28 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 30 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 40 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 98 min

Indice carga semanal: 68,6

8º semana: 20 min CC3 – 18 min CC2 – 24 min CC1

Lunes: C. Continua tipo 1 (CC1): 20 min (75 % VAM)

Miércoles: C. Continua tipo 2 (CC2): 18 min (70 % VAM)

Viernes: C. Continua 3 (CC3): 24 min (65 % VAM)

Volumen semanal: 62 min

Indice de carga semanal: 43,4

Volumen del mesociclo= 322

Indice de carga del mesociclo = 225,

Tabla 3-5. Resumen del programa de carrera continua.

Semana	LUNES	MIERCOLES	VIERNES
1	16 min (75 % VAM)	18 min (70 % VAM)	16 min (65 % VAM)
2	20 min (75 % VAM)	18 min (70 % VAM)	24 min (65 % VAM)
3	20 min (75 % VAM)	24 min (70 % VAM)	32 min (65 % VAM)
4	16 min (75 % VAM)	18 min (70 % VAM)	16 min (65 % VAM)
5	20 min (75 % VAM)	24 min (70 % VAM)	32 min (65 % VAM)
6	24 min (75 % VAM)	30 min (70 % VAM)	32 min (65 % VAM)
7	28 min (75 % VAM)	30 min (70 % VAM)	40 min (65 % VAM)
8	20 min (75 % VAM)	18 min (70 % VAM)	24 min (65 % VAM)

c) Grupo de control:

Este grupo realizó el test y el retest pero no efectuó ningún tipo de entrenamiento.

Se mantuvo un seguimiento continuado del grupo control, para evitar que se perdiera la motivación y el interés por el experimento, o que se efectuasen prácticas deportivas complementarias, que pudieran alterar los resultados, teniendo que asistir como espectadores al menos a una sesión de entrenamiento semanal.

3.3.4.8. REALIZACIÓN Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO

Una vez programado el entrenamiento individual para cada uno de los grupos de trabajo, se creó una estructura organizativa para asegurar la realización rigurosa del entrenamiento y el registro de los datos.

En cada una de las sesiones cada grupo estaba controlado por tres ayudantes, coordinados por el autor. Las funciones consistían en controlar el ritmo previsto para cada sujeto, tanto en la carrera continua como en la carrera por intervalos, controlar las pausas del método interválico y registrar las frecuencias cardíacas al inicio y al final del entrenamiento, así como resolver o registrar las posibles incidencias y garantizar la fiel ejecución del entrenamiento previsto.

Con el registro de las frecuencias cardíacas no se pretendió influir ni modificar el entrenamiento programado. Su objetivo era el seguimiento de la adaptación al esfuerzo por parte de los sujetos.

a) Interválico

Este grupo realizó su entrenamiento en una pista sintética de 400 m y sin zapatillas de clavos para evitar eventuales sobrecargas musculares.

Se efectuaron tres sesiones semanales en días alternos, ordenando los tres tipos de carrera interválica de forma creciente, en cuanto a su duración (2, 3 y 4 minutos respectivamente), y decreciente en cuanto a la intensidad (100, 95 y 90 % de la VAM, respectivamente).

Se calcularon las distancias individuales a recorrer por parte de cada sujeto en cada uno de los tres intervalos de duración. De esta forma, efectuando una salida conjunta de todos los sujetos en puntos distintos, todo el grupo debía de coincidir en

la llegada. Esto permite, con pocas referencias externas, garantizar el ritmo previsto para cada sujeto.

En cuanto al intervalo de recuperación o pausa activa, se procedió de igual forma que para el intervalo de trabajo, calculando la distancia individual a recorrer por parte de cada sujeto en el intervalo de pausa (40-50 % de la VAM), debiendo coincidir de esta forma todos los sujetos en el instante de la salida.

En el grupo interválico no se registró ninguna baja ni eliminación, finalizando por lo tanto el proceso la totalidad de los sujetos iniciales.

b) Continuo

El grupo de carrera continua realizó sus entrenamientos sobre un circuito de hierba y tierra de 500 m. La salida se producía de forma conjunta, agrupando a los sujetos según la velocidad de carrera prevista. Los sujetos recibían información acerca del ritmo de carrera que debían de llevar en cada vuelta de 500 m, garantizándose de esta manera el ritmo individual previsto.

Las sesiones de entrenamiento continuo se programaron coincidiendo con las del entrenamiento interválico, en días alternos (lunes, miércoles y viernes) y de forma creciente respecto volumen de las sesiones (C1, C2, C3) y decreciente respecto a la intensidad de las mismas (75, 70 y 65 % de la VAM, respectivamente).

Todos los componentes del grupo realizaron sin excepción, todas las sesiones programadas, produciéndose exclusivamente modificaciones en el día previsto para la sesión, realizándose estas en dos ocasiones el sábado y en una el jueves, en vez del viernes.

3.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó en primer lugar un estudio descriptivo de la muestra, analizándola globalmente y por grupos. Los grupos fueron establecidos según el nivel de la variable entrenamiento.

Para lograr los objetivos del presente análisis, en el estudio inferencial se llevaron a cabo las siguientes pruebas estadísticas:

- Para verificar la normalidad de las variables se aplicó la **prueba de Kolmogorov-Smirnov**, con la corrección de la significación de **Lilliefors**.
- Para comprobar la homogeneidad de la varianza de los diferentes grupos, establecidos según la variable independiente, se calculó el **estadístico de Levene**.
- Para contrastar las diferencias significativas entre los grupos establecidos según la variable independiente (comparación intergrupos) se aplicó una prueba de análisis de la varianza (**ANOVA de un factor**). En el caso de existir diferencias significativas entre los grupos, se aplicó la prueba **post hoc de Scheffé** para saber qué medias diferían.
- En caso de no cumplirse la homogeneidad de la varianza en los grupos a comparar, se aplicó la prueba no paramétrica **H de Kruskal-Wallis**.

- Para comparar las distintas variables de cada uno de los grupos, antes y después del entrenamiento (comparación intragrupos), se utilizó la prueba ***t* de Student-Fisher** para muestras relacionadas.
- Para determinar el grado de asociación lineal entre dos variables se aplicó la **correlación *r* de Pearson**.
- Para estimar el valor de la variable dependiente a partir de la independiente, mediante una función lineal, se calculó la ecuación de **regresión lineal**.

3.4. Resultados

3.4. RESULTADOS

3.4.1. CIRCUNSTANCIAS RELATIVAS AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló con normalidad, según la metodología prevista, tanto respecto a las pruebas iniciales, intermedias y finales, como al desarrollo del entrenamiento continuo e interválico.

De todos modos, hubo que destacar dos bajas experimentales, las dos en el grupo de carrera continua. En un caso, después de cuatro semanas de entrenamiento, debido a una lesión muscular originada en su actividad académica y no como consecuencia del entrenamiento. En el otro, se decidió descartar un sujeto que, habiendo finalizado el experimento, presentó una elevación desproporcionada del peso corporal (4,5 kg).

En el grupo de carrera interválica no se produjeron a lo largo de las ocho semanas de entrenamiento lesiones de ningún tipo, ni ausencias en ninguna de las sesiones de entrenamiento previstas. Sí se produjo ocasionalmente algún cambio en el día previsto para la sesión, siempre por motivos personales, que no afectaron al entrenamiento semanal programado. Todos los atletas toleraron bien la carga de entrenamiento planteada para cada sesión, salvo un solo sujeto, el cual en dos sesiones no realizó el último intervalo programado. Debido a sus manifestaciones externas de cansancio y a una elevación desmesurada de su frecuencia cardíaca.

En la carrera continua no hubo que resaltar ningún caso que no fuese capaz de superar la carga total de entrenamiento programado para la sesión.

El grupo control se comportó según lo previsto, no realizando más práctica deportiva que la común derivada de la actividad académica. Tampoco hubo que

registrar ninguna ausencia a lo largo del período que duró el entrenamiento, realizando las pruebas finales la totalidad de los sujetos.

3.4.2. EVALUACIÓN ANTES DEL ENTRENAMIENTO

A partir de la evaluación inicial, se realizó un estudio descriptivo de los resultados correspondientes a la totalidad de la muestra y, a continuación, se efectuó un nuevo análisis de las variables por grupos de entrenamiento.

3.4.2.1. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y FUNCIONALES EN EL CONJUNTO DE LA MUESTRA

En la tabla 3-6 se muestra un resumen descriptivo de los resultados de las pruebas antropométricas y funcionales correspondientes a los 20 sujetos que finalizaron el estudio, obtenidas en la evaluación inicial.

Tabla 3-6. Características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la prueba de pista (UMTT) en la muestra total.

n = 20	Media	Desv. típica	Rango
Edad (años)	20,1	1,2	24,0-19,0
Talla (cm)	173,8	6,1	184,0-163,0
Peso (kg)	70,5	6,8	81,0-58,0
Grasa relativa (% Pc)	9,2	1,5	11,8-6,6
CMJ (cm)	38,5	5,2	47,4-28,7
CMJA (cm)	47,0	6,0	58,8-37,9
VAM (km·h ⁻¹)	16,85	0,7	18,0-16,0
T _{lim} (min)	6,3	1,0	8,0-4,2
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)*	58,9	2,6	63,0-56,0
T _{UMTT}	22,0	1,5	25,0-20,0

* Estimado en base al resultado del UMTT (Léger y Mercier 1983).

3.4.2.2. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y FUNCIONALES EN LOS GRUPOS EXPERIMENTALES Y DE CONTROL

Todas las distribuciones de las variables en estudio en los diferentes grupos experimentales y de control resultaron normales y de varianza homogénea.

Las medias, las desviaciones típicas y el rango de cada una de las variables se presentan en las siguientes tablas, para cada uno de los grupos: entrenamiento continuo (tabla 3-7), entrenamiento interválico (tabla 3-8) y de control (tabla 3-9).

Tabla 3-7. Características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la prueba de pista (UMTT) en el grupo continuo.

n = 5	Media	Desv. típica	Rango
Edad (años)	20,2	0,8	21,0-19,0
Talla (cm)	172,6	1,8	175,0-171,0
Peso (kg)	70,1	3,2	75,0-66,6
Grasa relativa (% Pc)	9,2	1,3	11,0-7,5
CMJ (cm)	38,6	6,7	45,3-28,7
CMJA (cm)	47,3	7,0	54,5-38,4
VAM (km·h ⁻¹)	16,6	0,9	18,0-16,0
T _{lim} (min)	6,8	0,9	8,0-5,9
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	58,1	3,1	63,0-56,0
T _{UMTT} (min)	21,7	1,7	24,3-20,0

Tabla 3-8. Características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la prueba de pista (UMTT) en el grupo interválico.

n = 7	Media	Desv. típica	Rango
Edad (años)	20,0	0,8	21,0-19,0
Talla (cm)	173,9	6,3	181,0-166,0
Peso (kg)	69,6	7,9	81,0-59,0
Grasa relativa (% Pc)	9,1	1,3	10,5-6,6
CMJ (cm)	37,7	5,4	45,0-31,0
CMJA (cm)	46,4	6,0	54,0-40,6
VAM (km·h ⁻¹)	17,0	0,8	18,0-16,0
T _{lim} (min)	6,3	0,9	7,4-5,4
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	59,5	2,8	63,0-56,0
T _{UMTT} (min)	22,4	1,8	25,0-20,0

Tabla 3-9. Características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la prueba de pista (UMTT) en grupo control.

n = 8	Media	Desv. típica.	Rango
Edad (años)	20,25	1,66	24,0-19,0
Talla (cm)	174,5	7,9	184,0-163,0
Peso (kg)	71,5	8,0	79,5-58,0
Grasa relativa(% Pc)	9,2	1,7	11,8-6,9
CMJ (cm)	39,2	4,6	47,4-32,2
CMJA (cm)	47,3	6,1	58,8-37,9
VAM (km·h ⁻¹)	16,8	0,6	18,0-16,0
T _{lim} (min)	5,9	1,0	7,6-4,2
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	59,0	2,2	63,0-56,0
T _{UMTT} (min)	21,8	1,2	24,0-20,1

El análisis de la varianza (ANOVA) no indicó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con respecto a la VAM, su tiempo límite (T_{lim}) o la duración total en la prueba (T_{UMTT}) ($p > 0,05$).

Tampoco se observaron diferencias significativas entre grupos en los parámetros antropométricos, ni de rendimiento en el salto ($p > 0,05$).

Dichos resultados confirman la efectividad de la asignación aleatoria en la formación de los grupos, lo que permitirá la comparación posterior (inter-grupos).

3.4.2.3. CORRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y FUNCIONALES EN EL CONJUNTO DE LA MUESTRA

La tabla 3-8 muestra el nivel de correlación entre las variables estudiadas, apreciándose correlación estadísticamente significativa solamente entre la talla y el peso corporal ($r = 0,67$), el peso y la grasa relativa ($r = 0,55$) y el rendimiento en el salto con la edad ($r = 0,50$ y $0,55$). También se produjo un alto nivel de correlación entre los parámetros asociados al UMTT (T_{UMTT} y VO_{2max} estimado). El T_{lim} a la VAM no correlacionó de forma significativa con la VAM, ni con ninguna otra variable.

Tabla 3-10. Matriz de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables antes del entrenamiento (n = 20).

	Edad	Talla	Peso	Grasa	CMJ	CMJA	VAM	T _{lim}	VO _{2max}	T _{UMTT}
Edad	1,0									
Talla	-0,38	1,0								
Peso	-0,43	,67**	1,0							
Grasa	-0,38	0,14	0,55*	1,0						
CMJ	0,50*	-0,09	0,12	-0,11	1,0					
CMJA	0,55*	-0,10	0,05	-0,18	,97**	1,0				
VAM	0,08	-0,23	-0,34	-0,32	-0,26	-0,18	1,0	-0,06		
T _{lim}	0,07	-0,22	-0,26	-0,26	-0,04	-0,03	-0,06	1,0	-0,06	0,07
T _{UMTT}	0,04	-0,21	-0,34	-0,34	-0,37	-0,30	,96**	0,07	,96**	1,0
VO _{2max}	0,08	-0,23	-0,32	-0,32	-0,26	-0,18	1,0**	-0,06	1,0	0,96**

* p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01

3.4.3. EVALUACIÓN DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO

3.4.3.1. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS Y FUNCIONALES EN LOS DIFERENTES GRUPOS DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO

A continuación se presentan los resultados obtenidos después del entrenamiento, en las diferentes variables, por parte de los tres grupos.

Tabla 3-11. Características antropométricas después del entrenamiento.

Grupo	Variable	Media	Desv. típica	Rango
CONTINUO (n=5)	Peso (kg)	68,5	1,8	71,4-66,9
	Grasa relativa (%)	9,1	1,1	10,2-7,7
INTERVÁLICO (n=7)	Peso (kg)	69,0	7,4	79,5-61
	Grasa relativa (%)	9,0	1,1	10,9-7,3
CONTROL (n=8)	Peso (kg)	70,9	8,3	78,0-58,0
	Grasa relativa (%)	9,5	1,8	12,9-7,4

Tabla 3-12. Rendimiento en el salto después del entrenamiento .

Grupo	Variable	Media	Desv. típica	Rango
CONTINUO (n=5)	CMJ (cm)	38,2	7,4	46,0-28,0
	CMJA (cm)	46,2	6,8	52,7-36,4
INTERVÁLICO (n=7)	CMJ (cm)	37,2	4,8	43,0-30,0
	CMJA (cm)	45,0	6,2	51,6-38,5
CONTROL (n=8)	CMJ (cm)	38,1	4,2	43,0-32,0
	CMJA (cm)	46,8	5,8	55,3-36,1

Tabla 3-13. Rendimiento en la carrera después del entrenamiento .

Grupo	Variable	Media	Desv. típica	Rango
CONTINUO (n=5)	VAM (km·h ⁻¹)	18,0	1,0	19,0-17,0
	T _{lim} (min)	6,2	1,2	7,5-4,4
	VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	63,0	3,5	66,5-59,5
	T _{UMTT} (min)	24,3	1,2	26,6-22,1
INTERVÁLICO (n=7)	VAM (km·h ⁻¹)	18,0	0,8	19,0-17,0
	T _{lim} (min)	6,3	0,9	8,0-5,3
	VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	63,0	2,8	66,5-59,5
	T _{UMTT}	24,2	1,4	26,2-22,5
CONTROL (n=8)	VAM (km·h ⁻¹)	16,75	0,4	17,0-16,0
	T _{lim} (min)	6,0	0,9	7,8-4,2
	VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	58,6	1,6	59,5-56
	T _{UMTT} (min)	21,7	0,8	22,3-20,3

3.4.3.2. DIFERENCIAS INTRAGRUPOS EN LAS CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS, RENDIMIENTO EN EL SALTO Y RENDIMIENTO EN LA CARRERA

Para la comprobación de las diferencias intragrupos se utilizó la prueba t de Student-Fisher para muestras relacionadas. Previamente se realizaron pruebas de comprobación de la homogeneidad y normalidad de la muestra, para todas las variables y en los tres grupos.

La homogeneidad de la muestra respecto a cada una de las variables, se mantuvo tanto antes como después del entrenamiento, salvo en el caso del T_{lim} correspondiente al grupo control (p= 0,049).

Solamente se produjeron cambios (antes-después del entrenamiento) estadísticamente significativos en los dos grupos experimentales (continuo e interválico). Estos cambios afectaron solamente a los parámetros responsables del rendimiento en la carrera (VAM, $\dot{V}O_{2max}$ y T_{UMTT}). No se observaron diferencias significativas en el resto de parámetros antropométricos o funcionales.

Los cambios observados, tanto en el peso y porcentaje de grasa corporal como en el rendimiento en el salto, no resultaron estadísticamente significativos ($p > 0,05$) en ningún grupo.

3.4.3.2.1. EVOLUCIÓN DE LOS INDICES ANTROPOMÉTRICOS Y DE RENDIMIENTO EN LOS GRUPOS EXPERIMENTALES Y DE CONTROL

En las tablas siguientes puede apreciarse la comparación antes-después del entrenamiento respecto a las características antropométricas, rendimiento en el salto y rendimiento en la carrera de los tres grupos.

Además del nivel de confianza, se ofrece el incremento porcentual de los parámetros, en los que se observaron cambios estadísticamente significativos.

Tabla 3-14. Evolución de los parámetros antropométricos y funcionales (antes y después del entrenamiento). Se indican los valores medios, desviación típica, incremento significativo (Δ , %) y grado de significación de las diferencias (p) en la prueba *t* de Student Fisher (muestras relacionadas).

	Continuo (n=5)		Δ (%)	p
	Antes del entrenamiento	Después del entrenamiento		
Peso (kg)	70,1 (3,2)	68,5 (1,8)	-	ns
Grasa relativa (% Pc)	9,2 (1,3)	9,1 (1,1)	-	ns
CMJ (cm)	38,6 (6,7)	38,2 (7,4)	-	ns
CMJA (cm)	47,3 (7,0)	46,2 (6,8)	-	ns
VAM (km·h ⁻¹)	16,6 (0,9)	18,0 (1,0)	8,4	0,005
T _{lim} (min)	6,8 (0,9)	6,3 (1,2)	-	ns
D _{lim} (m)	1891(287)	1908(362)	-	ns
VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	58,1 (3,1)	63 (3,5)	8,4	0,005
T _{UMTT} (min)	21,6 (1,8)	24,3 (1,2)	12,9	0,001

De los parámetros relacionados con el rendimiento en la carrera, los únicos que no experimentaron cambios estadísticamente significativos, fueron el tiempo y distancia límite a la VAM (T_{lim} y D_{lim}), pero se comportaron de manera diferente. El T_{lim} se mantuvo constante en los grupos interválico y de control, descendiendo sensiblemente en el grupo continuo. Sin embargo, la D_{lim} se mantuvo constante en los grupos control y continuo, pero experimentó un ligero incremento en el grupo interválico.

Tabla 3-15. Evolución de los parámetros antropométricos y funcionales (antes y después del entrenamiento). Se indican los valores medios, desviación típica, incremento significativo (Δ , %) y grado de significación de las diferencias (p) en la prueba *t* de Student Fisher (muestras relacionadas).

	Interválico (n=7)			
	Antes del entrenamiento	Después del entrenamiento	Δ (%)	p
Peso (kg)	69,6 (8)	69,0 (7,4)	-	ns
Grasa relativa (% Pc)	9,1 (1,3)	9,0 (1,1)	-	ns
CMJ (cm)	37,7 (5,4)	37,2 (4,8)	-	ns
CMJA (cm)	46,4 (6,0)	45,0 (6,2)	-	ns
VAM (km·h ⁻¹)	17,0 (0,8)	18,0 (0,8)	5,9	0,004
T _{lim} (min)	6,3 (0,8)	6,4 (0,8)	-	ns
D _{lim} (m)	1802 (264)	1921 (236)	-	ns
$\dot{V}O_{2max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	59,5 (2,8)	63,0 (2,8)	5,9	0,004
T _{UMTT} (min)	22,4 (1,8)	24,2 (1,4)	8,2	0,005

Tabla 3-16. Evolución de los parámetros antropométricos y funcionales (antes y después del entrenamiento). Se indican los valores medios, desviación típica, incremento significativo Δ , % y grado de significación de las diferencias (p) en la prueba *t* de Student Fisher (muestras relacionadas).

	Control (n=8)		Δ (%)	p
	Antes del entrenamiento	Después del entrenamiento		
Peso (kg)	71,5 (8)	70,9 (8,3)	-	ns
Grasa relativa (% Pc)	9,2 (1,7)	9,5 (1,8)	-	ns
CMJ (cm)	39,2 (4,6)	38,1 (4,2)	-	ns
CMJA (cm)	47,3 (6,1)	46,8 (5,8)	-	ns
VAM (km·h ⁻¹)	16,8 (0,6)	16,8 (0,4)	-	ns
T _{lim} (min)	5,9 (1,0)	6,0 (0,9)	-	ns
D _{lim} (m)	1656 (287)	1667 (402)	-	ns
$\dot{V}O_{2max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	59,0 (2,2)	58,6 (1,6)	-	ns
T _{UMTT} (min)	21,8 (1,2)	21,7 (0,8)	-	ns

Puede observarse como el rendimiento en la prueba de pista UMTT (VAM, T_{UMTT} y $\dot{V}O_{2max}$) experimentó cambios estadísticamente significativos solamente en los dos grupos experimentales, correspondiendo el mayor porcentaje de incremento al grupo de entrenamiento continuo.

3.4.3.3. DIFERENCIAS INTERGRUPOS EN LAS CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS, Y FUNCIONALES DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO

Se comprobaron las diferencias entre los grupos después del entrenamiento respecto a la totalidad de variables, obteniéndose los resultados que figuran en la tabla 3-17. Previamente se realizaron pruebas para garantizar la normalidad y la homogeneidad de cada uno de los grupos respecto a cada variable.

El análisis de la varianza (ANOVA) permitió comprobar la existencia de diferencias significativas entre los tres grupos ($p \leq 0,05$) en la VAM, $\dot{V}O_{2max}$ estimado y T_{UMTT} . No se obtuvieron diferencias significativas en el resto de los parámetros antropométricos o funcionales.

Tabla 3-17. Diferencias entre los tres grupos respecto a cada una de las variables estudiadas (ANOVA).

	Continuo	Interválico	Control	p
Peso (kg)	68,5 (1,8)	69,0 (7,4)	70,9 (8,3)	ns
Grasa relativa (% Pc)	9,1 (1,1)	9,0 (1,1)	9,5 (1,8)	ns
CMJ (cm)	38,2 (7,4)	37,2 (4,8)	38,1 (4,2)	ns
CMJA (cm)	46,2 (6,8)	45,0 (6,2)	46,8 (5,8)	ns
VAM ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	18,0 (1)	18,0 (0,8)	16,75 (0,4)	0,007
T_{lim} (min)	6,3 (1,2)	6,4 (0,8)	6,0 (1,6)	ns
D_{lim} (m)	1908(362)	1921 (236)	1667 (402)	ns
$\dot{V}O_{2max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	63,0 (3,5)	63,0 (2,8)	58,6 (1,6)	0,007
T_{UMTT}	24,3 (1,3)	24,2 (1,4)	21,7 (0,8)	0,003

Para la comprobación de las diferencias entre grupos respecto al peso corporal, se usaron pruebas no paramétricas (Kruskal Wallis), dado que en este caso la muestra se apartaba ligeramente de una distribución normal, no hallándose diferencias significativas entre los diferentes grupos (tabla 3-17).

Una vez comprobadas las variables en las que aparecían diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples (post hoc Scheffé), para identificar qué grupos y en qué medida diferían.

Como se muestra en la tabla 3-18, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos experimentales respecto al grupo control, en la VAM, en el $\dot{V}O_{2max}$ estimado y en la duración del UMTT (T_{UMTT}). Sin embargo **no se observaron diferencias significativas** ($p= 0,999$) **entre los grupos interválico y continuo**, en ninguna de las variables analizadas. Las diferencias entre el grupo continuo y el de control resultaron ligeramente menores que entre el interválico y el de control, en las tres variables analizadas (tabla 3-16).

Tabla 3-18. Diferencias intergrupos en el rendimiento en la prueba de pista (UMTT). Se indica el grado de significación (p) de la prueba post hoc de Scheffé.

Grupos	VAM	T_{UMTT}	VO_{2max} estimado
Continuo-Interválico	ns	ns	ns
Continuo-Control	0,031	0,013	0,031
Interválico-Control	0,017	0,008	0,017

La evolución de los parámetros relacionados con el rendimiento en el UMTT, se representan en las figuras 3-3 y 3-4. En la figura 3-3 se reflejan los incrementos significativos de la VAM en los grupos continuo e interválico, frente a la ausencia de significación estadística en el grupo control.

En la figura 3-4 se representan los cambios en el rendimiento máximo en el UMTT (T_{UMTT}), apreciándose el mayor nivel de significación estadística en el grupo continuo ($p=0,001$).

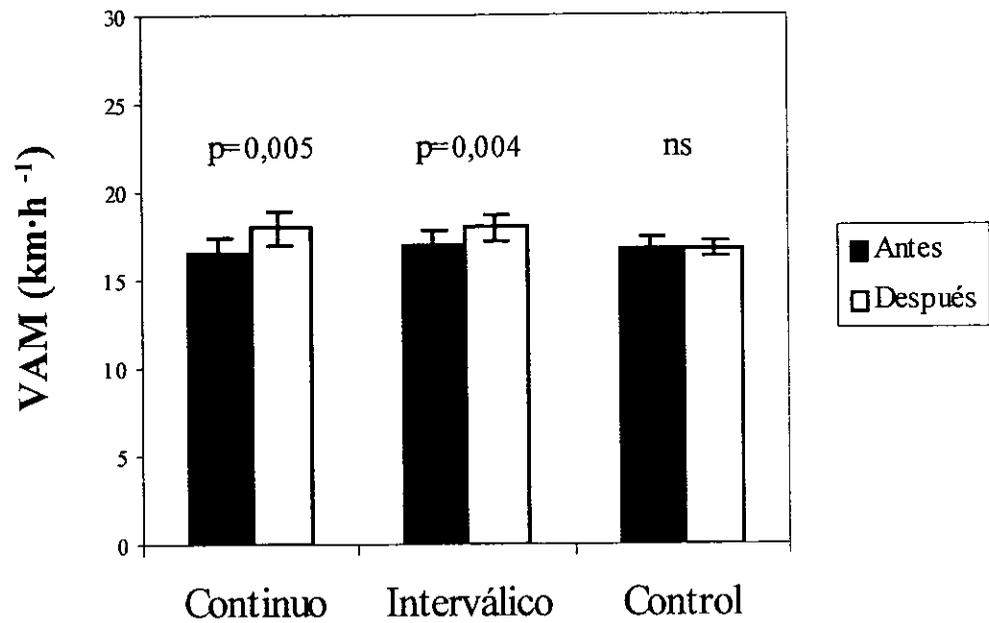


Figura 3-3. Evolución de la VAM en los diferentes grupos.

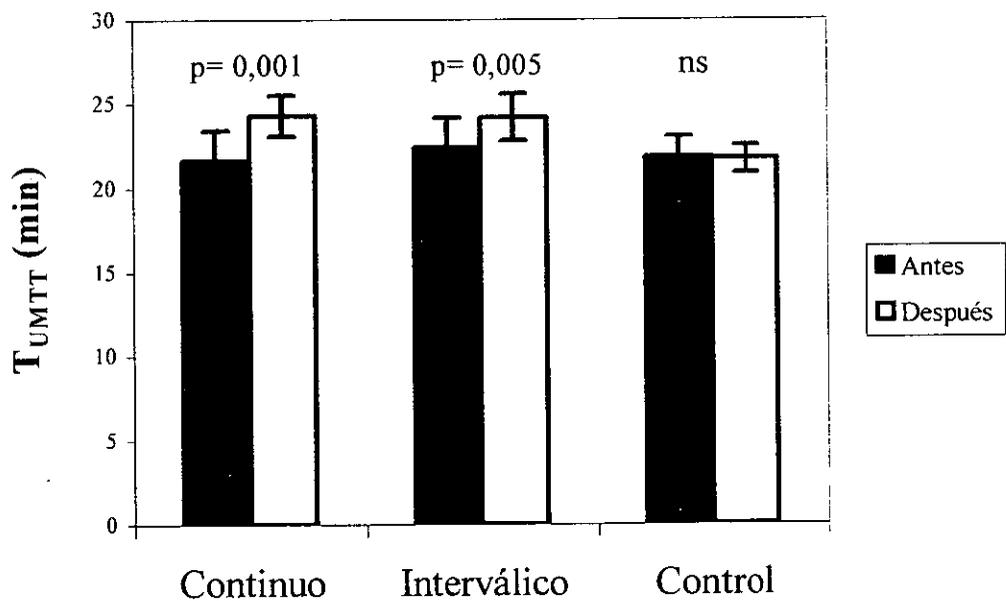


Figura 3-4. Evolución de la duración máxima en el UMTT (T_{UMTT}) en los diferentes grupos, antes y después del entrenamiento.

La figura 3-5 representa la evolución del T_{lim} a la VAM, el único parámetro relacionado en principio con el rendimiento en la carrera, que no experimentó cambios estadísticamente significativos. Las variaciones más elevadas en el T_{lim} , las experimentó el grupo continuo, con una disminución no significativa del 6,6 % ($p= 0,42$). En el resto de los grupos se mantuvo o incrementó sensiblemente, resultando un parámetro de gran variabilidad entre los sujetos, aunque bastante homogéneo en cuanto a la media de los grupos.

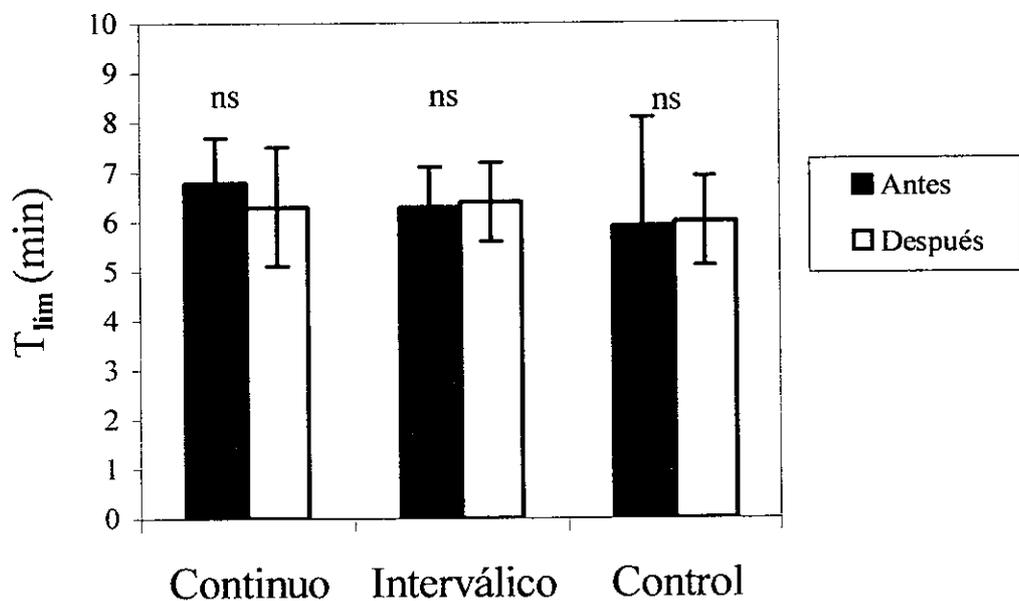


Figura 3-5. Evolución del tiempo límite a la VAM (T_{lim}) en los diferentes grupos.

3.4.3.4. EVOLUCIÓN LONGITUDINAL DEL RENDIMIENTO EN LA PRUEBA DE CARRERA EN PISTA (UMTT).

La evaluación intermedia de la VAM permitió comprobar la evolución a corto (cuatro semanas) y medio plazo (ocho semanas) de los parámetros de rendimiento en la prueba de pista (UMTT).

Tabla 3-19. Evolución de la VAM y T_{UMTT} después de 4 y 8 semanas en los grupos continuo e interválico. Se indican los valores medios, desviación típica y el porcentaje de incremento significativo.

	INICIAL		INTERMEDIA		FINAL	
	VAM ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	T_{UMTT} (min)	VAM ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	T_{UMTT} (min)	VAM ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	T_{UMTT} (min)
Continuo	16,6 (0,9)	21,7 (1,7)	17,6 (0,9)	23,6 (1,9)	18,0 (1)	24,3 (2,1)
Δ	-	-	6 %	8,7 %	2,3 %	2,9 %
Interválico	17,0 (0,8)	22,4 (1,8)	17,6 (0,9)	23,4 (1,9)	18,0 (0,8)	24,2 (1,4)
Δ	-	-	3,3 %	4,6 %	2,5 %	2,9 %

Las figuras 3-6 y 3-7 muestran la evolución longitudinal de la VAM y el T_{UMTT} en las tres pruebas de valoración efectuadas (inicial, intermedia y final).

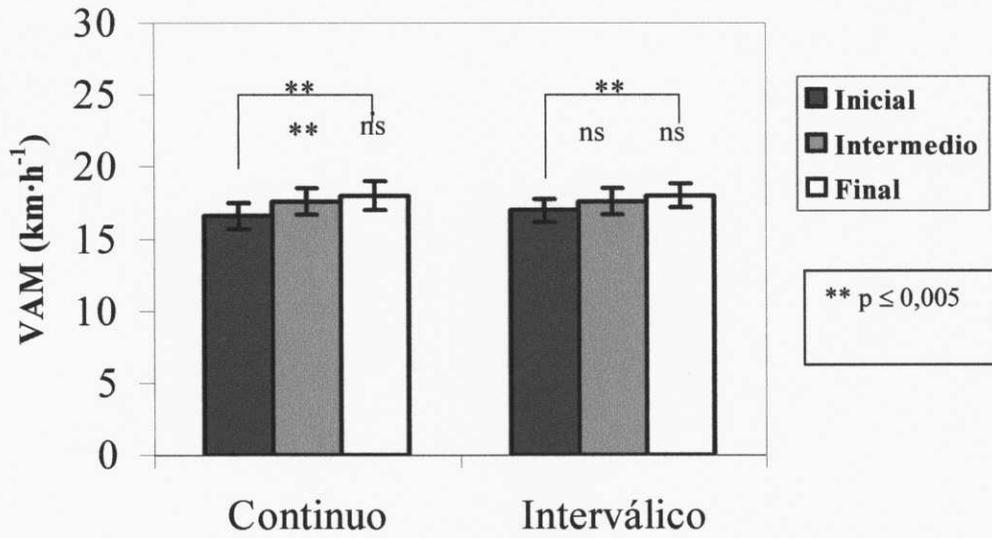


Figura 3-6. Evolución de la VAM inicial, intermedia y final en los dos grupos experimentales. Se indican las diferencias respecto de la prueba anterior y entre la prueba inicial y la final.

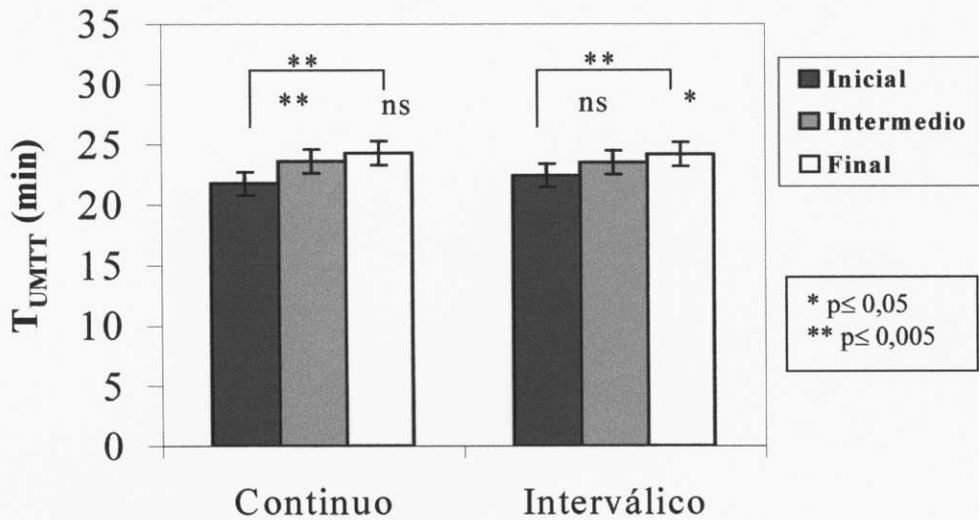


Figura 3-7. Evolución del T_{UMTT} inicial, intermedia y final en los dos grupos experimentales. Se indican las diferencias respecto de la prueba anterior y entre la prueba inicial y la final.

3.4.3.5. CORRELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS ANTRÓPOMÉTRICOS Y FUNCIONALES EN LOS GRUPOS EXPERIMENTALES

En las tablas 3-20 y 3-21 se presentan las matrices de correlación de las diferentes variables, en los dos grupos experimentales, antes y después del entrenamiento. Se destacan, además de las correlaciones existentes antes del entrenamiento en la muestra total, la correlación negativa de los parámetros de rendimiento en la carrera con el peso corporal y la grasa relativa.

Tabla 3-20. Matriz de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables, antes del entrenamiento en los grupos experimentales (n=12).

	Peso	Grasa rel.	CMJ	CMJA	VAM	T _{lim}	D _{lim}	T _{UMTT}
Peso	1,0							
Grasa rel.	0,7*	1,0						
CMJ	0,3	0,3	1,0					
CMJA	0,3	0,3	0,9**	1,0				
VAM	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	1,0			
T _{lim}	0,1	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	1,0		
D _{lim}	-0,6	-0,2	-0,3	-0,3	0,3	0,9**	1,0	
T _{UMTT}	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	0,9**	0,1	0,4	1,0

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Tabla 3-21. Matriz de correlación (r de Pearson) entre las diferentes variables, después del entrenamiento en los grupos experimentales (n=12).

	Peso	Grasa rel.	CMJ	CMJA	VAM	T _{lim}	D _{lim}	T _{UMTT}
Peso	1,0							
Grasa rel.	0,6*	1,0						
CMJ	0,3	0,2	1,0					
CMJA	0,3	0,2	0,9**	1,0				
VAM	-0,6*	-0,8**	-0,2	-0,3	1,0			
T _{lim}	0,3	0,4	0,7**	0,5	-0,3	1,0		
D _{lim}	0,1	0,2	0,6*	0,4	0,0	0,9**	1,0	
T _{UMTT}	-0,5	-0,8**	-0,2	-0,2	0,9**	-0,4	0,1	1,0

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

3.4.3.6. PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO EN EL T_{UMTT} FINAL EN FUNCIÓN DEL RENDIMIENTO INICIAL

En las figuras 3-8, 3-9 y 3-10 se representa la capacidad predictiva del rendimiento en el UMTT final a partir del rendimiento inicial, en base al análisis de regresión lineal de los datos.

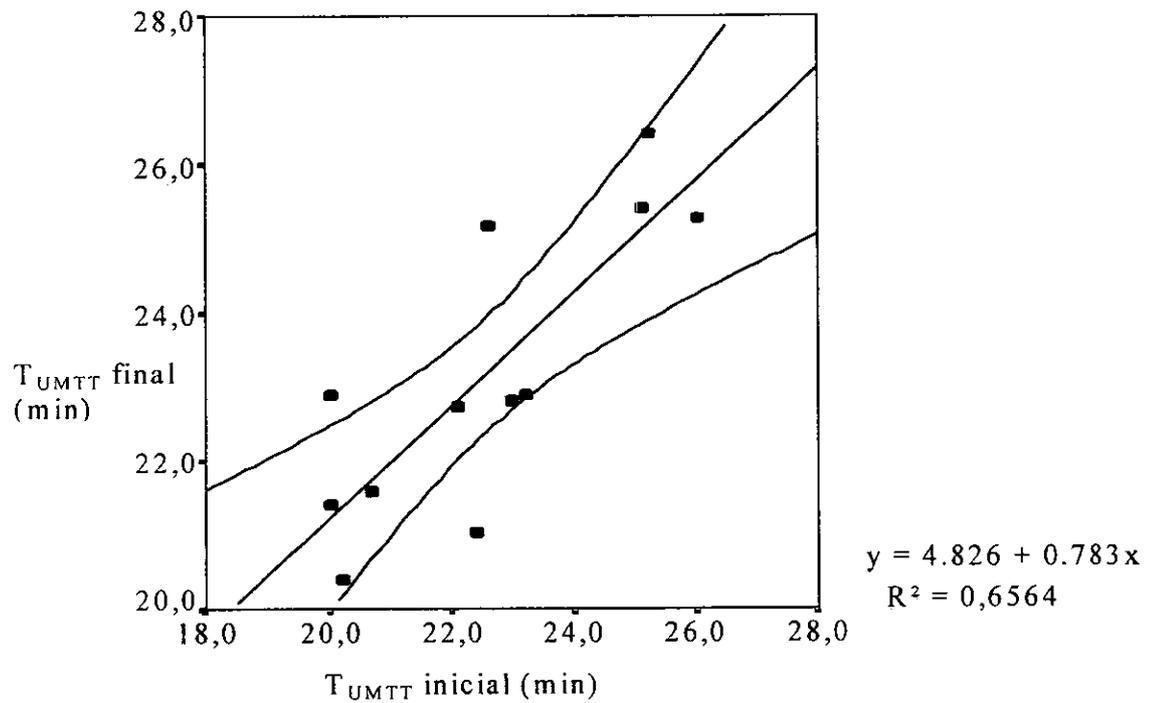


Figura 3-8. Predicción del rendimiento en la duración en el UMTT (T_{UMTT}) final en función de los valores iniciales en los dos grupos experimentales (continuo e interválico) ($n= 12$).

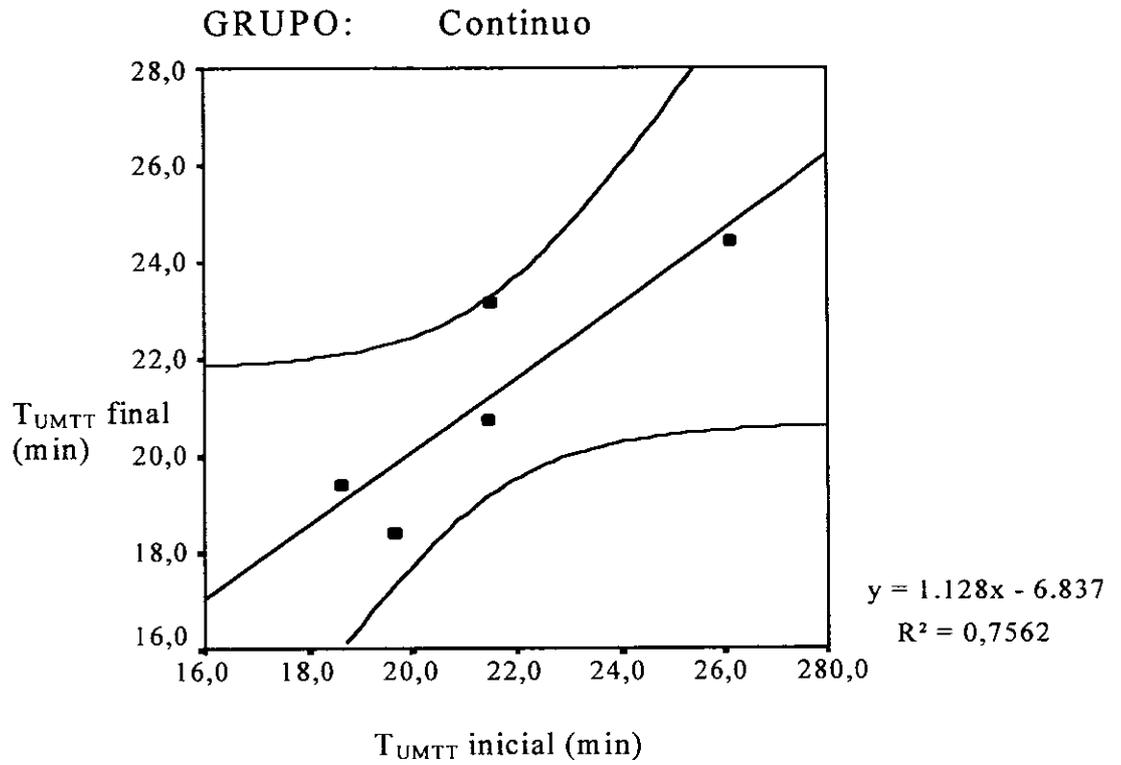


Figura 3-9. Predicción del rendimiento en el T_{UMTT} final en función de los valores iniciales en el grupo continuo (n= 5).

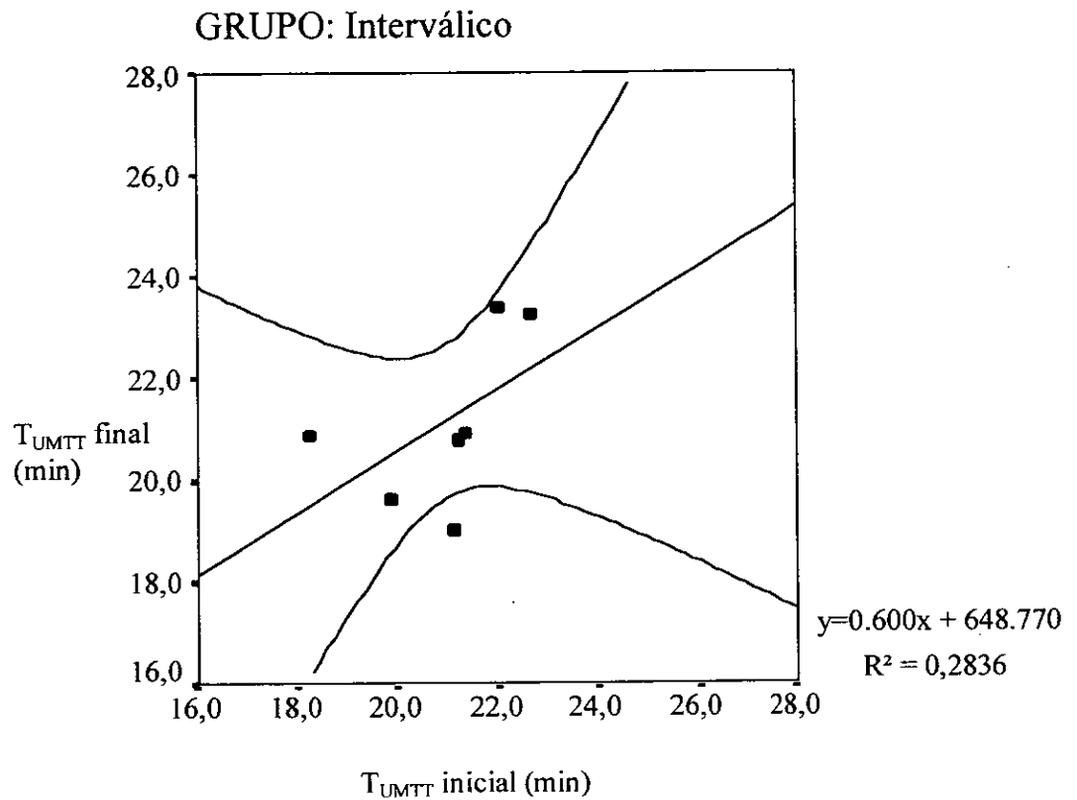


Figura 3-10. Predicción del rendimiento en el T_{UMTT} final en función de los valores iniciales en el grupo interválico (n= 7).

3.5. Discusión

3.5. DISCUSIÓN

3.5.1. SOBRE LA METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

En el planteamiento metodológico del estudio se optó por un diseño experimental, teniendo en cuenta los objetivos propuestos, las características de la muestra y los principios generales del entrenamiento. Para la fundamentación y justificación de cada uno de los aspectos metodológicos y procedimentales, se ha utilizado la información científica que aporta la bibliografía especializada.

Los principales aspectos a considerar en la metodología se pueden resumir en tres apartados:

- Características de los sujetos.
- Pruebas de valoración.
- Programación del entrenamiento.

3.5.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA

En la mayor parte de estudios experimentales en los que se ha intentado comprobar los efectos del entrenamiento de resistencia, la muestra elegida correspondía, frecuentemente, a sujetos sedentarios (Eddy y col. 1977; Gregory 1979; Bhambhani y Sing 1981; Thomas y col. 1984; Berry y Moritani 1985; Adeniran y Toriola 1985; Olsen y col. 1988; Gorostiaga y col. 1991; Overend y col. 1992). En ocasiones, también se han escogido muestras de sujetos activos (Chavarren 1996) o que realizaban práctica multideportiva (Tabata y col. 1996). En cualquier caso, la posibilidad de contar con deportistas entrenados para un estudio experimental, ha resultado y todavía resulta una tarea difícil por razones obvias.

En el presente estudio, la muestra participante se calificó como sujetos que realizaban práctica regular moderada, según la clasificación realizada por Baranda

(1995). Puesto que se trataba de sujetos moderadamente entrenados en resistencia y con la característica común de haber superado recientemente y con éxito, una prueba selectiva de resistencia, que consistía en recorrer una distancia de 2.400 m en menos de 9 min.

El análisis de los resultados correspondientes a la evaluación inicial confirmó que la población estudiada correspondía a sujetos moderadamente entrenados en resistencia. Un porcentaje de grasa corporal en torno al 9 %, sitúa al grupo claramente por debajo de la media de las poblaciones de varones universitarios en general, la cual se situó, en otros estudios, en el 15,3 % (McArdle y col. 1990). Algo parecido ocurrió con la capacidad de salto. Si se analizan las medias correspondientes a la muestra total, en el CMJ (38,54 cm) y, sobre todo, en el CMJA (47,02 cm), éstas se aproximan a las obtenidas por poblaciones de deportistas adultos, especialistas en fútbol, tenis, atletas de medio fondo, etc., cuya media se sitúa en torno a los 40 cm en el CMJ (Bosco 1994). En otros estudios realizados por Komi y Bosco (1978) con estudiantes de educación física, también se registraron valores medios parecidos (SJ= 19,2 y CMJ= 23,3 cm, para las mujeres y, de SJ=35,5 y CMJ=40,3 cm para los hombres) (García Manso y col. 1996).

Los resultados relativos al rendimiento en la carrera también alcanzaron los niveles esperados para este tipo de población. La media de los registros, tanto en la VAM como en la capacidad de mantenerla (T_{lim}), se encuentran entre los valores obtenidos por Billat y col. (1994a), en una población de especialistas en medio-fondo y fondo, mediante métodos directos (laboratorio), o por Berthoin y col. (1995, 1996a) en una población de adolescentes, mediante el UMTT.

El $\dot{V}O_{2max}$ estimado a partir de la VAM (UMTT, Léger y Mercier 1983), se situó entre los 56 y los 63 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Estos valores se sitúan por debajo de los obtenidos por los especialistas en deportes de resistencia (70-80 mL·kg⁻¹·min⁻¹) (Åstrand y Rodahl 1986).

La posibilidad de contrastar los valores de $\dot{V}O_{2max}$ con otras poblaciones se ve facilitada por los numerosos trabajos realizados en torno a este parámetro. Sin embargo, esta circunstancia no se produce en el caso de la VAM, puesto que son muy escasos los trabajos donde se ha estudiado. Destaca el realizado por Berthoin y col (1996a), quienes aplicaron el UMTT a 1.448 escolares de ambos sexos entre 6 y 17 años, obteniendo medias de VAM entre 9 y 14.5 km·h⁻¹. Otros, como Lacour y col. (1991), en una muestra de atletas adultos especialistas en medio fondo, obtuvieron una media de 21,6 km·h⁻¹ en el test UMTT modificado por Brue (1985), mientras que la media del $\dot{V}O_{2max}$, determinado en el laboratorio, resultó ser de 70,1 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Estos resultados, tanto de la VAM como del $\dot{V}O_{2max}$ estimado, coinciden con los obtenidos por de Billat y col. (1994c) sobre tapiz rodante (laboratorio) en un tipo de población similar (fondistas franceses).

En el presente estudio, los valores de la VAM y el $\dot{V}O_{2max}$ estimado fueron de 16,85 km·h⁻¹ y 59,0 mL·kg⁻¹·min⁻¹, respectivamente. Al tratarse de adultos que realizaban práctica deportiva moderada, los valores se situaron en una zona intermedia entre las halladas por Berthoin y col. (1996a) (escolares) y Billat y col. (1994 b, 1994c) o Lacour y col. (1991) (atletas).

El tiempo límite a la VAM (T_{lim}) se situó, en el presente estudio, entre los 4 min y los 8 min (media = 6,2 min). Estos tiempos de mantenimiento coinciden con los hallados por Barthoin y col. (1996) en escolares masculinos de 17 años (T_{lim} = 6,1 min) y también con los observados por Billat y col. (1994b, 1994c) en fondistas adultos masculinos o por Hill y Rowell (1997) en medio fondistas adultas femeninas. Se evidencia por lo tanto en este parámetro cierta independencia respecto a las características de los sujetos estudiados.

3.5.1.2. PRUEBAS DE VALORACIÓN

a) Prueba de carrera en pista (VAM, VO_{2max} estimado, T_{UMTT})

Para determinar la VAM y parámetros relacionados se optó por la aplicación de una prueba de campo, la prueba de carrera en pista de la Universidad de Montreal (UMTT) (Léger y Boucher 1980). El UMTT es una prueba con un protocolo de fácil aplicación, especialmente recomendable para la valoración de sujetos poco entrenados (Berthoin y col. 1995 y 1996ab). Para su administración a atletas especialistas en resistencia, además del desarrollo tras ciclista, Brue (1985) introdujo otras modificaciones en el protocolo original, la más relevante de las cuales fue la aplicación de incrementos de $0,25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 30 s. Estos pequeños incrementos de velocidad permiten la obtención de una VAM con fracciones de $0,25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sin la necesidad de realizar extrapolaciones, lo que posibilita una mayor diferenciación interindividual. Pero el problema de la variante de Brue (1985) es precisamente la dificultad que presenta la ejecución precisa de su protocolo, con incrementos tan pequeños y frecuentes.

Algunas formas sencillas que se proponen para precisar más la VAM obtenida con el protocolo original, sería simplemente, incrementar $0,25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 30 s que el sujeto sea capaz de soportar en el siguiente estadio no completado. Todavía se precisaría e individualizaría más la VAM si se registrase la velocidad media obtenida en los últimos dos minutos del test, sea cual sea el instante de la finalización (Léger 1999).

Todas estas posibilidades podrían ser válidas, ya que parecen mantener la validez y fiabilidad del protocolo original, permitiendo cuantificar el tiempo de carrera mantenido por el sujeto en el último estadio no completado. Sin embargo las diferentes adaptaciones, en un intento de precisión excesiva, pueden desvirtuar la validez interna del test, sobrestimando la VAM respecto al método directo (Lacour y

col. 1991), la cual se define como la velocidad mínima necesaria para obtener el $\dot{V}O_{2max}$. Por lo tanto, a la hora de la prescripción individualizada del entrenamiento de resistencia en atletas de competición, cualquiera de estas fórmulas podría resultar adecuada. En cambio en sujetos no especialistas en resistencia podría resultar más adecuado respetar el protocolo original para la determinación de la VAM, registrando además la duración total en el UMTT (T_{UMTT}) como un dato complementario, indicativo del nivel máximo de resistencia.

A este respecto, Lacour y col. (1989) encuentran una escasa correlación entre la VAM obtenida mediante el protocolo de Brue y el $\dot{V}O_{2max}$, detectando una sobrevaloración del $\dot{V}O_{2max}$ cuando aplican la ecuación: $\dot{V}O_{2max} \text{ (mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = 1,353 + 3,163 V \text{ (km}\cdot\text{h}^{-1}) + 0,0122586 V^2 \text{ (km}\cdot\text{h}^{-1})$ (Léger y Mercier 1983). La conclusión fue que los sujetos, en la prueba de Brue, continuaban corriendo después de alcanzar el $\dot{V}O_{2max}$, circunstancia evidenciada por los niveles finales de lactato ($12,9 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} \pm 1,9$). Estas circunstancias les hacen reflexionar sobre la conveniencia de utilizar el protocolo original (UMTT), cuando escriben: *“Esta sobrevaloración puede atenuarse, si como propusieron los autores del Université Montreal track test (Léger y Boucher 1980), se atribuye un rendimiento en términos de velocidad ligeramente inferiores a la realmente observada (VMA = media de las velocidades en el último estadio de dos minutos).”* (Lacour y col. 1989, p. 5).

La validez y fiabilidad del UMTT en la predicción del $\dot{V}O_{2max}$ ha quedado demostrada en los trabajos realizados por Léger y Boucher (1980). Estos autores en su estudio concluyen que el UMTT es preciso, válido, fiable, y seguro para adultos jóvenes y de mediana edad, varones y mujeres, tanto si están entrenados como si no.

La validez del UMTT para determinar la velocidad mínima en la que se obtiene el $\dot{V}O_{2max}$ (VAM) se demostró más tarde (Lacour y col. 1991), resultando en la actualidad una de las pruebas de campo más fiables en la determinación de la VAM y la estimación del $\dot{V}O_{2max}$. Aun así su margen de error ha sido determinado,

puesto que según la fórmula de Léger y Mercier (1983) a una VAM de $21,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (fondistas franceses, $\dot{V}O_{2\text{max}} = 70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) le correspondería un $\dot{V}O_{2\text{max}}$ de $75,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, esta circunstancia llevó a Lacour y col. (1991) a concluir que el test UMTT podría sobrestimar el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ un 5 % en el caso de atletas entrenados.

Independientemente de la ventaja que supone la posibilidad de estimar el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ mediante una prueba de campo, en la VAM se ponen de manifiesto las posibilidades de desempeño mecánico de un sujeto a la máxima potencia aeróbica (eficiencia mecánica a la potencia aeróbica máxima), además de suponer un buen parámetro de referencia en la prescripción del entrenamiento. El registro de la duración total en el UMTT (T_{UMTT}) puede ser un parámetro complementario para contrastar la evolución del deportista, pudiendo proporcionar información sobre su capacidad anaeróbica láctica.

Existen más datos acerca de la VAM obtenidos a partir de otros estudios realizados en el laboratorio sobre cinta rodante, como por ejemplo el de Billat y col. (1994b), en que la media de la VAM, en un grupo de atletas varones especialistas en fondo fue de $21,25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. En este caso, la media del $\dot{V}O_{2\text{max}}$ fue de $69,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. También hay que destacar los trabajos de Hill y Rowel (1997), los cuales determinaron la VAM y el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ en una muestra de atletas femeninas, encontrando unos valores medios de $16,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y $52,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente. Estos datos parecen confirmar las conclusiones de Lacour y col. en cuanto al porcentaje de sobreestimación del $\dot{V}O_{2\text{max}}$.

Hay que recordar que la VAM es un parámetro que tiene gran relación con el $\dot{V}O_{2\text{max}}$, pero hay otros factores de los depende, aunque todavía no bien identificados (economía de carrera, umbral anaeróbico, capacidad láctica, etc.). Esta circunstancia podría ser la causa de que la correlación existente entre la VAM y el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ no siempre sea alta ($r = 0,57$) (Lacour y col. 1989). Por lo tanto la estimación del $\dot{V}O_{2\text{max}}$

a partir de la VAM obtenida en el UMTT, podría tanto subestimarlos como sobrestimarlos, según las características de los sujetos analizados. En las pruebas ergoespirométricas, son frecuentes los casos de sujetos que alcanzan un $\dot{V}O_{2max}$ similar con velocidades de carrera distintas, utilizando el mismo protocolo de determinación.

También parece probable que la determinación final de la VAM dependa del protocolo, sin embargo todavía no se conoce en qué medida puede influir éste en la magnitud final de la VAM. En esta línea, Billat y col. (1996) realizaron un trabajo para comprobar los efectos del protocolo en la determinación de la VAM, concluyendo que pequeñas variaciones en el protocolo no afectan a su determinación. Sin embargo, en el estudio de Billat y col. (1996) los dos protocolos utilizados sólo eran distintos en cuanto a las velocidades y a los estadios de incremento ($1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 2 min y $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 1 min, respectivamente), siendo idéntica la duración total del protocolo, con lo cual todavía no se conoce la magnitud de la repercusión de un protocolo largo frente a otro más corto.

En la determinación directa de la VAM, tanto Billat y col. (1994a), como Hill y Rowel (1997), utilizaron protocolos parecidos entre sí, pero sensiblemente diferentes a los que emplea el UMTT. De todos modos, si aplicamos la fórmula de Léger y Mercier (1983), a la VAM obtenida de forma directa en los diferentes estudios, resulta un consumo de O_2 sobrestimado en un 5-10 %, coincidiendo con las conclusiones de Lacour (1991), para poblaciones de atletas entrenados.

b) Prueba de tiempo límite a la VAM (resistencia a la VAM) (T_{lim} , D_{lim})

La prueba de determinación del tiempo límite (T_{lim}) o distancia límite (D_{lim}) a la VAM no debe presentar ningún problema metodológico, aparte de la necesidad de mantener la VAM individual de cada sujeto constante. De todos modos, se han descrito protocolos de determinación, tanto en tapiz rodante (Billat y col. 1994b,

1994c, 1994d; Hill y Rowell 1996, 1997), como en pista (tras ciclista), a partir de la VAM obtenida en el UMTT (Gaçon 1991; Berthoin 1996a).

No obstante, de la información obtenida acerca del T_{lim} parece derivarse una independencia respecto al nivel de preparación de los sujetos, sin relación con el nivel de $\dot{V}O_{2max}$ la VAM, o el grado de preparación del deportista. Billat y col. (1994c) hallaron además una relación inversa entre la VAM y el tiempo límite a la VAM (T_{lim}).

Los valores del T_{lim} del presente estudio tampoco correlacionaron significativamente con la VAM, ni antes ni después del entrenamiento, tendiendo esta relación, como en los estudios de Billat y col., a valores negativos ($r = -0,31$, $p > 0,05$)

El presente estudio es consistente con otros trabajos (Billat y col., 1994b, 1994c; Kachouri y col. 1996) en los que se revelan unas características del T_{lim} que permiten definirlo como un parámetro independiente del rendimiento aeróbico de los sujetos, no presentando correlación positiva ni con la VAM, ni con el $\dot{V}O_{2max}$, caracterizándose además por un alto nivel de variabilidad entre sujetos. Algunas de estas observaciones indujeron a Kachouri y col. (1996) a plantear un estudio sobre el T_{lim} a la VAM y a concluir que el T_{lim} es un parámetro de escasa utilidad como indicador de la condición aeróbica. Esta conclusión resulta convincente si este se considera independientemente de la VAM, pero si se utiliza como un dato complementario de la VAM alcanzada por un determinado sujeto, puede resultar de interés para valorar el rendimiento individual, ya que sería indicador de otro tipo de factor condicional aún por determinar (capacidad anaeróbica, economía de carrera, umbral anaeróbico, etc.). En este sentido ya se ha demostrado su correlación con el umbral de lactato (Billat y col. 1994c). Existen otros factores en relación con este parámetro que resultan de gran interés, a la hora de definir el perfil funcional de un deportista. Así, la capacidad de soportar una carrera a un determinado porcentaje de

la VAM o capacidad aeróbica (Navarro 1998), se convierte en otro factor a considerar en la predicción de los resultados en pruebas de resistencia y que ya ha sido muy estudiado por Billat y col. (1995). También la distancia límite a la VAM (D_{lim}) puede añadirse para completar la información sobre del T_{lim} , dado que la D_{lim} es un parámetro, que en principio, ofrece menor variabilidad interindividual que el T_{lim} .

Tanto en lo que se refiere a la VAM como al T_{lim} , la información obtenida procede de estudios transversales de diferentes tipos de poblaciones, por lo que no se dispone de información sobre otros estudios de tipo longitudinal, donde se trate de investigar los efectos de un determinado método de entrenamiento sobre estos dos parámetros.

c) Prueba de salto (fuerza elástico-explosiva)

La relación entre el entrenamiento de fuerza y de resistencia es un aspecto que ha preocupado siempre a entrenadores e investigadores (Hickson y col. 1980, 1988; Bell y col. 1988; Marcinik y col. 1991; García Manso y col. 1993; Paavolainen y col. 1991; Hennessy y Watson 1994). A partir de los diferentes trabajos de investigación se advierte que tanto el entrenamiento de resistencia como el entrenamiento de la fuerza, planteados de forma unilateral, interfieren negativamente en la capacidad no requerida. Aunque todavía se precisa nueva información que permita conocer aspectos más concretos de esta relación.

Se han comprobado repercusiones positivas del entrenamiento simultáneo de resistencia y fuerza en la mejora de la resistencia de corta o media duración (Marcinik y col. 1991; García Manso y col. 1993). Sin embargo no se ha descrito ningún beneficio sobre los niveles de fuerza máxima o rápida, cuando se suma al entrenamiento de fuerza un entrenamiento de resistencia.

La influencia negativa del entrenamiento de fuerza sobre el nivel de resistencia puede justificarse fisiológicamente en base a un aumento de la masa muscular, que a su vez repercutirá sobre el consumo máximo de oxígeno relativo (Mac Dougall y col. 1995). Mientras que los efectos negativos del entrenamiento de resistencia sobre el nivel de fuerza, podrían atribuirse a un descenso de la masa muscular o a otros aspectos de tipo neuromuscular. Estos efectos negativos de una capacidad sobre la otra podrían atenuarse mediante un entrenamiento racional y simultáneo de las dos (Hickson y col. 1980; Bell y col. 1988).

La interferencia que el entrenamiento de cada una de estas dos capacidades puede ejercer sobre la otra, parece no ofrecer dudas desde un punto de vista genérico. Pero es necesario concretar estos efectos, tanto en las diferentes manifestaciones de cada capacidad como en el método de entrenamiento aplicado.

En el ámbito del entrenamiento, un descenso en la capacidad de salto, en ocasiones se ha asociado a la realización de un gran volumen de entrenamiento de resistencia. Sin embargo, en un estudio realizado por Adeniran y Toriola (1988) con chicas adolescentes, después de aplicar entrenamiento interválico y continuo durante ocho semanas a grupos distintos, se obtuvo un incremento significativo en el salto vertical. Estos resultados pudieron ser debidos a la edad de la muestra (etapa de pleno desarrollo). En otros sujetos más entrenados y de mayor edad los resultados podrían ser distintos. Así, en un estudio realizado por Hennessy y Watson (1994) con jugadores de rugby, también durante ocho semanas, se observó un incremento significativo del salto vertical en el grupo que había realizado entrenamiento de fuerza, sin embargo, los grupos que realizaron entrenamiento de resistencia o de fuerza resistencia no experimentaron ningún cambio significativo en la capacidad de salto.

Uno de los objetivos del presente estudio fue comprobar la influencia del entrenamiento de resistencia en el rendimiento en el salto vertical, además de comparar los efectos del método continuo e interválico.

Para evaluar el rendimiento en el salto vertical se utilizó la plataforma de contactos de Bosco (Ergo-jump). Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, la plataforma de Bosco representa una de las formas más fiables y sencillas de medir el salto vertical y determinar el nivel de fuerza explosiva o explosivo-elástica, en ausencia de la plataforma dinamométrica (mucho menos asequible).

Dentro de las pruebas utilizadas en la plataforma de Bosco, destacan el “squat jump” (SJ), el “countermovement jump” (CMJ), el “drop jump” (DJ) y la “reactividad” o salto continuo (Bosco 1994). Otra de las pruebas de salto que también pueden realizarse en la plataforma de Bosco es el salto de Abalakov (CMJA), que suma la acción de los brazos al contramovimiento. Se trata de una acción motriz de salto global y espontánea que se pone de manifiesto en diversas especialidades deportivas.

En el presente estudio se realizaron, en un principio, el SJ, CMJ, Abalakov y salto continuo (15 s), aunque finalmente se decidió prescindir de los resultados en el SJ y salto continuo por dos razones:

1º. Tanto el SJ, como el salto continuo requieren un gran nivel en su ejecución para obtener resultados fiables. La dificultad observada en el grupo para realizar el SJ sin contramovimiento previo y, los problemas de equilibrio (desplazamientos laterales) para realizar el salto continuo, desaconsejaron la inclusión de los registros.

2°. La validez del CMJ y el CMJA para expresar por si solos la capacidad de salto vertical y de fuerza explosivo-elástica, unidos a la sencillez y naturalidad en su ejecución.

En otros estudios donde se investigaron los efectos del entrenamiento de resistencia sobre la capacidad de salto, esta también se evaluó a través del salto vertical (sin plataforma de contactos) (Adeniran y Toriola 1988; Hennessy y Watson 1994).

3.5.1.3. PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

a) Programación de la intensidad del entrenamiento

La programación general del entrenamiento en el presente estudio abarcó una amplia “zona de intensidad” aeróbica, aproximadamente entre el 60% y el 100% del $\dot{V}O_{2max}$, utilizando la VAM como parámetro de referencia en la prescripción de la intensidad del entrenamiento, al considerarla como la manifestación mecánica del $\dot{V}O_{2max}$.

Partiendo de la relación lineal del incremento de la velocidad (VAM) y el $\dot{V}O_{2max}$ (Åstrand y Rodahl 1986; Lacour y col. 1989), se consideró la VAM y los porcentajes respecto a esta, como representativos del $\dot{V}O_2$ del sujeto. Sobre este particular, Lacour y col. (1991) en una población de atletas especialistas en resistencia, comprobaron que la velocidad en el umbral anaeróbico se correspondía con el 86 % de la VAM. Este aspecto representa un nuevo referente en la orientación del entrenamiento.

A la vista de todos estos factores, la carrera continua se programó con tres intensidades, 65, 70 y 75 % de la VAM (Gaçon 1991), con la intención de estimular una “zona de intensidad” inmediatamente por debajo del umbral anaeróbico teórico

(Mader 1978; Brandet 1988; Bompa 1990). La carrera a estas intensidades puede realizarse de forma continua, efectuando un volumen de entrenamiento suficiente. La energía utilizada para la realización del esfuerzo debería de provenir, casi exclusivamente, del metabolismo aeróbico. Por lo tanto, podría calificarse como entrenamiento de la resistencia aeróbica (Åstrand y Rodahl 1986) o de eficiencia aeróbica (Navarro 1998).

La velocidad del umbral anaeróbico, como ya se ha comentado en capítulos anteriores, supone una intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima del cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración del lactato en sangre, a la vez que la ventilación se intensifica también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido (Wasserman 1991). Sujetos entrenados pueden soportar esfuerzos continuos a una intensidad del 80 % del $\dot{V}O_{2max}$ durante más de una hora; sin embargo, los sujetos no entrenados no son capaces de soportarlos durante 30 min (Hollman y Hettinger 1983; Platonov 1991).

El método interválico se utilizó para la programación de las intensidades al 90, 95 y 100 %, de la VAM, intentando afectar a una "zona de intensidad" claramente por encima del umbral anaeróbico, de potencia aeróbica máxima o submáxima (Åstrand y Rodahl 1986). La carrera a estas intensidades presenta dificultades para ser mantenida de forma continua, siendo preciso fraccionar la distancia para realizar una carga de entrenamiento suficiente. La energía requerida, en este caso, provendría en parte del metabolismo anaeróbico, pudiendo ser calificado el entrenamiento de aeróbico-anaeróbico (Zintl 1991), de potencia aeróbica (Åstrand y Rodahl 1986) o de capacidad aeróbica (Navarro 1998).

En otros estudios sobre el tema realizados por Eddy y col. (1977) también se efectuó el entrenamiento continuo al 70 % del $\dot{V}O_{2max}$ y el interválico al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$. Posteriormente, los demás trabajos en esta línea (Bhanbhani y Singh 1985;

Overend y col. 1992) también coinciden en torno a estas intensidades, para programar el entrenamiento continuo e interválico.

Overend y col. (1992), realizaron el entrenamiento continuo al 70-80 % del $\dot{V}O_{2max}$ y el interválico con dos intensidades (100 y 120 %), en ambos casos igualando la carga externa de los dos grupos de entrenamiento. Gregory (1979) utiliza como criterio de intensidad la frecuencia cardíaca, tomando unos valores lógicos de referencia, que en el caso de la carrera continua fueron de 162 pulsaciones por minuto y de 172 pulsaciones por minuto para el interválico. En el presente estudio, se consideró más adecuado tomar la velocidad de carrera como indicador de intensidad, dado que puede aplicarse fácilmente a partir de la VAM y supone un parámetro fácil de individualizar. Además, según ciertos autores (Léger 1999), la frecuencia cardíaca podría no ser un indicador adecuado de la carga interna, cuando el esfuerzo se realiza por encima del 80 % del $\dot{V}O_{2max}$.

b) Programación de la duración y el volumen del entrenamiento

En el entrenamiento interválico, las duraciones del esfuerzo fueron de 2, 3 y 4 min, para garantizar una alta participación aeróbica. En estudios realizados por Åstrand y Rodahl (1986), se puso de manifiesto que con periodos de trabajo de 3 minutos interrumpidos por periodos de reposo de 3 minutos, la carga sobre los órganos de transporte de oxígeno era máxima y el grado de esfuerzo era particularmente alto.

La razón de la aplicación de tres distancias o duraciones diferentes se acordó en base al hecho de que, en las investigaciones con entrenamientos por intervalos utilizando distancias largas, cortas y combinando ambas, se obtuvieron mejoras del $\dot{V}O_{2max}$ en todos los grupos evaluados, pero el grupo que mejor resultados obtuvo fue el que utilizó las distancias mixtas (Fox y col. 1977). Además, los tres tipos de intensidades planteadas en cada uno de los métodos, persiguen la realización de un

entrenamiento más completo, más parecido a la situación real de entrenamiento (validez ecológica) y menos monótono (principio de multilateralidad o de variación de la carga).

Para el intervalo de recuperación incompleta se adoptó una relación trabajo pausa de 1:1 (Eddy 1977; Gregory 1979; Bhambhani y Singh 1985; Adeniran y Toriola 1988). McArdle (1990) también recomienda una relación del trabajo y descanso de 1:1 ó de 1:1.5, para entrenar el sistema aeróbico.

Para la programación del volumen de las sesiones de entrenamiento se consideró que, tratándose de sujetos no entrenados, su umbral anaeróbico estaría por debajo del 80 % del $\dot{V}O_{2max}$ (Hollmann y Hettinguer 1983; Åstrand y Rodahl 1986), y que los esfuerzos continuos iniciales a esta intensidad no deberían prolongarse más de 20 o 25 min (Platonov 1990; Zintl 1991).

Los principales trabajos de investigación realizados hasta el momento con la aplicación de estos métodos plantearon una duración del periodo de entrenamiento que oscila entre las seis y las diez semanas (Eddy y col. 1977: 7 semanas; Gregory 1979: 6 semanas; Adeniran y Toriola 1988: 8 semanas; Gorostiaga y col. 1991: 8 semanas; Overend y col. 1992: 10 semanas), encontrándose en todos los casos cambios significativos, como consecuencia del entrenamiento.

Se acordó una duración total de ocho semanas para organizar las diferentes cargas de entrenamiento, teniendo en cuenta que ya con una o dos semanas de entrenamiento se observaron mejoras significativas en la condición cardiovascular y la capacidad aeróbica (Durnin y Womersley 1974) y que además para las personas relativamente sedentarias, las mejoras conseguidas con el entrenamiento ocurren rápidamente y continúan de manera relativamente constante (McArdle 1990).

Con ocho semanas de entrenamiento, además de garantizar las transformaciones específicas como consecuencia de la realización del entrenamiento, se consigue una estructuración adecuada de las cargas, distribuyéndola en dos mesociclos de 4 semanas, respetando el principio de periodización del entrenamiento.

d) Programación de la frecuencia del entrenamiento

Los programas de entrenamiento establecidos se realizaron tres días a la semana en días alternos. La adopción de esta fórmula de organización no representa un gran nivel de trascendencia, pero es la más recomendable (McArdle 1990; Meléndez 1995). En cuanto a la adopción de las tres sesiones semanales, estudios realizados por Fox y Mathews (1974) demostraron que un entrenamiento de dos días a la semana producía unos cambios en el $\dot{V}O_{2max}$ similares a los observados con un entrenamiento de cinco días a la semana. En sujetos poco entrenados, los beneficios mayores se encontraron entre 3 y 5 sesiones semanales, recomendándose por lo tanto tres sesiones en el caso de sujetos no entrenados (Åstrand y Rodahl 1986).

Tabla 3-22. Protocolos de entrenamiento en varios estudios donde se comparaban los efectos del entrenamiento continuo e interválico.

Estudio y volumen de la muestra (n)	Población estudiada	Tipo de ejercicio, frecuencia y período de entrenamiento	Interválico		Continuo	
			Relación trabajo-pausa (min:min)	Intensidad y parámetro de referencia	Duración mínima y máxima (min)	Intensidad y parámetro de referencia
Eddy y col.(1977) (14) *	Adultos sedentarios	Cicloergómetro 4 días/7 sem	1:1	100 % $\dot{V}O_{2max}$	12-30	70 % $\dot{V}O_{2max}$
Gregory (1979) (16) *	♂ y ♀ Adultos sedentarios	Carrera 5 días/6 sem	4:4	Fc: 174 Lat·min ⁻¹	15-20 (2 millas)	Fc: 162 Lat·min ⁻¹
Bhambhani y Sing (1985) (40) *	♂ Adultos sedentarios	Cicloergómetro 3 días/8 sem	1:1	100 % $\dot{V}O_{2max}$	30 y 19	50 y 75 % $\dot{V}O_{2max}$
Berry y Moritani (1985) (29) *	♂ Adultos sedentarios	Carrera 5 días/5sem	No se describe	85-95 % fc de reserva	1.6 a 4.8 km	60-70 % fc de reserva
Poole y Gaesser (1985) (17) *	♂ Adultos sedentarios	Cicloergómetro 3 días/8 sem	2:2	105 % $\dot{V}O_{2max}$	55 y 35	50 y 70 % $\dot{V}O_{2max}$
Gorostiaga y col. (1991) (12) *	♂ Adultos sedentarios	Cicloergómetro 3 días/8 sem	0,5:0,5	100 % W_{max}	30	50 % W_{max}
Overend y col. (1992) (12) *	♂ y ♀ Adultos sedentarios	Cicloergómetro 4 días/10 sem	0,5-0,5 y 3-2	120 y 100 % $\dot{V}O_{2max}$	40	70-80 % $\dot{V}O_{2max}$
Presente estudio (n= 22) *	♂ Adultos moderadamente entrenados	Carrera 3 días/8 sem	2:2 3:3 4:4	100-95-90 % VAM	16 a 40	75-70-65 % VAM

* Estudios en los que se equiparó la carga externa entre los dos métodos.

3.5.2. SOBRE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONTINUO E INTERVÁLICO

El objetivo principal de la investigación era comprobar las diferencias entre el método continuo y el interválico respecto a la VAM y el T_{lim} a la VAM. Pero en un intento de precisar más las repercusiones de estos métodos, se analizaron las probables diferencias en tres ámbitos distintos:

- Composición corporal
- Rendimiento en el salto
- Rendimiento en la carrera (T_{UMTT} , VAM, T_{lim} y $\dot{V}O_{2max}$)

3.5.2.1. SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

El peso corporal descendió de forma significativa en la totalidad de los sujetos que constituían los dos grupos experimentales. Sin embargo, ni en el grupo continuo ni en el interválico, por separado, se observaron diferencias estadísticamente significativas. Tampoco el grupo control. El porcentaje de grasa corporal no experimentó cambios estadísticamente significativos ni en la muestra total ni en los diferentes grupos de entrenamiento.

Wilmore y col. (1970), en una muestra de hombres (17-59 años), después de diez semanas de entrenamiento de carrera continua, tres días a la semana, encontraron cambios en el peso corporal y en el porcentaje de grasa de 1,01 kg (1,11 % del Pc). Estos cambios, que los autores calificaron de *relativamente pequeños*, se atribuyeron a una duración demasiado corta del programa de entrenamiento y al nivel inicial de grasa relativa del grupo (18,9 % del Pc). Resultados parecidos (2,5 % del Pc) a los anteriores se observaron, después de 20 semanas de entrenamiento, tanto en la reducción del peso, como en la grasa relativa, cuando la media del porcentaje de grasa inicial se situó en torno al 13-14 % (Milesis 1976).

El hecho de que no se apreciaran cambios estadísticamente significativos en el porcentaje de grasa corporal, a lo largo de las ocho semanas de entrenamiento, puede obedecer al bajo porcentaje de grasa de la muestra (9 % de grasa corporal) y al hecho de que, en una muestra de sujetos *moderadamente entrenados*, 8 semanas de entrenamiento no afecten a la grasa corporal de forma apreciable. Así las variaciones del porcentaje de grasa no resultaron estadísticamente significativas ni respecto a la totalidad de la muestra, ni en el grupo continuo, ni en el interválico.

Las pequeñas diferencias que se dan en el peso podrían ser atribuidas al descenso del componente muscular, circunstancia que resultó más evidente en el grupo que entrenó de forma continua. Aún así, no se diferenció de forma significativa del grupo interválico. Es necesario comentar que el grupo control se comportó respecto a la evolución de la composición corporal de forma similar al grupo interválico, no habiendo realizado ningún tipo de entrenamiento de resistencia. A pesar de que en otros trabajos (Thomas y col. 1984) se observaron diferencias en el porcentaje de grasa después de 12 semanas de entrenamiento de resistencia utilizando el método continuo (75 % f_c máxima) y el interválico (90 % $f_{c_{max}}$), cuando el nivel de grasa inicial es muy bajo (como en el presente estudio), los descensos en el peso corporal después del entrenamiento parecen deberse en mayor medida al descenso del porcentaje de la masa muscular (Mc Ardle y col. 1991).

Thomas y col. (1984), hallaron diferencias estadísticamente significativas respecto al descenso en el porcentaje de grasa corporal después de 12 semanas de entrenamiento en una muestra de 59 hombres y mujeres sedentarios, sin embargo, tampoco se dieron diferencias entre los grupos que realizaron trabajo continuo o intermitente. Las ocho semanas de entrenamiento planteadas en el presente estudio, es muy probable que resultasen insuficientes para provocar cambios significativos en el peso graso, sobre todo cuando el porcentaje de grasa inicial es tan bajo. Estas diferencias todavía se hacen menos patentes cuando se comparan los efectos cualitativos que los métodos continuos o interválicos pueden ejercer sobre la

composición corporal. Esta circunstancia parece lógica si se parte de una equiparación de la carga entre los dos métodos, lo que implicaría un gasto calórico similar. Otro aspecto a plantear sería si, a pesar de que los costes energéticos son similares, las intensidades más bajas (CC) pueden tener un mayor efecto sobre la metabolización de la grasa corporal.

Cualquier incremento en el rendimiento en la carrera, en este caso, no podría atribuirse a un descenso del peso corporal o de la grasa relativa. Si este se diera, podría afectar al consumo máximo de oxígeno relativo o incluso a la economía de carrera. Pero en el presente estudio, el peso corporal solamente podría influir mínimamente en el incremento de la VAM del grupo continuo, ya que en este caso el descenso del Pc resultó de 2.3 %. En cualquier caso, este descenso no debe tenerse en cuenta al no alcanzar significación estadística ($p > 0,05$).

3.5.2.2 SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL SALTO

El rendimiento en el salto descendió de forma significativa en el conjunto de los dos grupos experimentales, pero sólo en el caso del salto con contramovimiento y acción de brazos (CMJA). Este ligero descenso no fue significativo ni en el CMJ ni al CMJA de cada uno de los diferentes grupos experimentales por separado, ni en el grupo control.

Podría pensarse que un entrenamiento aeróbico de alta intensidad (IT) implicaría una mayor intervención de las fibras de contracción rápida (Mac Dougall y col. 1995) y, por lo tanto, un menor descenso de la capacidad de salto frente a la carrera aeróbica de baja intensidad (CC). Con los protocolos de entrenamiento del presente estudio no se apreció ninguna diferencia en este sentido. Resulta probable que con una duración superior a las ocho semanas o con una carga de trabajo total superior, el descenso de la capacidad de salto podría llegar a ser significativo en cada

uno de los grupos por separado. Dicha hipótesis debería ser comprobada experimentalmente.

En el salto con contramovimiento y acción de brazos (CMJA), la media del grupo continuo descendió un 2,2 % después del entrenamiento, mientras que en el grupo interválico descendió un 3,1 %. Hay que decir que estos niveles de descenso, aunque no fueron estadísticamente significativos, podrían tenerse en cuenta dado que los sujetos no habían entrenado previamente la fuerza máxima ni explosiva, por lo tanto, los cambios habrían afectado a su capacidad natural de salto. En el grupo control también se experimentó un ligero descenso (CMJA= 1,07 %), pero en todo caso de menor magnitud y casi imperceptible. La explicación de la mayor modificación del CMJA frente al CMJ resulta complicada, aunque podría atribuirse a un mayor componente “reflejo” del CMJA, o simplemente por tratarse de una manifestación del salto más natural y espontánea y, por lo tanto, más apropiada para expresar el máximo nivel de rendimiento. En el caso de aceptar el primer razonamiento, podría decirse que un entrenamiento de resistencia podría afectar en mayor medida a las manifestaciones más rápidas de la fuerza, en este caso la fuerza elástico-explosiva-refleja. Aunque con los resultados del presente estudio, esta circunstancia todavía no puede afirmarse.

La relación de la capacidad de salto con la fuerza es una circunstancia demostrada y comúnmente aceptada (Verjoshanski 1990; Bosco 1994). Hay que recordar que Hickson (1980) ya había comprobado que con el entrenamiento simultáneo de fuerza y resistencia, empeoraba o se estabilizaba el nivel de fuerza después de 6-8 semanas de entrenamiento, comprobaciones que son corroboradas más tarde por Hunter y col. (1987). En este sentido, González Badillo y Gorostiaga (1995) afirman que el trabajo de resistencia realizado 3 o más veces por semana impide la mejora de la velocidad y del salto vertical. En el presente estudio no se entrenaron la fuerza y la resistencia simultáneamente, por lo que no puede observarse el efecto del llamado entrenamiento *cruzado*.

Entre los objetivos del estudio estaba el observar los cambios en el salto vertical después del entrenamiento continuo e interválico, planteándose la hipótesis de que el descenso se produciría en mayor medida en el grupo de entrenamiento continuo. Por lo tanto, los resultados obtenidos rechazan la hipótesis inicial, al no producirse descensos significativos en ninguno de los dos grupos, ni existir diferencias apreciables entre los dos grupos experimentales. No obstante, debe tenerse en cuenta la tendencia general al descenso en los sujetos experimentales, llegando alcanzar significación estadística en el CMJA ($p < 0,05$) cuando se analizó al conjunto de los sujetos experimentales.

Tampoco en este caso las modificaciones de la VAM pueden justificarse por un mayor o menor descenso de la fuerza elástico-explosiva, la cuál, para algunos (Bosco 1994), podría influir positivamente en la economía de carrera. También ha sido descrita en varios estudios (Åstrand y Rodahl 1986; García Manso y col. 1994) la relación inversa de la fuerza explosiva con el $\dot{V}O_{2max}$ y, en general, con la aptitud aeróbica. Sin embargo, en el presente estudio el rendimiento en el salto no llegó correlacionar negativamente de forma significativa con el rendimiento en el UMTT.

En conclusión los resultados del estudio en lo que respecta a la fuerza parecen evidenciar que el entrenamiento de la carrera de resistencia, cuando la velocidad se sitúa entre el 65 y el 100 % de la VAM, podría influir de forma negativa sobre algunas manifestaciones de la fuerza rápida (Hickson 1980; Hunter y col. 1987; Hennessy y Watson 1994), aunque el nivel de influencia parece independiente de la aplicación de intensidades de carrera altas (CI: 90-100 % VAM) o bajas (CC: 65-75 % VAM).

3.5.2.3. SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA CARRERA

Como consecuencia del entrenamiento se produjeron incrementos significativos de la VAM, de la duración del UMTT (T_{UMTT}) y del $\dot{V}O_{2max}$ ($p \leq 0,05$), pero no se hallaron modificaciones estadísticamente significativas en el tiempo límite a la nueva VAM (T_{lim}). Estos resultados generales, que serán analizados detalladamente más adelante, demuestran la efectividad de ambos tipos de entrenamiento, continuo e interválico, con las cargas individuales de trabajo programadas, después de 8 semanas y con tres sesiones semanales. Conclusiones similares se derivan de diversos estudios previos (Eddy y col. 1977; Gregory 1979; Bhambhani y Sing 1985; Adeniran y Toriola 1988; Overend y col. 1992), pero en ellos no se evaluó la VAM ni su tiempo límite (T_{lim}) o distancia límite (D_{lim}). Otra característica particular del presente estudio fue la evaluación y el entrenamiento mediante la carrera a pie, a diferencia de estudios anteriores, realizados en cicloergómetro.

A continuación se analizan los efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre el rendimiento en las dos pruebas funcionales de carrera planteadas:

- Prueba de carrera en pista UMTT.
- Prueba de resistencia a la VAM (T_{lim} , D_{lim}).

a) Efectos del entrenamiento continuo e interválico en la prueba de pista UMTT (VAM, T_{UMTT} , $\dot{V}O_{2max}$)

Al final del entrenamiento, la duración total en el UMTT (T_{UMTT}), la VAM y el $\dot{V}O_{2max}$ estimado de los grupos continuo e interválico se incrementaron de manera significativa respecto al grupo control, pero no se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en ninguno de estos parámetros.

A partir de estos resultados, cabe pensar que, también en la mejora de la prestación máxima aeróbica de carrera, la equiparación de la carga externa, aunque efectuada a intensidades diferentes (65-100 % VAM) es igual de efectiva, independientemente del método aplicado, como ya habían planteado Eddy y col. (1977) y Overend y col. (1992), aunque en estos casos el trabajo se realizó en cicloergómetro y no mediante la carrera. En otros estudios donde se comparaban los efectos de los métodos continuos y los interválicos sobre el $\dot{V}O_{2max}$ o el umbral ventilatorio, con muestras y protocolos de entrenamientos parecidos (Gregory 1979; Bhambhani y Sing 1988), tampoco se observaron diferencias significativas entre los dos grupos en los parámetros evaluados.

Sin embargo, en otros estudios (Smith y Wengner 1981; Thomas y col. 1984; Poole y Gaeser 1985; Berry y Moritani 1985; Gorostiaga y col. 1991) también se han dado resultados a favor de uno u otro método la mejora del VO_{2max} , umbral de lactato o cinética del O_2 . En este sentido Gorostiaga y col. (1991), sólo hallaron incrementos significativos respecto al $\dot{V}O_{2max}$ y a la máxima capacidad de trabajo mediante el método interválico, concluyendo que este método es más eficaz para incrementar el $\dot{V}O_{2max}$ y la capacidad máxima de trabajo, atribuyendo al método continuo mayor eficacia para aumentar la capacidad oxidativa del músculo y para retardar la acumulación de lactato en el ejercicio continuo. Estos hallazgos cuestionan las creencias (MacDougall y Sale 1981) respecto a la efectividad del entrenamiento continuo sobre el sistema de transporte de oxígeno y el interválico en las propiedades estructurales y bioquímicas del músculo.

Es necesario precisar que el tipo de entrenamiento interválico propuesto por Gorostiaga y col. (1991) difiere del planteado en el presente trabajo y del de la mayoría de los mencionados en que los intervalos de ejercicio son de 30 s. Esta circunstancia pudo influir en los efectos del entrenamiento interválico por una mayor intervención del metabolismo anaeróbico, aunque supondría admitir la superioridad de los intervalos cortos sobre los largos (Tabata y col. 1996). Otra característica del

mencionado estudio fue que el entrenamiento continuo se realizó a una intensidad del 50 % de la capacidad máxima de trabajo ($\dot{V}O_{2max}$), inferior teóricamente a la del presente estudio y a la de la mayoría de los estudios descritos (70-80 % $\dot{V}O_{2max}$). Es probable que una intensidad tan baja no resulte un estímulo suficiente para desarrollar adecuadamente el sistema aeróbico. Esta intensidad, sin embargo, ha sido propuesta por parte de diversos autores como adecuada para la recuperación entre esfuerzos (eliminación del lactato) o como regeneración (Fox y Mathews 1974; Åstrand 1996).

Respecto al razonamiento anterior, es necesario considerar que cuando se programa una intensidad de entrenamiento a un determinado porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$, ésta se traduce en una velocidad de carrera o potencia desarrollada, con lo que probablemente no se mantenga constante ese porcentaje de $\dot{V}O_{2max}$ a lo largo de toda la sesión. Así, en el estudio de Gorostiga y col. (1991), el ejercicio continuo al 50 % de la capacidad máxima de trabajo representaba, según ellos, un consumo de O_2 correspondiente al 70 % del $\dot{V}O_{2max}$. En este caso, al ser aplicado un protocolo de determinación del $\dot{V}O_{2max}$ relativamente corto (8 a 11 min), podría darse la circunstancia de que la potencia máxima alcanzada resultase proporcionalmente más elevada que la VAM obtenida en el UMTT, así como la potencia correspondiente a un protocolo de determinación del $\dot{V}O_{2max}$ más largo. Se confirmaría, por lo tanto, la necesidad de conocer las metodologías de determinación de los diferentes parámetros para poder comparar los resultados, puesto que la intensidad del entrenamiento ha sido descrita como el aspecto más relevante en el desarrollo de la potencia aeróbica (Wenger y Bell 1986).

Smith y Wengner (1981) concluyeron que el método mejor y más rápido para elevar el $\dot{V}O_{2max}$ es el modo continuo a gran intensidad. Sin embargo, también se le atribuyen beneficios aeróbicos importantes al llamado trabajo intermitente (Åstrand 1996) con intervalos inferiores al minuto (30s:30s). En este caso la energía

utilizada provendría fundamentalmente de los fosfatos (ATP, CP) y del oxígeno de la mioglobina muscular, rellenándose ambos depósitos rápidamente en la pausa mediante la contribución aeróbica.

En un estudio reciente Tabata y col. (1996) concluyeron que un entrenamiento intermitente de alta intensidad (170 % $\dot{V}O_{2max}$, 20s-10s) es más efectivo que uno de baja intensidad (70 % $\dot{V}O_{2max}$) para mejorar simultáneamente tanto la capacidad aeróbica como la anaeróbica.

Respecto al método interválico, MacDougall y Sale (1981), en una revisión sobre los efectos de los métodos continuos e interválicos, recomiendan, para un desarrollo aeróbico "periférico", un interválico extensivo (2-3 min) con una intensidad no superior al 90-100 % del $\dot{V}O_{2max}$. Esta recomendación la realizan a partir la comprobación de que por encima del 100 % del $\dot{V}O_{2max}$, la hipoxia muscular (*responsable de la mejora aeróbica a nivel periférico*) no se incrementa, y el tiempo de mantenimiento del esfuerzo sería notablemente menor, lo que comprometería notablemente la contribución aeróbica. Sin embargo, Overend y col. (1992), no observaron diferencias respecto al $\dot{V}O_{2max}$ y el umbral ventilatorio entre el interválico corto (30 s:30 s) y de alta intensidad (120 % $\dot{V}O_{2max}$: 40 % $\dot{V}O_{2max}$) y otro interválico extensivo (3 min al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$) como el recomendado por MacDougall y Sale (1981). Aunque, respecto al umbral de lactato, Poole y Gaeser (1985) observaron una mayor efectividad del entrenamiento interválico (10x2 min, 105 % $\dot{V}O_{2max}$) que del continuo (35 min, 70 % $\dot{V}O_{2max}$). También en la mejora de la cinética del O_2 el método interválico se ha definido como el más adecuado (Berry y Moritani 1985).

Después del análisis de los principales estudios sobre el tema, se observa cierta cohesión en la muestra y en la metodología del entrenamiento. Sin embargo, los resultados son demasiado contradictorios como para ser atribuidos a las pequeñas diferencias metodológicas. El aspecto diferenciador más relevante en todos los trabajos parece ser el parámetro o variable objeto de estudio, apreciándose pocas

diferencias entre los dos métodos cuando se trata de evaluar el $\dot{V}O_{2max}$, siendo estas mayores cuando se estudian otros parámetros (umbral ventilatorio, umbral de lactato, cinética del O_2 , etc.).

El $\dot{V}O_{2max}$ es un parámetro que se ha definido como poco modificable por el entrenamiento (Åstrand y Rodahl 1986), pero en sujetos jóvenes y poco entrenados, alcanza relativamente fácil los niveles genéticos individuales con poco nivel de entrenamiento (McArdle y col. 1990; Platonov 1991). Estas razones podrían explicar en parte, tanto los incrementos similares en los dos métodos cuando la muestra es de sedentarios, como los resultados contradictorios entre diferentes trabajos donde las muestras no coinciden exactamente en el nivel de entrenamiento previo.

Cuando se comprueban los efectos sobre otros parámetros (umbral anaeróbico, cinética del O_2 , etc.), el entrenamiento de alta intensidad, con elevado componente anaeróbico, representado por el método interválico podría resultar más efectivo.

En el presente estudio, en que el parámetro VAM era el objeto de estudio, la hipótesis planteada señalaba al entrenamiento interválico (2, 3 y 4 min; 90-100 % VAM) como el más efectivo en el incremento de la VAM, circunstancia que finalmente no se produjo.

Esta hipótesis estaba basada en la importancia del factor intensidad como aspecto más trascendente en la elevación del $\dot{V}O_{2max}$ (Wenger y Bell 1986), en el principio de especificidad del entrenamiento (Matveyev 1983) y en la significación de la VAM como parámetro dependiente de la potencia aeróbica máxima, el umbral anaeróbico y la economía de carrera (Léger y Boucher 1980; Lacour y col. 1991; Hill y Rowell 1996).

Estos resultados definen a la VAM como un parámetro con buen nivel de entrenabilidad independientemente del método de entrenamiento empleado, siendo

su respuesta ante el entrenamiento inespecífico similar a la del $\dot{V}O_{2max}$ en sujetos moderadamente entrenados, circunstancia que confirma la validez del UMTT en la estimación de este parámetro.

a.1) Efectos del entrenamiento continuo

El grupo que entrenó a través de la carrera continua mejoró la VAM y el $\dot{V}O_{2max}$ (estimado a partir de la VAM) de forma significativa un 8,43 %, a lo largo de ocho semanas de entrenamiento. Estos incrementos coinciden con otros estudios (Eddy y col. 1977; Gregory 1979; Bhambhani y Sing 1985; Adeniran y Toriola 1988; Overend y col. 1992) en los que se utilizó el método de entrenamiento continuo. Cuando este se realizó con una intensidad entre el 70 y el 80 % del $\dot{V}O_{2max}$, el propio $\dot{V}O_{2max}$, el umbral ventilatorio o la capacidad de trabajo se incrementaron de forma significativa. También Poole y Gaesser (1985) compararon los efectos de dos intensidades de entrenamiento continuo, al 50 % del $\dot{V}O_{2max}$ y al 70 % del $\dot{V}O_{2max}$, no hallando diferencias significativas respecto al incremento del $\dot{V}O_{2max}$, pero sí respecto al umbral anaeróbico ventilatorio, a favor de la segunda intensidad (70 %). En este sentido es necesario recordar la correlación significativa de la VAM con el umbral anaeróbico (Lacour y col. 1991).

Aunque en el presente estudio no se determinó el umbral anaeróbico dada la relación anterior, una de las causas del incremento de la VAM en el grupo continuo pudo ser su supuesta elevación como consecuencia del entrenamiento efectuado en torno al umbral anaeróbico estimado en el grupo (70-75 % de la VAM).

El incremento final de la VAM a través de la carrera continua, desde un punto de vista teórico, podría atribuirse a tres factores fundamentales:

- Incremento del $\dot{V}O_{2max}$
- Incremento del umbral anaeróbico
- Mejora de la economía de carrera

El incremento del $\dot{V}O_{2max}$ pudo deberse a una mejora a nivel periférico (Åstrand 1996), donde el entrenamiento continuo con absorción submáxima de O_2 y duración relativamente larga, parece ser eficaz en el aumento de la masa y la densidad de las mitocondrias, así como en la activación del metabolismo de las grasas. Como ya se ha visto, otros autores (MacDougall y Sale 1981), también asocian el incremento del $\dot{V}O_{2max}$ por el método continuo (70-80 % $\dot{V}O_{2max}$), con una mejora a nivel central relacionada con la capacidad contractil del músculo cardíaco.

En este caso no se puede atribuir el probable aumento del $\dot{V}O_{2max}$ relativo a un descenso del peso corporal, ya que este no descendió de forma significativa, pero un 2,3 % de descenso en el peso corporal debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar conjeturas respecto a las mínimas diferencias entre el grupo continuo y el interválico respecto al incremento de la VAM ($p=0,55$).

En cuanto al umbral anaeróbico, y aunque este concepto analizado desde el punto de vista fisiológico puede resultar controvertido, la evidencia de un punto en que tanto la ventilación pulmonar como la acumulación de lactato se incrementan de un modo no lineal, es aceptada universalmente. La correlación de la velocidad en este punto con el rendimiento en pruebas de resistencia ha sido numerosas veces demostrada, así como la posibilidad de ser modificado a través del entrenamiento (Åstrand y Rodahl 1986; Rodríguez 1987; Saltin 1989c; López Chicharro 1997). La carrera continua desarrollada en torno al 75 % de la VAM (población no entrenada) presupone la adaptación funcional a una *zona de intensidad* correspondiente al umbral anaeróbico; esta circunstancia repercute positivamente en el incremento de la velocidad en el umbral (Eddy y col. 1977; Poole y Gaesser 1985; Overend y col. 1992).

Los efectos que puede tener el entrenamiento sobre la economía de carrera no están del todo claros, siendo mayor el desconocimiento si nos referimos a períodos mínimos de entrenamiento. Hay argumentos que defienden la posibilidad

de mejora de la economía de carrera a través del entrenamiento (Bunc y Heller 1989), aunque para otros (Daniels 1985), el entrenamiento juega un papel mínimo, e incluso nulo, en la mejora de la economía de carrera. El hecho evidente es que los maratonianos se caracterizan por una gran economía de carrera, probable consecuencia del gran volumen de entrenamiento realizado a intensidades propias del método continuo. Aunque en los estudios de Chavarren (1996), la economía de carrera resultó ser un parámetro poco modificable con el entrenamiento cuando la duración fue inferior a 12 semanas. En este estudio no se precisa el tipo de entrenamiento utilizado.

En definitiva, y a tenor de los resultados del presente estudio, se puede afirmar que la carrera continua programada entre el 65 y el 75 % de la VAM representa un método eficaz de mejora de la VAM.

a. 2) Efectos del entrenamiento interválico

El grupo que entrenó a través del método interválico mejoró la VAM de forma significativa un 5,9 % después del entrenamiento. La consecuencia interna de este incremento podría deberse a una mejora a nivel periférico, motivada por el nivel de hipoxia que produce un entrenamiento al 90-100 % del $\dot{V}O_{2max}$ sobre los cambios estructurales y bioquímicos del músculo (MacDougall y Sale 1981) o a nivel central por el aumento del volumen sistólico (Fox y Mathews 1974). Suponiendo que la hipoxia pueda provocar esas transformaciones internas en el músculo, parece que las intensidades mencionadas (90-100 % del $\dot{V}O_{2max}$) y los intervalos de trabajo entre 2 y 4 minutos, son los más adecuados (Åstrand y Rodahl 1986; MacDougall y Sale 1981). En este sentido, y para el desarrollo del presente trabajo de campo, es necesario recordar que se consideró la VAM como el referente práctico del $\dot{V}O_{2max}$.

Como puede apreciarse, la controversia existente respecto a los efectos del método continuo también se pone de manifiesto en el interválico. Fox y Mathews

(1974) justificaban los beneficios del "interval training" a nivel central, como consecuencia del aumento del volumen sistólico, siendo este hecho comúnmente aceptado en el ámbito del entrenamiento. Ante esto, se puede pensar que los efectos internos y las modificaciones funcionales (supuestamente responsables del aumento de la resistencia) ocasionadas por los métodos continuos e interválicos son comunes. Circunstancias como el nivel inicial de los deportistas o sus características genéticas individuales, pueden tener igual o mayor influencia sobre los efectos cualitativos del entrenamiento, cuando la carga total de trabajo se plantea de forma similar.

De cualquier modo, la carrera interválica programada al 90, 95 y 100 % de la VAM y con intervalos de 2,3 y 4 min, también representa un método eficaz en el incremento de la VAM, pero no resulta superior al método continuo, al menos cuando se aplica a poblaciones sedentarias o moderadamente entrenadas. Estos argumentos rechazan la hipótesis inicial del estudio.

b) Evolución del rendimiento en la prueba de resistencia a la VAM (T_{lim} , D_{lim})

El tiempo límite (T_{lim}) no varió significativamente después del entrenamiento, aunque se observó mayor dificultad para igualar el tiempo de mantenimiento a la nueva VAM en el grupo continuo que en el interválico. En cuanto a las tendencias, en el grupo interválico la media del T_{lim} a la nueva VAM aumentó imperceptiblemente (4 s), pero supuso un aumento en la distancia límite (D_{lim}) de 119 m (de 1802 a 1921 m). En el grupo continuo, el tiempo de mantenimiento descendió 27 s, pero la distancia recorrida a la nueva VAM se incrementó, aunque de forma insignificante (de 1890 a 1908 m).

La razón de una mayor distancia recorrida por parte del grupo interválico pudo deberse a una mayor adaptación a la carga interna específica (mayor tolerancia a la acidosis), motivado por la intensidad del entrenamiento programado (90-95-100 % de la VAM), puesto que, la carrera desarrollada al 100 % de la VAM implica una

importante participación del metabolismo anaeróbico (Billat y col. 1994b y 1996; Hill y Rowell 1996).

En el grupo control no se produjeron cambios apreciables, ni en la VAM ni en su tiempo límite, lo que corroboró la reproductibilidad de este último, ya demostrada por Billat y col. (1994b). La reproductibilidad del T_{lim} a la VAM demostrada por Billat y col., se obtuvo respecto a la media de los resultados totales, produciéndose algunas variaciones interindividuales, circunstancia que se repitió, aunque con menor variabilidad, en el presente estudio.

El hecho de que no se produjeran diferencias estadísticamente significativas en el T_{lim} a la VAM, entre los dos grupos experimentales y el grupo control después de ocho semanas de entrenamiento, induce a pensar que el tiempo límite a la VAM es un parámetro que permanece prácticamente inalterable cuando la VAM aumenta como consecuencia del entrenamiento. Sin embargo, se observó mayor dificultad para mantener el tiempo límite a la nueva VAM en el grupo continuo.

Algunos trabajos en los que se estudió el T_{lim} a la VAM en diferentes muestras de atletas (hombres y mujeres respectivamente) (Billat y col. 1994a, 1994b, 1994c, 1994d; Hill y Rowel 1997), la capacidad de mantener la VAM (T_{lim}) resultó ser un parámetro individual y variable entre sujetos, detectándose incluso menor T_{lim} en aquellos sujetos de VAM más elevada (Billat y col. 1994c). La relación inversa y la magnitud de las diferencias en el T_{lim} probablemente ya no se producirían si, en vez de utilizar el parámetro tiempo se utilizase la distancia recorrida. Es obvio que para recorrer la misma distancia, el sujeto de menor VAM invierte más tiempo.

En el presente estudio, la distancia límite recorrida (D_{lim}) por parte de la totalidad de la muestra, tampoco tuvo una correlación significativa con la VAM ($r = 0,22$; $p = 0,34$), aunque en este caso la relación ya no resultó negativa, confirmando el razonamiento anterior. La D_{lim} obtenida por parte de la población estudiada se

situó próxima a los dos mil metros (1766 antes y 1816 después del entrenamiento). Apreciándose en el grupo interválico un incremento notable (6,6 %), aunque no significativo ($p=0,35$).

La correlación inversa entre la VAM y su tiempo límite observada por Billat y col. (1994c) parece una circunstancia obvia, dado que el sujeto a mayor velocidad va a invertir menor tiempo en recorrer una distancia. Quizás sería, por lo tanto, más conveniente hablar de distancia límite (D_{lim}) y no de tiempo límite (T_{lim}), ya que tras la comprobación de la distancia recorrida en el T_{lim} , esta se mantuvo mucho más constante independientemente de las diferencias de la VAM. Además, la distancia recorrida supone un indicador más fiel del coste energético de la carrera, ya que dada la relación lineal entre el consumo de oxígeno y la velocidad de carrera, el coste calórico total de correr una distancia dada con un consumo de oxígeno determinado es prácticamente igual tanto si el ritmo es rápido como si es lento (McArdle y col.1990).

En el estudio realizado por Billat y col. (1994c) en atletas fondistas, la distancia media recorrida resultó de 2.163,7 m. Esta distancia es ligeramente superior a la alcanzada en el presente estudio (estudiantes de educación física), a pesar de que la media del T_{lim} resultó similar, lo que confirma a la D_{lim} con un mejor referente para indicar el nivel del deportista.

b. 1) Efectos del entrenamiento continuo

El T_{lim} a la VAM descendió de manera no significativa en un 6,6 % como consecuencia del entrenamiento continuo. Este descenso del tiempo límite (T_{lim}), si se traduce en distancia límite (D_{lim}), representa una variación mínima del 0,2 %. No se está en disposición de comparar las modificaciones del T_{lim} o la D_{lim} como consecuencia del entrenamiento, dado que no se han hallado trabajos de investigación sobre el tema. No obstante, y a la vista de los resultados en el grupo

continuo, se puede afirmar que después de ocho semanas de entrenamiento con tres sesiones semanales de carrera continua al 65, 70 y 75 % de la VAM, el T_{lim} y sobre todo la D_{lim} a la nueva VAM, se mantienen prácticamente invariables.

Algunos autores (Gaçon 1991; Lacour y col. 1989), después de argumentar la importancia de este parámetro en el rendimiento atlético, recomiendan el entrenamiento basado en el volumen (carrera continua: 80 % VAM) para mantener la VAM en el tiempo (no hay referencias a trabajos de investigación). Los resultados del presente estudio parecen indicar prácticamente lo contrario. Ambos métodos son casi igualmente eficaces para mejorar la VAM, presentando el método interválico mejores perspectivas en la mejora de la resistencia a la VAM.

Respecto a las afirmaciones de Gaçon (1991) sobre el T_{lim} , es evidente que su recomendación se refiere al entrenamiento para mejorar el T_{lim} a una VAM inicial determinada. En el presente estudio se optó por evaluar el T_{lim} a la nueva VAM, dado que después de un período de entrenamiento determinado, el T_{lim} a la VAM inicial ya correspondería a un determinado porcentaje de la nueva VAM. Parece evidente, que después de aumentar la VAM en un 5-10 % como consecuencia del entrenamiento, la capacidad de mantener lo que supondría un 90-95 % de la misma, se vería claramente aumentado. Esta circunstancia ya fue planteada por Eddy y col. (1977), los cuales hallaron un incremento significativo del rendimiento al 90 % y 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ inicial, después del entrenamiento en cicloergómetro, pero tampoco observaron diferencias significativas respecto a la efectividad entre uno y otro método.

En definitiva, estos resultados muestran al entrenamiento continuo como eficaz para incrementar la VAM y mantener el tiempo límite a la nueva velocidad, pero no para incrementar el T_{lim} a la nueva VAM.

b. 2) Efectos del método interválico

El grupo interválico no incrementó de forma significativa ni el tiempo límite (T_{lim}) ni la distancia límite (D_{lim}), después del entrenamiento. Sin embargo, obtuvo mejores resultados finales que el grupo continuo, aproximándose a la confirmación de la hipótesis del estudio, que atribuía al método interválico más posibilidades en el incremento del T_{lim} a la nueva VAM. La hipótesis se fundamentó en la supuesta contribución anaeróbica en el T_{lim} (Billat y col. 1994b, 1994c; Hill y Rowell 1997).

Una mayor participación del metabolismo anaeróbico en el entrenamiento interválico puede favorecer la capacidad de mantener el tiempo límite a la nueva VAM, pudiendo ser responsable del aumento de la D_{lim} una mejor adaptación a nivel local.

Para asegurar la mayor efectividad del método interválico en el aumento de la D_{lim} , son necesarios más estudios en los que estas pequeñas diferencias puedan llegar a confirmarse estadísticamente.

3.5.2.4. EVOLUCIÓN LONGITUDINAL DE LA VAM (4 / 8 SEMANAS)

Otro aspecto relevante del entrenamiento es el período de entrenamiento mínimo necesario para provocar cambios significativos en los factores limitantes de una determinada capacidad física. En este sentido y respecto al desarrollo de la resistencia y a la evolución de ciertos parámetros de los que depende se han publicado trabajos (Durnin y Womersley 1974) que demostraron que con una o dos semanas de entrenamiento, se producían mejoras significativas en la condición cardiovascular y la capacidad aeróbica, observándose, además, que este aumento ocurre más rápidamente cuanto menor es el nivel de entrenamiento del sujeto (Mc Ardle y col. 1990).

Para comprobar los efectos que pueden ejercer los métodos continuos e interválicos en el desarrollo de la resistencia a corto plazo, se compararon los efectos de uno y otro método sobre la VAM y el rendimiento máximo en el UMTT (T_{UMTT}) después de cuatro y ocho semanas de entrenamiento, respectivamente.

Después de cuatro semanas de entrenamiento mediante la carrera continua, el grupo mejoró un 71,4 % sobre el incremento total, mientras que el grupo que entrenó de forma interválica su mejora a las cuatro semanas resultó menor, aproximadamente de un 50 % sobre el incremento total. Esta circunstancia supuso un incremento significativo de la VAM después de las primeras cuatro semanas, solamente en el grupo que entrenó mediante el método continuo ($p \leq 0,001$).

El entrenamiento continuo resultó más efectivo para lograr incrementos rápidos de la VAM y de la duración total en el UMTT. Estas diferencias con el grupo interválico no pueden ser motivadas por un menor nivel inicial del grupo continuo, ya que los dos grupos eran homogéneos respecto a la VAM inicial, no habiéndose dado diferencias significativas entre la media inicial de los dos grupos. La causa de un efecto más rápido sobre el incremento de la VAM por parte del grupo de carrera continua pudo deberse a una mejor y más rápida adaptación a la carga interna de entrenamiento.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Smith y Wenger (1981), quienes, después de aplicar durante un miniciclo de diez días (2 semanas) de entrenamiento continuo e interválico de dos intensidades cada uno (baja intensidad = $140 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$ y alta intensidad = $172 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$), en una muestra de adultos sedentarios, concluyeron que el método continuo de gran intensidad era el más efectivo para incrementar la potencia aeróbica.

En otros trabajos (Docherty y col. 1987) encontraron diferencias significativas en el $\dot{V}O_{2\text{max}}$ de niños pequeños (8-11 años), después de cuatro

semanas de entrenamiento, independientemente del método de entrenamiento utilizado. Sin embargo Berry y Moritani (1985) con una muestra de adultos jóvenes y un entrenamiento (continuo e interválico) de cinco semanas de duración, pero con cinco sesiones semanales, observaron diferencias significativas a favor del interválico, en el incremento del $\dot{V}O_{2max}$ y la cinética del O_2 .

Chavarren (1996), después de un entrenamiento de carrera durante 6 semanas, encontró diferencias significativas en las velocidades máximas obtenidas en una prueba incremental hasta el agotamiento, así como en las correspondientes al umbral ventilatorio, concluyendo que son precisamente dichas velocidades los índices más sensibles a la mejora de la condición física aeróbica después de 6 semanas de entrenamiento.

Después de analizar la bibliografía, resulta difícil determinar la efectividad que pueden tener a corto plazo los diferentes métodos de entrenamiento, ya que tanto en este como en otros trabajos, los programas de entrenamiento son distintos y los parámetros a evaluar diferentes.

En el presente estudio, la carrera continua fue más efectiva en las primeras cuatro semanas que el entrenamiento interválico. A juzgar por este hecho, podría pensarse en un efecto más rápido de la carrera continua, debido, probablemente, a una mejor y más rápida adaptación al esfuerzo, aunque resulta posible que si el entrenamiento se prolongase en el tiempo, el nivel de tolerancia de los sujetos al esfuerzo se elevase (si el estímulo es el adecuado), provocando una mejor respuesta adaptativa a las altas intensidades de trabajo y por consiguiente al entrenamiento interválico.

Del análisis de los resultados de este y otros estudios, se advierte que en las primeras semanas de entrenamiento, sobre todo en los sujetos no entrenados específicamente, se producen los cambios más espectaculares (Astrand y Rodahl

1986). Pero parece que a partir de las cuatro o cinco semanas es cuando el nivel se estabiliza y los verdaderos efectos de un determinado método se ponen de manifiesto. Esta podría ser la causa de que la mayor parte de los trabajos que investigan los efectos del entrenamiento programen entre siete y doce semanas.

Respecto a la orientación de la carga interna, parece que los cambios se producen tanto a nivel central como periférico, no siendo posible todavía precisar qué nivel posee mayor trascendencia (Hartley 1996), puesto que el entrenamiento de resistencia mejora simultáneamente el sistema cardiovascular y la capacidad oxidativa del músculo. A este respecto hay que señalar que los mayores incrementos de las enzimas mitocondriales se han observado en las primeras tres semanas de entrenamiento (Saltin y Gollnick 1983), siendo la intensidad óptima entre el 70 y el 80 % del $\dot{V}O_{2max}$ (Henriksson 1996). La carrera continua programada en el presente estudio se realizó con una intensidad similar, con lo que la justificación del incremento más rápido de la VAM (cuatro semanas), en el grupo continuo, podría basarse en la mencionada mejora a nivel periférico.

3.5.2.5 CONSIDERACIONES FINALES

De la discusión acerca de la eficacia del método continuo e interválico, sobre los parámetros responsables del rendimiento en la carrera de resistencia, se pueden extraer las consideraciones siguientes:

- La VAM, la duración media en el UMTT (T_{UMTT}) y el $\dot{V}O_{2max}$ estimado se incrementaron de forma significativa con el entrenamiento de resistencia, pero no se hallaron diferencias entre el método continuo e interválico respecto al incremento de ninguna de las tres variables.

- Los resultados sugieren una mayor efectividad de la carrera continua para elevar la VAM y el rendimiento en el UMTT en poco tiempo, al menos en sujetos moderadamente entrenados.
- El T_{lim} y la D_{lim} a la nueva VAM, son parámetros que presentan dificultades para ser incrementados con el entrenamiento, aunque se mantienen prácticamente constantes cuando la VAM aumenta, con lo que se presupone un aumento del T_{lim} y la D_{lim} de la VAM inicial, parámetros que no han sido evaluados en el presente estudio.
- La capacidad de salto y el % de grasa no experimentan modificaciones significativas después de 8 semanas en poblaciones de sujetos moderadamente entrenados.

Teniendo en cuenta los principios generales del entrenamiento deportivo (Matveyev 1983), y más concretamente el principio de la especificidad, resulta complicado explicar que el entrenamiento interválico no logre un mayor grado de efectividad, dada la posibilidad que ofrece de entrenar a esa intensidad (100% de la VAM). Es posible que la repercusión de otro tipo de variables relacionadas con la planificación del entrenamiento o con el tipo de población, puedan ser las causantes de este resultado. A este respecto es importante valorar también los beneficios indirectos de la carrera continua sobre el metabolismo aeróbico a nivel central (MacDougall y Sale 1981) y a nivel periférico (Gorostiaga y col. 1991), e incluso los perjuicios que pudieran derivarse de la aplicación exclusiva de la carrera por intervalos con intensidades elevadas, que aplicadas consecutivamente podrían superar el umbral individual de tolerancia.

De todos modos y después de la comparación entre los dos métodos de entrenamiento planteados en el presente trabajo, podría considerarse a la carrera continua más recomendable para desarrollar la VAM y, en definitiva, la velocidad

máxima alcanzada en el UMTT, ya que presenta igual o superiores efectos con menor fatiga y en menor tiempo. Mientras que la carrera interválica parece ser un buen método de aumentar la distancia recorrida al 100 % de la VAM, o mantener el T_{lim} a la nueva VAM. Este planteamiento rechazaría la hipótesis inicial en la que se preveía una mayor eficacia del entrenamiento interválico en la mejora de la VAM y el T_{lim} a la VAM, fundamentada en el principio de especificidad y en los resultados de algunos trabajos (Poole y Gaeser 1985; Gorostiaga y col. 1991).

A pesar de los numerosos estudios realizados se precisan más trabajos de investigación en los que se analicen los efectos internos sobre el organismo, en poblaciones de deportistas especialistas en resistencia y a lo largo de períodos mayores de entrenamiento. Es muy probable que los cambios cuantitativos que se dan en la carrera de resistencia en poblaciones sedentarias después de cortos períodos de entrenamiento no permitan distinguir la mayor efectividad de un determinado tipo de entrenamiento. Sin embargo, si se parte de la evaluación de aspectos fisiológicos suficientemente significativos, tanto a nivel central como periférico, con una muestra de deportistas entrenados y se los somete a entrenamientos con diferentes métodos, a lo largo de 8 a 10 meses de entrenamiento, se hallarían cambios suficientemente clarificadores que podrían despejar las dudas todavía existentes.

Todavía son escasos los trabajos que comparan los métodos de entrenamiento continuos e interválicos a partir de la evaluación y el entrenamiento de la carrera. Estas circunstancias, unidas al tipo de variables estudiadas (VAM y T_{lim}), hace difícil contrastar los resultados con otros estudios.

Una vez más, la recomendación clásica respecto al uso racional y simultáneo de los dos métodos parece ponerse de manifiesto, aunque esa circunstancia no debe mitigar la inquietud por seguir avanzando en el conocimiento sobre los efectos de las

diferentes metodologías de entrenamiento, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo.

3.6. Conclusiones

3.6. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió la obtención de nueva información sobre los efectos del entrenamiento mediante los métodos continuos e interválicos sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM), valorada mediante la prueba de pista de la Universidad de Montreal (UMTT), así como sobre el tiempo límite de mantenimiento de dicha velocidad (T_{lim}) y la distancia máxima recorrida (D_{lim}) en sujetos moderadamente entrenados. También se aportan nuevos datos acerca de los efectos del entrenamiento de resistencia sobre la capacidad de salto y la composición corporal.

1º) Respecto a los efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre el rendimiento en la prueba de pista (VAM, T_{UMTT} y $\dot{V}O_{2max}$ estimado), se concluye que:

- El entrenamiento de la carrera programado, ya sea mediante el método continuo (65-75 % VAM) o el interválico (90-100 % VAM), mejora significativamente la velocidad aeróbica máxima de carrera y, en general, el rendimiento máximo en el UMTT en sujetos moderadamente entrenados.
- El consumo máximo de oxígeno estimado partir del UMTT (Léger y Boucher 1980) puede aumentar de alrededor de $4 \text{ mL} \cdot \text{hg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (7 %) después de ocho semanas de entrenamiento continuo o interválico, con tres sesiones semanales, en sujetos moderadamente entrenados.

2º) Respecto a los efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre el tiempo límite de mantenimiento de la VAM (T_{lim} , D_{lim}), se concluye que:

- Los incrementos de la VAM, después de la aplicación del entrenamiento continuo e interválico programados, no afectan a su tiempo límite (T_{lim}) ni a su distancia límite (D_{lim}), permaneciendo estas constantes.
- La distancia límite (D_{lim}), o máxima distancia recorrida a velocidad aeróbica máxima (VAM), es un factor más adecuado que el T_{lim} para definir la capacidad de mantenimiento de la VAM de una determinada población, puesto que se trata de un parámetro con menor dependencia de la VAM individual.

3º) Respecto a los efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre la composición corporal, se concluye que:

- El peso corporal no desciende significativamente después de ocho semanas de entrenamiento de resistencia, mediante el método continuo o interválico de carga externa similar, en sujetos moderadamente entrenados.
- El porcentaje de grasa no desciende significativamente después de ocho semanas de entrenamiento de resistencia, mediante el método continuo o interválico de carga externa similar, en sujetos moderadamente entrenados.
- El peso y el porcentaje de grasa corporal influyen negativamente en el rendimiento en el UMTT.

4º) Respecto a los efectos del entrenamiento continuo e interválico sobre el rendimiento en el salto vertical, se concluye que:

- La capacidad de salto vertical no desciende de forma significativa, después de un período de 8 semanas de entrenamiento de resistencia mediante el método continuo (65-75 % VAM) o interválico (90-100 % VAM).

5º) Respecto a las diferencias entre los efectos de los métodos continuos e interválicos, concluimos que:

- El entrenamiento continuo (65-75 % VAM) es más eficiente que el interválico (90-100 % VAM) en el incremento de la VAM a corto plazo (4 semanas), cuando se aplica a sujetos moderadamente entrenados.
- La influencia que ejerce el entrenamiento programado, a través del método continuo o del interválico sobre la VAM y el T_{lim} o el D_{lim} , es prácticamente igual cuando se aplica a sujetos que realizan práctica regular moderada.
- Los resultados sugieren que el entrenamiento interválico es un método más adecuado para mantener el tiempo límite y la distancia límite a la nueva VAM.
- El entrenamiento de resistencia programado basado en la carrera continua o por intervalos afecta por igual a la capacidad de salto vertical.

6º) Respecto a la utilización de la velocidad aeróbica máxima en la programación del entrenamiento, concluimos que:

- La velocidad aeróbica máxima obtenida a través de la prueba de pista de la Universidad de Montreal (Léger y Boucher 1980), se confirma como un parámetro adecuado y eficaz para prescribir el entrenamiento, tanto mediante el método continuo como el interválico.

4. Perspectivas de investigación

4. PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

4.1. ENTRENAMIENTO DE LA CARRERA DE RESISTENCIA

Una vez realizado el análisis de los resultados y el estudio comparativo de ambos métodos de entrenamiento, desarrollado en el capítulo de discusión, surgen nuevas perspectivas de investigación en el estudio de la carrera de resistencia, que desde aquí se proponen y que se intentaran llevar a cabo en la medida de las posibilidades.

La mayoría de los trabajos revisados que intentaron comprobar el efecto del entrenamiento, y de los diferentes métodos, sobre la capacidad de rendimiento, utilizaron mayoritariamente un tipo de actividad distinto a la carrera, como es el pedaleo en cicloergómetro (Eddy y col. 1977; Uppal 1981; Bhambhani y Sing 1985; Poole y Gaesser 1985; Gorostiaga y col. 1991; Overend y col. 1992; Tabata y col. 1996, etc.). Sin embargo, se hallaron pocos estudios en los que se evalúe y se entrene a través de la carrera (Gregory 1979; Berry y Moritani 1985; Adeniran y Toriola 1988; Olsen y col. 1988) para comparar los efectos de las diferentes intensidades de entrenamiento (continuo o interválico) sobre la propia carrera.

Con este trabajo se inicia una línea de investigación cuyo fin es estudiar los efectos del entrenamiento de carrera sobre la propia carrera.

4.2. ENTRENABILIDAD DE LA VAM Y EL T_{lim}

Después de comprobar la entrenabilidad de la VAM y el tiempo límite (T_{lim}) en la VAM aplicando unas intensidades y duraciones determinadas, surge la inquietud por descubrir la influencia que otro tipo de cargas puedan tener sobre estos mismos parámetros. Es principalmente en el método interválico donde pueden plantearse estas interrogantes, dado que en el presente estudio la carrera continua

abarca una zona de intensidad amplia y suficientemente representativa (65-75 % VAM). Sin embargo, en lo que respecta a la carrera por intervalos pueden realizarse dos planteamientos, que ya han sido ampliamente ratificados como efectivos en la mejora del $\dot{V}O_{2max}$:

- a) Con duraciones superiores a los 60 segundos y, más concretamente, de dos y tres minutos (Åstrand y Rodahl 1986). Estas duraciones implican intensidades en torno al 90-100 % del $\dot{V}O_{2max}$ o de la VAM, para realizar un volumen de entrenamiento suficiente, dado que la pausa en este caso debería tener una relación 1-1.
- b) Con duraciones inferiores a los 60 segundos (30:30 s) (Gorsostiaga y col. 1991) y relación trabajo- pausa 1:1 o 1:2, que algunos han denominado como "ejercicio intermitente" (Åstrand 1996). Estas duraciones ofrecen la posibilidad de entrenar con predominio aeróbico a intensidades superiores al 100 % del $\dot{V}O_{2max}$ o de la VAM.

Después de entrenar en cicloergómetro mediante estas dos formas, Overend y col. (1992), no hallaron diferencias significativas en el $\dot{V}O_{2max}$ ni en el umbral ventilatorio. Sin embargo, se ha hallado ningún trabajo donde se comparen estos efectos a través de la carrera, y más concretamente sobre la velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM) o su tiempo límite (T_{lim}), circunstancia que induce a proponer la investigación de este fenómeno, basando, tanto la evaluación como el entrenamiento, en la carrera a pie.

4.3. INFLUENCIA DEL PROTOCOLO EN LA DETERMINACIÓN DE LA VAM

A partir de la realización de este trabajo surgen una serie de interrogantes e incógnitas, que siendo la VAM uno de los principales objetivos de estudio, resultan trascendentales.

La principal circunstancia que se evidencia respecto de la VAM es la probable dependencia del protocolo utilizado en su determinación. Un protocolo corto de obtención del $\dot{V}O_{2max}$ podría dar una VAM más elevada que un protocolo largo. De todos modos, el protocolo de determinación siempre debe garantizar la obtención del $\dot{V}O_{2max}$, siendo el objetivo determinar en que magnitud afectan a la VAM resultante, las variaciones de esos protocolos.

Las conclusiones resultantes podrían desvirtuar relativamente o consolidar las posibilidades de la VAM como parámetro universal del rendimiento, pero este nivel de dependencia no está claro y debería demostrarse a través de un estudio científico. A este respecto el estudio realizado por Billat y col. (1996), no despeja las interrogantes planteadas.

4.4. TIEMPO Y DISTANCIA LÍMITE A LA VAM

El tiempo límite (T_{lim}) que un sujeto puede correr en la velocidad aeróbica máxima (VAM), es un factor estudiado por Billat y col (1994) y posteriormente por Hill y Rowell (1996, 1997). Se conoce por lo tanto, como ya se ha comentado, la variabilidad de este parámetro tanto entre diferentes sujetos y poblaciones, como entre un mismo sujeto después de transcurrido un período de tiempo (reproductibilidad). Además, la presente investigación aporta nueva información sobre la influencia que ejerce el entrenamiento en el tiempo límite en la VAM. Sin embargo, también se han puesto de manifiesto las posibilidades de la **distancia**

límite (D_{lim}) como indicador más idóneo para expresar tanto la variabilidad de los sujetos como los cambios originados con el entrenamiento.

Por lo tanto, el estudio de las relaciones entre tiempo límite (T_{lim}) y distancia límite (D_{lim}) (Jenkins y Quigley 1993), la influencia de la D_{lim} en el rendimiento en pruebas de resistencia o los factores de los que depende, se proponen como otra perspectiva futura, en la presente línea de investigación.

También resultaría interesante conocer el grado cuantitativo y cualitativo de entrenabilidad del T_{lim} y la D_{lim} a la VAM inicial, después de un período de entrenamiento con métodos distintos, dado que en el presente estudio se evaluaron solamente el T_{lim} y la D_{lim} a la nueva VAM no realizándose el retest del T_{lim} a la VAM inicial.

5. Bibliografía

5. BIBLIOGRAFÍA

- Adeniran, S., y Toriola, A. (1988). Effects of continuous and interval running programmes on aerobic and anaerobic capacities in schoolgirls aged 13 to 17 years. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 28 (3), 260-266.
- Alvarez, J. (1994). Estudio del comportamiento de la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) en el umbral anaeróbico (Tesis Doctoral). Madrid: Universidad Complutense.
- Alvarez del Villar, C. (1985). *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Madrid: Gymnos.
- Allen, D., Freund, B., y Wilmore, J. (1986). Interaction of test protocol and horizontal run training on maximal oxygen uptake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18 (5), 581-587.
- Allen, W.K., Seals, D.R., Hurley, B., Ehsani, A.A., y Hagberg, J.M. (1985). Lactate threshold and distance running performance in young and old endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*, 58, 1281-1284.
- American College of Sports Medicine. (1991). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (4ª ed.). Philadelphia: Lea & Febiger.
- Andersen, P., y Henriksson, J. (1977). Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 270, 677-690.
- Andersen, P., y Henriksson, J.P. (1977). Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibres. *Acta Physiologica Scandinavica*, 99, 125.
- Andersen, P., y Saltin, B. (1985). Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *Journal of Physiology (London)*, 366, 233-249.
- Aragonés, M., Casajús, J. Rodríguez, F., y Cabañas, M. (1993). Protocolo de medidas antropométricas. En F. Esparza (Coord.), *Manual de cineantropometría*. Pamplona: FEMEDE.
- Armstrong, L., y Costill, D. (1985). Variability of respiration and metabolism: responses to submaximal cycling and running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 93-96.

- Åstrand, P.O. (1996a) Deportes de resistencia. En R.J. Shephard, y P. O. Astrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Åstrand, P.O. (1996b). Factores que se han de medir. En R.J. Shephard, y P.O. Astrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Åstrand, P.O., Cuddy, T.E., Saltin, B., y Stemberg, J. (1964). Cardiac output during submaximal and maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 19, 268.
- Åstrand , P.O., y Rodahl, K. (1986). *Fisiología del trabajo físico: bases fisiológicas del ejercicio* (2ª ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Bailey, S.P., y Pate, R.R. (1991). Feasibility of improving running economy. *Sports Medicine*, 12, 228-236.
- Ballesteros, J.M. (1990). Carreras de medio fondo y fondo. En J. Bravo, M. Pascua, F. Gil, J. M. Ballesteros, y E. Campra, *Atletismo I. Carreras y marcha*. Comité Olímpico Español.
- Ballesteros, J.M., Bravo, J., Pascua, M., Gil, F., y Campra, E. (1990). *Atletismo I. Carreras y marcha*. Madrid: Comité Olímpico Español.
- Baranda, L. (1995). *Enquesta sobre la pràctica d'activitats físicoesportives a Catalunya* . Barcelona: Direcció General de l'Esport, Generalitat de Catalunya.
- Beaver, W.L., Wasserman, K., y Whipp, B.H. (1986). A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 60, 2020-2027.
- Bell, G.J., Petersen, S.R., Quinney, H.A.Wenger, H.A. (1988). Sequencing of endurance and high-velocity strength training. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 13 (4), 214-219.
- Berenguer, R. (1967). *La carrera y el entrenamiento*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Berry, M., y Moritani, T. (1985). The effects of various training intensities on the kinetics of oxygen consumption. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 25 (3), 77-83.
- Berthoin, S., Boquet, G., y Mantéca, F. (1996a). Maximal aerobic speed and running time to exhaustion. *Pediatric Exercise Science*, 8, 234-244.
- Berthoin, S., Jacquet, A., Lefranc, J.F., Lapp, M., Baquet, G., y Gerbeaux, M. (1995). Resistencia aeróbica en las escuelas. *Stadium*, 26, 3-11.

- Berthoin, S., Pelayo, P., Lensele-Corbeil, G., Robin, H., y Gerbeaux, M. (1996b). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 17 (7), 525-527.
- Bhambhani, Y.N., y Singh, M. (1985). The effects of three training intensities on $\dot{V}O_{2max}$ and VE/ $\dot{V}O_2$ Ratio. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 10 (1), 44-51.
- Billat, V., Bernard, O., Pinoteau, J., Petit, B., y Koralsztein, J.P. (1994a). Time to exhaustion at $\dot{V}O_{2max}$ and lactate steady state velocity in sub-elite long-distance runners. *Archives International of Physiology, Biochemistry and Biophysique*, 102, (4) 215-219.
- Billat, V., y Koralsztein, J.P. (1996a). Significance of velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, 22 (2), 90-108.
- Billat, V., Hill, D., Pinoteau, J., Petit, B., y Koralsztein, J. (1996). Effect of protocol on determination of velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and on its time to exhaustion. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 104 (3), 313-321.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B., y Koralsztein, J.P., (1994b). Reproducibility of running time to exhaustion at $\dot{V}O_{2max}$ in sub-elite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 254-257.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B., y Koralsztein, J. P. (1994c). Times to exhaustion at 100 % of velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and modelling of the time-limit / velocity relationship in elite long-distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, 69, 271-273.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B., y Koralsztein, J.P. (1994d). Validation d'une épreuve maximale de temps limite à VMA (vitesse maximale aérobie) et à $\dot{V}O_{2max}$ *Science et Sports*, 9, 135-143.
- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B., y Koralsztein, J.P. (1995). Times to exhaustion at 90, 100 and 105 % of velocity at $\dot{V}O_{2max}$ (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. *Archives Physiology and Biochemistry*, 103 (2), 129-135.
- Bompa, T. (1990). Valores de intensidad fisiológica empleados para el entrenamiento de resistencia. *Revista de Entrenamiento Deportivo(R.E.D.)*, 4 (1), 2-11.

- Booth F.W. y Thomason D.B. (1991). Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiology Research*, 71, 541-585
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo
- Bosco, C., Komi, P. V., y Sinkkonen, K. (1980). Mechanical power, net efficiency, and muscle structure in male and female middle distance runners, *Scandinavian Journal of Sports Science*, 2, 47-51.
- Bouchard, C. (1996). Determinantes genéticos del rendimiento de resistencia. En R.J. Shephard, y P.O. Astrand, *La Resistencia en el Deporte*. (Barcelona: Paidotribo.
- Bouchard, C., Dionne, F.T., Simoneau, J.A., y Boulay, M.R. (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and Sports Sciences*, 20, 27-58.
- Brandet, J.P. (1988). Los fenómenos aeróbicos. *Revista de Entrenamiento Deportivo (R.E.D.)*, 2 (3), 30-41.
- Bransford, K., y Howley, E. (1977). Oxygen cost of running in trained and untrained men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9, 41-44.
- Brue, F. (1985). Une Variante du test progressif et maximal de Léger et Boucher: le test vitesse maximale aérobie derrière cycliste (test VMA). *Bulletin Médical de la Federation Francaise d'Athletisme*, 7, 1-18.
- Brooks, G. A., y Fahey, T. D. (1984). *Exercise Physiology: Human Bionergetics and its applications*. New York: Wiley & Sons.
- Bunc, V., y Heller, J. (1989). Energy cost of running in similiary trained men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 59, 178-183.
- Bunc, V., Heller, J., Leso, J., Sprynarova, S., y Zdanowicz, R. (1987). Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 275-280.
- Bunc, V., Heller, J., Sprynarova, S., y Zdanowicz, R. (1986). Comparison of the anaerobic threshold and mechanical efficiency of running in young and adult athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 156-160.

- Burke, J., Thayer, R., y Belcamino, M. (1994). Comparison of effects of two interval-training programmes on lactate and ventilatory thresholds. *British journal of Sports Medicine*, 28 (1), 18-21.
- Carter, J.E.L. (1975). *The Heath-Carter somatotype method*. San Diego: San Diego State University.
- Carter, J.E.L. (1986). Physical structure of Olympic athletes. Part I: The Montreal Olympic Games Anthropological Project. *Medicine and Sport*, 16. Basel: Karger
- Cazorla, G. (1987). Évaluation de la capacité aérobie: Les tests de terrain. (Actas de congreso), II Congreso Galego da Educación Física e o Deporte (II), A Coruña.
- Chavarren, J., Dorado, C., Espino, L., Jimenez, J., y López Calbet, J.A.(1995). Effects of six weeks of aerobic training on the maximal accumulated oxygen deficit. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 179.
- Chavarren, J. (1996). Efectos del entrenamiento de carrera y ciclismo sobre la condición física en sujetos activos (Tesis Doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Christensen, E.H., Hedman, R. y Saltin, B. (1960) Intermittent and continuous running. A further contribution to the physiology of intermittent work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 50, 269-286.
- Clapp, J., y Capeless, E. (1991). The $\dot{V}O_{2max}$ of recreational athletes before and after pregnancy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (10), 1128-1133.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, P., y Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52, 869-873.
- Conley, D., y Krahenbuhl, G. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 357-360.
- Costill, D.L. (1986). *Inside running. Basics of sports physiology*. Carmel: Cooper Publishing Group.
- Costill, D.L. (1984). *La course de fond, approche scientifique*. Paris: Vigot.

- Costill, D.L., Fink, W., y Pollock, M. (1976). Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Medicine and Science in Sports*, 8, 96-100.
- Costill, D.L., Gollnick, P.D., Jansson, E.D., Saltin, B., y Stein, E.M. (1973). Glycogen depletion pattern in human muscle fibers during distance running. *Acta Physiologica Scandinavica*, 89, 374-383.
- Costill, D.L., Thomason, H., y Roberts, E. (1973). Fractional utilization of aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports*, 5, 248-252.
- Costill, D.L., y Winrow, E. (1970). A comparison of two middle-aged ultramarathon runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 41, 135-139.
- Cunningham, L.N. (1990). Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61, 369-374.
- Cunningham, D.A., McCrimmon, D., y Vlach, L. (1979). Cardiovascular response to interval and continuous training in women. *European Journal of Applied Physiology*, 41, 187-189.
- Cureton, K., y Sparling, P. (1980). Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. *Medicine and Science in Sports*, 12, 288-294.
- Cureton, K., Kishop, P., Hutchinson, P., Newland, H., Vickery, S., y Zwiren, L. (1986). Sex differences in maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 656-660.
- Daniels, J. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 332-338.
- Daniels, J., y Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 483-489.
- Daniels, J., y Scardina, N. (1984). Interval training and performance. *Sports Medicine*, 1, 327-334.
- Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: a review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 6-18.

- Deason, J., Powers, S., Lawler, J., Ayers, D., y Stuart, M. (1991). Physiological correlates to 800 meter running performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31 (4), 499-504.
- Dempsey, J.A., y Manohar, M. (1996). Aparato pulmonar y resistencia. En R. J. Shephard, y P.O. Astrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Denis, C., Fouquet, R., Poty, P., Geysant, A., y Lacour, J.R. (1982). Effect of 40 weeks of endurance training on the anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 3, 208-214.
- Diem, C. (1966). *Historia de los Deportes I y II*. Barcelona: Luis de Caralt.
- di Prampero, P.E.; Atchou, G., Brückner, J.C., y Moia, C. (1986). The energetics of endurance running. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 259-266.
- Docherty, D., Wenger, H. A., y Collis, M.L. (1987). The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power on young boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19 (4), 389-392.
- Duncan, G., Howley, E., y Johnson, B. (1997). Applicability of $\dot{V}O_{2max}$ criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (2), 273-278.
- Dunbar, J. (1992). The benefits of interval training. *Peak performance*, 21, 12.
- Durántez, C. (1977). *Las Olimpiadas Griegas*. Madrid: Comité Olímpico Español.
- Durnin, J. V .G. A, y Womersley, J.(1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal Nutrition*, 32, 77-97.
- Eddy, D.O., Sparks, K.L., y Adelizi, D.A. (1977). The effects of continuous and interval training in women and men. *European Journal of Applied Physiology*, 37, 83-92.
- Faria, I. E. (1970). Cardiovascular response to exercise as influenced by training at various intensities. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 41, 44-49.
- Ferguson, R., Montpetit, R., Dubois, R., y Gingras, Y. (1970). L'entraînement du système de transport doxygen par la course continue et par intervalles. *Kinesiologie*, 2, (3), 171-179.

- Fernández, A. (1997). *La carrera de resistencia, XIII curso de Fisiología del ejercicio*. [Actas Conferencia] Madrid: Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.
- Foster, C., Hector, L.L., Welsh, R., Schrager, M., Gree, M.A., y Snyder, A.C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 30, 457-461.
- Fox, E.L., Bartels, R.L., Billings, C.E., Mathews, D.K., Bason, R., y Webb, W.M. (1973). Intensity distance of interval training programs and changes in aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5, 18-22.
- Fox, E.L., y Mathews, D.K. (1974). *Interval Training: Conditioning for sports and general fitness*. Philadelphia: W.B. Saunders.
- Fox, E.L., Bartels, R. L., Klinzing, J., y Ragg, K. (1977). Metabolic responses to interval training programs of high and low power output. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9, 191-196.
- Frederick, E. (1996). Economía de movimiento y rendimiento de resistencia. En R.J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Gaçon, G. (1991). Un nuevo concepto de entrenamiento: La ponderación (1ª parte). *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 5 (1), 31-35.
- Gaçon, G. (1991). Un nuevo concepto de entrenamiento: La ponderación (2ª parte). *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 5 (2), 2-9.
- Gadoury, C., y Leger, L. (1986). Validité de l'épreuve de course navette de 20m avec paliers de 1 minute et du Physitest canadien pur prédire le $\dot{V}O_{2max}$ des adultes. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 7 (13), 57-68.
- Gadoury, C., y Léger, L. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min. Stages to predict $\dot{V}O_{2max}$ in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14 (1), 21-26.
- Gaesser, G.A., y Brooks, G. A. (1975). Muscular efficiency during steady rate exercise: effects of speed and work rate. *Journal of Applied Physiology*, 38, 1132-1139.
- Gaesser, G.A., Carnevale, T., Garfinkel, A., Walter, D., y Womack, C. (1995). Estimation of critical power with nonlinear and linear models. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 6, 1430-1438.

- Gaesser, G.A., Poole, D.C., y Gardner, B.P. (1984). Dissociation between $\dot{V}O_{2max}$ and ventilatory threshold responses to endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 53, 242-247.
- Gaesser, G. A., y Wilson, L.A. (1988). Effects of continuous and interval training on the parameters of the power endurance time relationship for high-intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 9 (6), 417-421.
- Gaiga, M., y Docherty, D. (1995). The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. *Canadian Journal Applied Physiology*, 20 (4), 452-464.
- García Manso, J.M. (1994). Comportamiento de la fuerza isométrica máxima ante contracciones repetidas de corta duración y recuperación semiincompleta: incidencia del sexo, las capacidades condicionales y las características morfológicas. (Tesis Doctoral). Universidad de Las Palmas.
- García Manso, J.M., López Calbet, J.A., Chavarren, J., y Arteaga, R. (1993). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la capacidad de rendimiento en las pruebas de media y larga duración. Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Granada, 10-13 Noviembre.
- García Manso, J.M., Navarro, M., y Ruiz, J.M. (1996a). *Pruebas para valoración de la capacidad motriz en el deporte*. Madrid: Gymnos.
- García Manso, J.M., Navarro, M., y Ruiz, J.M. (1996b). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.
- García Verdugo, M., y Leibar, X. (1997). *Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo*. Madrid:Gymnos.
- George, J., Stone, W., y Burkett, L. (1996). Non-exercise $\dot{V}O_{2max}$ estimation for physically active college students. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (3), 415-423.
- Gerbeaux, M., Lensele-Corbeil, G., Branly, G., Dierkens, J., Jacquet, A., Lefranc, J., Savin, A., y Savin, N. (1991). Estimation de la vitesse maximale aerobie chez les élèves des collèges et lycées. *Science et Motricite*, 13, 19-26.
- Gollnick, P., y Hermansen, L. (1973). Biochemical adaptations to exercise: anaerobic metabolism. En J. H. Wilmore, (ed.), *Exercise and Sport Sciences Reviews*. New York: Academic Press, Inc.

- Gollnick, P., Shephard, R., y Saltin, B. (1973). Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers during sprint work. *Journal of Applied Physiology*, 34:197-201.
- González Badillo, J.J., y Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
- 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.
- Green, H.J., Hughson, R.L., Orr, G.W., y Ranney, D.A. (1983). Anaerobic threshold, blood lactate, and muscle metabolites in progressive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 54, 1032-1038.
- Gregory, L.W. (1979). The development of aerobic capacity. A comparison of continuous and interval training. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 50 (2), 199-206.
- Grupo Español de Cineantropometría. (1993). *Manual de cineantropometría a cargo de Esparza Ros, F.* Murcia: Grupo Español de Cineantropometría (FEMEDE).
- Hamel, P., Simoneau, J.A., Lortie, G., Boulay, M.R., y Bouchard, C. (1986). Heredity and muscle adaptation to endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18, 690-696.
- Harre, D. (1972). *Teoria dell' allenamento. Indicazione di una metodica generale di allenamento*. Societa Stampa Sportiva.
- Hartley, L. H. (1996). Función cardíaca y resistencia. En R. J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo, 78.
- Hegedüs, J. (1981). *Teoría general y especial del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Stadium.
- Hegedüs, J. (1984). *La ciencia del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Stadium.
- Hennessy, L.C., y Watson, W.S. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8 (1), 12-19.
- Henriksson, J. (1996a). Metabolismo celular y resistencia. En R. J. Shephard, y P. O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo, 48.

- Henriksson, J. (1996b). Metabolismo de los músculos esqueléticos en contracción. En R. J. Shephard, y P. O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Hill, A.V., y Lupton, H.(1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quarterly Medical Journal*, (16), 135-171.
- Hill, D.W., y Rowell, A. (1996). Running velocity at $\dot{V}O_{2max}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (1), 114-119.
- Hill, D.W., y Rowell, A. (1997). Responses to exercise at the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (1),113-116.
- Hill, D.W., Willians, C.S. y Burt, S.E. (1996). Responses to exercise at 92 % and 100 % of the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 325-329.
- Hickson, R.C., Rosenkoetter, M. A., y Brown, M. M. (1980). Strenght training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 336-339.
- Hickson, R. C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E., Kvrowski, T., y Foster, C. (1988). Potential for strenght and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 65, 2285-2290.
- Hollmann, W., y Hettinguer, T. (1983). *Medicina de esporte*. Sao Paulo: Manole.
- Holloszy, J. (1975). Adaptacion of skeletal muscle to endurance exercise. *Medicine and Science in Sports*, 7,155-164.
- Holloszy, J.O., y Coyle, E.F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56, 831-838.
- Howley, E., y Glover, M. (1974). The caloric cost of running and walking one mile for men and women. *Medicine and Science in Sports*, 6, 235-237.
- Hunter, G., Demment, R. y Miller D. (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27 (3), 269-275.
- Jenkins, D., y Quigley, B. (1993). The influence of high-intensity exercise training on the Dlim-Tlim relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (2), 275-282.

- Jeukendrup, A., Saris, W., Brouns, F., y Kester, A. (1996). A new validated endurance performance test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (2), 66-270.
- Joyner, M.J. (1991). Modeling optimal marathon performance on the basis of physiologic.al factors. *Journal of Applied Physiology*, 70 (2), 683-687.
- Joyner, M.J. (1993). Physiological limiting factors and distance running: influence of gender and age on record performances. *Exercise and Sports Sciences Review*, 25, 103-133.
- Kachouri, M., Vandewalle, H., Billat, V., Huet, M., Thomaïdis, M., Jousselin, E., y Monod, H. (1996). Critical velocity of continuous and intermittent running exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 73, 484-487.
- Kachouri, M., Vandewalle, H., Huet, M., Thomaïdis, M., Jousselin, E., y Monod, H. (1996). Is the exhaustion at maximal aerobic speed an index of aerobic endurance? *Archives Physiology and Biochemistry*, 104 (3), 330-336.
- Katch, V., Sady, S., y Freedson, P. (1982). Biological variability in maximum aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14 (1), 21-25.
- Kinderman, W., Simon, G., y Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 42, 25-34.
- Klissouras, V., Pirnay, F., y Petit, J.M. (1973). Adaptation to maximal effort: genetics and age. *Journal of Applied Physiology*, 35, 288.
- Knuttgen, H.G., Nordesjo, L., Ollander, B., y Saltin, B. (1973). Physical conditioning through interval training with young male adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5, 220-226.
- Komi, P.V., Bosco C. (1978). Utilization of stored elatic energy in leg extensor muscle muscles by men and women. *Medicine and Science and Sport*, 10, 261-265.
- Krahenbuhl, G., Morgan, D., y Pangrazi, R. (1989). Longitudinal changes in distance-running performance of young males. *International Journal of Sports Medicine*, 10, 92-96.
- Krahenbuhl, G., y Pangrazi, R. (1983). Characteristics associated with running performance in young boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 486-490.

- Kranenburg, K., y Smith, D. (1995). Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (5), 614-618.
- Lacour, J.R., y Flandrois, R. (1977). Rôle du métabolisme aérobie lors de l'exercice intense et prolongé. *Journal of Physiology*, 73, 89-130.
- Lacour, J., Montmayeur, A., Dormois, D., Gaçon, G., Padilla, S., y Viale, C. (1989). Validation de l'épreuve de mesure de la vitesse maximale aérobie (VMA) dans un groupe de coureurs de haut niveau. *Science et Motricité*, 7, 3-8.
- Lacour, J.R., Padilla-Magunacelaya, S., Chatard, J.C., Arzac, L., y Barthélémy, J.C. (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 77-82.
- Léger, L. (1999). Programación de las cargas de entrenamiento.[Conferencia] Curso de postgrado en preparación física de los deportes individuales. INEF de Galicia, (Mayo 1999).
- Léger, L., y Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. *Canadian Journal of Applied Sports and Science*, 5 (2), 77-84.
- Léger, L., y Mercier, D. (1983). Coût énergétique de la course sur tapis roulant et sur piste. *Motricité Humaine*, 2, 66-69.
- Lesage, R., Simoneau, J.A., Jobin, J., Leblanc, J., y Bouchard, C. (1985). Familial resemblance in maximal heart rate, blood lactate and aerobic power. *Hum. Herd.* 35, 182-189.
- Lesmes, G.R., Fox, E.L., Stevens, C., y Otto, R. (1978). Metabolic responses of females to high intensity interval training of different frequencies. *Medicine and Science in Sports*, 10, 229-232.
- Lesmes, G.R., Garfield D.S., Friedman, J.B., Stevens, C., y Fox, E.L. (1983). Submaximal circulatory responses to high intensity interval work of different frequencies. *Annals of Sports Medicine*, 1 (2), 66-70.
- Lewis, S., Thompson, P., y Areskog, N. (1980). Transfer effects of endurance training to exercise with untrained limbs. *European Journal of Applied Physiology*, 44, 34-35.
- Lindsay, F., Hawley, J., Myburgh, K., Schomer, H., Noakes, T., Dennis, S. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (11),1427-1434.

- López Calbet, J.A. (1997a). Factores determinantes del consumo máximo de oxígeno: papel del sistema cardiovascular. *Revista de entrenamiento deportivo (R.E.D.)*, XI, (1), 11-18.
- López Calbet, J.A. (1997b). Adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de resistencia. *Revista de Entrenamiento Deportivo (R.E.D.)*, XI(3), 13-19.
- López Calbet, J.A., Mauri, F., Ortega F. y Gausi, C. (1990). Estudio ecocardiográfico de las dimensiones ventriculares izquierdas en ciclistas altamente entrenados. *I Congreso de la Sociedad Española de Medicina de la Educación Física y el Deporte*.
- López Chicharro, J. (1997). El umbral anaeróbico. *La carrera de resistencia, XIII curso de Fisiología del ejercicio*. [Conferencia]. Madrid: Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.
- López Chicharro, J., Legido, J. C., Alvarez, J., Serratosa, L., Bandrés, F., y Gamella, C. (1994). Saliva electrolytes as a useful tool for anaerobic threshold determination. *European Journal of Applied Physiology*, 68, 214-218.
- Loy, S. F., Hoffmann, J. J., y Holland, G. J. (1995). Benefits and practical use of cross-training in sports. *Sports Medicine*, 19, 1-8.
- Lucía, A. (1992). El consumo máximo de oxígeno $\dot{V}O_{2max}$. *Atletismo Español*, 443, 56-58.
- Maccormack, W., Cureton, K., Bullock, T., Weyand, P. (1991). Metabolic determinants of 1-mile run/walk performance in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (5), 611-617.
- MacDougall, D., y Sale, D. (1980). Entraînement continu ou entraînement intervallé pour l'athlète des disciplines d'endurance. *Science du Sport Documents de Recherche et de Technologie*, 19 (80), 1-8.
- MacDougall, D., y Sale, D. (1981). Continuous vs. interval training: a review for the athlete and the coach. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 6 (2), 93-97.
- MacDougall, D. (1993). Los tests de rendimiento del deportista, *Sport & Medicina*, Nov-Dic, 24-32.
- MacDougall, D., Wenger, H., Green, H. (1995). *Evaluación Fisiológica del deportista*. Barcelona: Paidotribo.

- Mader, A., Heck, H., y Hollmann, W. (1978). Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post exercise lactic acid contraction of ear capillary blood in middle distance swimmers and runners. *Exercise and Physiology*, 4, 187.
- Maffulli, N., Testa, V., Lancia, A., Capasso, G., y Lombardi, S. (1990). Indices of sustained aerobic power in young middle distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (9), 1090-1097.
- Manno, R. (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., y Hurley, B. (1991). Effects of strenght trining on lactater threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (6), 739-743.
- Maron, B.J. (1986). Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 7, 190-203.
- Martin, D.E., y Coe, P. N. (1994). *Entrenamiento para corredores de fondo y medio fondo*. Barcelona: Paidotribo.
- Martín, A., y Luna del Castillo, J.D. (1989). *Bioestadística para las ciencias de la salud*. Madrid: Norma.
- Martín, R. (1987). Desarrollo de la potencia aeróbica para jóvenes velocistas. *Apunts: E.F.*, XXIV, 115-122.
- Martín, R., y Vittori, C. (1998). Metodología del rendimiento deportivo: sentido definición y objeto de estudio (1ª parte). *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, XI,1, 6-10.
- Matvéyev, L. (1991). El entrenamiento y su organización. Algunas consideraciones sobre las leyes y los principios de la organización del entrenamiento deportivo. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 5 (1), 17-23).
- Matvéyev, L. (1983). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Moscú: Ráduga.
- Matvéyev, L. (1982). *El proceso del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Stadium.

- Maughan, R.J., y Leiper, J. (1983). Aerobic capacity and fractional utilization of aerobic capacity in elite and non-elite male and female marathon runners. *European Journal of Applied Physiology*, 52, 80-87.
- Mazzeo, R.S., y Marshall, P.M. (1989). Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67, 1319-1322.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. (1990). *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Alianza Deporte.
- McGuigan, P.F., Noble, B.J. (1985). Effects of eight weeks of interval training on anaerobic metabolism indicators of females. *Exercise Physiology: Current Selected Research*, 1, 11-21.
- Mckenzie, D., Mcluckie, S., Stirling, D. (1994). The protective effects of continuous and interval exercise in athletes with exercise-induced asthma. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (8), 951-956.
- Medbø, J.I., y Burgers, S. (1990). Effects of training on anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 501-507.
- Meléndez, A. (1995). *Entrenamiento de la resistencia aeróbica*. Madrid: Alianza Deporte.
- Mellerowicz, H., y Meller, W. (1979). *Bases fisiológicas do treinamento físico*. São Paulo: E.P.U. Springer Edusp.
- Mishchenko, V.S., Monogarov, V.D. (1995). *Fisiología del deportista*. Barcelona: Paidotribo.
- Mikesell, K.A., y Dudley, G.A. (1984). Influence of intense endurance training on aerobic power of competitive distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 371-375.
- Milesis, C.A. (1976). Effects of different durations of physical training on cardiorespiratory function, body composition, and serum lipids. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 47, 716.
- Moffat, R., Satamford, B., y Neill, R. (1977). Placement of bi-weekly training sessions: importance regarding enhancement of aerobic capacity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 48, 583-591.
- Mollet, R. (1958). *E l entrenamiento fraccionado*. Madrid: Estades.

- Monod, H., y Flandrois, R. (1986). *Manual de fisiología del deporte: ases fisiológicas de las actividades físicas y deportivas*. Barcelona: Masson.
- Montmayer, A., Leveque, F., y Hyacinthe, R. (1988). Utilisation pratique de la vitesse maximale aérobie (VAM). *Cinésiologie*, 27 (118), 96.
- Montmayer, A. y Villaret, M. (1990). Étude de la vitesse maximale aérobie derriere cycliste: valeur predictive sur la performance en course a pied. *Science et Motricite*, 10, 27-31.
- Montmayer, A. y André, P. (1990). Amelioration des tests de terrain bases sur la vitesse de course. Utilisation d'un micro-ordinateur. Informatisation du test VMAC: Vitesse Maximale de Course derriere Cycliste. *Medicine du Sport*, 64 (5), 277-279.
- Mora Vicente, J. (1992) Umbral Anaeróbico. Determinación de éste utilizando el test en pista de Léger-Boucher. En *Estudios Monográficos sobre las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. COPLEF Andalucía, 219-251.
- Morgan, D.W., Baldini, F.D., Martin, P.E., y Kohrt, W.M. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at $\dot{V}O_{2max}$ among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 78-83.
- Morgan, D., Martin, P., Baldini, F., y Krahenbuhl, G. (1990). Effects of a prolonged maximal run on running economy and running mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (6), 834-840.
- Morgan, D., Martin, P. E., y Krahenbuhl, G. S. (1989). Factors affecting running economy. *Sports Medicine*, 7, 310-330.
- Navarro, F. (1998). *La resistencia*. Madrid: Gymnos.
- Navarro, F. (1994). Principios del entrenamiento y estructuras de planificación. Madrid: C.O.E.
- Navarro, F. (1994). Modelos avanzados de la planificación del entrenamiento. I Congreso Internacional de Entrenamiento Deportivo de Castilla y León. León, Junta de Castilla y León.
- Nishimura, T., Yamada, Y., y Kawai, C. (1980). Echocardiographic evaluation of long-term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists. *Circulation* 61, 832-840.

- Noakes, T.D., Myburgh, K.H., y Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the $\dot{V}O_{2max}$ test predicts running performance. *Journal Sports Science*, 8, 35-45.
- Olsen, H.L., Raabo, E., Bangsbo, J., y Secher, N.H. (1994). Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, 69, 140-146.
- Olsen, R., Berg, K., Latin, R., y Blanke, D. (1988). Comparison of two intense interval training programs on maximum oxygen uptake and running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 28 (2), 158-164.
- 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.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., y Rusko, H. (1991). Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 261-265.
- Padilla, S., Bourdin, M., Barthélémy, J.C., y Lacour, J.R. (1992). Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 561-566.
- Paiva, M. C. (1980). Escola Portuguesa de Meio-Fundo e Fundo, Mito ou Realidade? (*Tesis Doctoral*). Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.
- Pate, R.R., Sparling, P.B., Wilson, G.E., Cureton, K.J., y Miller, B.J. (1987). Cardiorespiratory and metabolic responses to submaximal and maximal exercise in elite women distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 91-95.
- Petkiewicz, E. (1944). *Carreras atléticas*. Buenos Aires: Ferrari.
- Platonov, V.N. (1991). *La adaptación en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Pollock, M.L. (1975). Frequency of training as a determinant for improvement a determinant in cardiovascular function body composition of middle age men. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 56, 141.
- Pollock, M.L. (1978). How much exercise is enough? *The Physician and Sports Medicine*, 6, 50-64.

- Pollock, M.L., Jackson, A., y Pate, R. (1980). Discriminant analysis of physiological differences between good and elite distance runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 521-532.
- Poole, D.C., y Gaesser, G.A. (1985). Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *Journal of Applied Physiology*, 58 (4), 1115-1121.
- Powers, S.K., Dodd, S., y Beadle, R.E. (1985). Oxygen uptake in trained athletes differing in $\dot{V}O_{2max}$. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 306-308.
- Reindell, H., Roskamm, H., y Gerschler, W. (1962). *Das intervalltraining*. München: Barth.
- Robinson, S., Dill, K. B., Robinson, R.D., Tzankoff, S.P., y Wagner, J.A. (1976). Physiological aging of champion runners. *Journal of Applied Physiology*, 41, 6.
- Roca, J., Agustí, A.G.N., Alonso, A., Poole, D.C., Viegas, C., Barbera, J.A., Rodríguez-Roisin, R., Ferrer, A., y Wagner, P.D. (1992). Effects of training on muscle O_2 transport at $\dot{V}O_{2max}$. *Journal of Applied Physiology*, 873, 1067-1076.
- Rodríguez, F.A. (1987). Umbral anaeróbico y entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 1 (1), 22-32.
- Rodríguez, F.A., y Aragonés, M.T. (1992). Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En González, J.J., *Fisiología de la Actividad Física y el Deporte*. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.
- Rodríguez, F.A. (1999). Bases metodológicas de la valoración funcional. Ergometría. En González, J.J., Villegas, J.A., Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales. Monografías de Medicina del Deporte FEMEDE, nº 6. Pamplona: FEMEDE, 234-271.
- Rodríguez, F.A. (en prensa). Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400 m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Rösler, K., Hoppeler, K., y Conley, K.E. (1985). Transfer effects in endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 355-362.
- Ross, W.D., y Marfell-Jones, R.J. (1995). Cineantropometría. J. Duncan MacDougall, H., A. Wenger y H.J. Green (Eds.), *Evaluación fisiológica del deportista*. Barcelona: Paidotribo.

- Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O., Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *International Journal of Sports Medicine*, 7 (5), 281-286.
- Saltin, B. (1989a). Capacidad aeróbica y anaeróbica (I). *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 3 (2), 35-45.
- Saltin, B. (1989b). Capacidad aeróbica y anaeróbica (II). *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 3 (3), 2-9.
- Saltin, B. (1989c). Capacidad aeróbica y anaeróbica (III). *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 3 (4), 2-9.
- Saltin, B. (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports*, 3, 137-146.
- Saltin, B., Essen, B., Pedersen, P.K. (1976). Intermittent exercise: Its physiology and some practical applications. En E. Jokl, R. L. Anand, y H. Stoboy, (eds.). *Advances in Exercise Physiology*.
- Saltin, B., y Gollnick, P. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. En Peachy y col. (Edit.). *Hand-book of Physiology*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Saltin, B., y Strange, S. (1992). Maximal oxygen uptake: "old" and "new" arguments for a cardiovascular limitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 30-37.
- Scott, B.K., y Houmard, J.A. (1994). Peak running velocity is highly related to distance running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 504-507.
- Shellock, F. (1993). El ácido láctico en el período de recuperación. *Sport & Medicina*, 10, 26-35.
- Shephard, R.J. (1977). En busca de un programa de entrenamiento óptimo para la resistencia aeróbica. *Novedades en entrenamiento VI*. Madrid: INEF.
- Shephard, R.J. (1996). Definiciones semánticas y fisiológicas. En R.J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo, 3-7.
- Shephard, R.J. (1996). Consumo máximo de oxígeno. En R.J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.

- Shephard, R.J. (1996). Resistencia muscular y lactato de la sangre. En R.J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Shephard, R.J., y Åstrand, P.O. (1996). *La Resistencia en el Deporte*. Paidotribo: Barcelona.
- Shephard, R.J., Bouhlef, E., Vandewalle, H., y Monod, H. (1988). Muscle mass as a factor limiting physical work. *Journal of Applied Physiology*, 64, 1472-1479.
- Shephard, R.J., y Pyley, M.J. (1996). Circulación periférica y resistencia. En R. J. Shephard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Simoneau, J.A., Lortie, G., y Boulay, M.R. (1985). Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 250-253.
- Sjödín, B., y Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, 2, 83-89
- Skinner, J.S., y MacLellan, T.M. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 234-248.
- Smith, D.A., y O'Donnell, A. (1984). The time course during 36 weeks' endurance training of changes in $\dot{V}O_{2max}$ and anaerobic threshold as determined with a new computerized method. *Clinical Science*, 67, 229-236.
- Smith, D.J., y Wengner, H.A. (1981). 10 day aerobic mini-cycle: the effects of interval or continuous training at two different intensities. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 21 (4), 39-394.
- Snell, P. (1990). Middle distance running. En T. Reilly, N. Secher, P. Snell, y col. (Eds.) *Physiology of Sports*. Londres: E&FN Spon.
- Stegmann, H., y Kindermann, W. (1982). Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mM/l. *International Journal of Sports Medicine*, 3, 105-110.
- Stegmann, J. (1979). *Fisiologia do Esforço*. Rio de Janeiro: Cultura Médica LTDA
- Stenberg, J., Åstrand, P.O., Ekblom, B., Royce, J., y Saltin, B. (1967). Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *Journal of Applied Physiology*, 22, 61.

- Strømme, S. B., Ingier, F., y Meen, H. D. (1977). Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 42, 837-883.
- Stuart, M. K., Howley, E. T., Gladden, L. B., Cox, R. H. (1981). Efficiency of trained subjects differing in maximal oxygen uptake and type of training. *Journal of Applied Physiology*, 50, 444-449.
- Sutton, J. R. (1992). Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, 13, 127-133.
- Svedenhag, J. (1996). Preparación de la resistencia. En R.J. Shephard, y P.O. Astrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Svedenhag, J., Henriksson, J., y Sylvén, C. (1984). Dissociation of training effects on skeletal muscle mitochondrial enzymes and myoglobin in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117, 213-218.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and $\dot{V}O_{2max}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (10),1327-1330.
- Tanaka, K., Matsuura, Y., Natsuzaka, A. (1984). A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance-running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16, 278-282.
- Thomas, T.R., Adeniran, S.B., y Etheridge, G.L. (1984). Effects of different running programs on $\dot{V}O_{2max}$, percent fat, and plasma lipids. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 9 (2), 55-62.
- Truillón, P. (1987). Aspectos fisiológicos del entrenamiento atlético. En Cuadernos de atletismo nº 1. *Medio Fondo y Fondo*. Madrid: Augusto Pila Teleña, 5-3.
- Tschiene, P. (1987). El sistema de entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 4 (4-5), 2-11.
- Tschiene, P. (1985). Il ciclo annuale d'allenamento, *Sds, Rivista di Cultura Sportiva*, 2, 14-21.
- Tschiene, P. (1992). Por una teoría del entrenamiento juvenil. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 4, 13-22.
- Tuimil, J.L., y Dopico, J. (1997). Metodología del entrenamiento en el mediofondo juvenil. *Perspectivas de la Actividad Física y del Deporte*, 19, 1-8.

- Tuimil, J.L., Santiago, M. y López, A. (1998). La velocidad aeróbica máxima (VAM). (Comunicación). VI Congreso de Educación Física y Ciencias del Deporte de Países de Lengua Portuguesa, Julio, 1998.
- Tuimil, J.L., Hornillos I. y Oro A. (1998). Situación de la investigación de los métodos de entrenamiento continuos e interválico (Póster). VI Congreso de Educación Física y Ciencias del Deporte de Países de Lengua Portuguesa, Julio, 1998.
- Ulmeanu, C. (1969). *Medicina de la cultura física*. Mexico: Pax.
- Uppal, A.K. (1981). Comparative effects of slow continuous running and interval running methods on maximal oxygen uptake. *Society for the National Institutes of Physical Education and Sports Journal*, 4 (4), 53-57.
- Vélez, M. (1992). El entrenamiento de la fuerza para la mejora del salto. *Apunts: E.F.*, XXIX, 139-156.
- Verjoshanski, I.V. (1990). *Entrenamiento deportivo. Planificación y programación*. Barcelona: Martínez Roca.
- Vorobiev, A. (1974). *Halterofilia. Ensayo sobre fisiología y el entrenamiento deportivo*. Mexico.
- Vuorima, T., Karvonen, J. (1988). Recovery time in interval training for increasing aerobic capacity. *Annals of Sport Medicine*, 3 (4), 215-219.
- W.A.A. (1995). Abstracts extraídos de la revista *Canadian Journal of Applied Physiology*, INFOCOES, 1 (0), 67-80
- Wagner, P.D. (1991). Central and peripheral aspects of oxygen transport and adaptations with exercise. *Sports Medicine*, 11, 133-142.
- Wasserman, K. (1991). La teoría del intercambio gaseoso y el umbral (aneróbico) de acidosis láctica. *Apunts: Medicina*, XVIII, 7-39.
- Weineck, J. (1988). *Entrenamiento óptimo*. Barcelona: Hispano Europea.
- Weltman, A., Snead, D., y Stein, P. (1990). Reliability and validity of a continuous treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and $\dot{V}O_{2max}$. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 26-32.

- Weltman, A., y Katch, V. (1976). Min-by-min respiratory exchange and O₂ uptake kinetics during steady-state exercise in subjects of high and low $\dot{V}O_{2max}$. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 47, 490-498.
- Wenger, H., y Bell, G. J. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine*, 3, 346-356.
- Whipp, B.J., Davis, J.A., Torres, F., y Wasserman, K. (1981). A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 49, 217-221.
- Wilcox, A., y Bulbulian, R. (1984). Changes in running economy relative to $\dot{V}O_{2max}$ during a cross-country season. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 24, 321-326.
- Williams, T., Krahenbuhl, G., Morgan, D. (1990). Mood state and running economy in moderately trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (6), 727-731.
- Wilmore, J.H. (1983). Body composition in sport and exercise: directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 21-31.
- Wilmore, J.H. (1984). The assessment of and variation in aerobic power world class athletes as related to specific sports. *American Journal of Sports Medicine*, 12, 120-127.
- Wilmore, J.H. (1970). Body composition changes with a 10-week program of jogging. *Medicine and Science in Sports*, 2, 113.
- Wilmore, J.H. (1996). Composición corporal y reservas de energía del cuerpo. En R.J. Shepard, y P.O. Åstrand, *La Resistencia en el Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Wilmore, J.H., y Costill, D. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Witten, C.X., y Witten, W. A. (1973). Effects of frequency interval training upon cardiovascular fitness among college females. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 13 (3), 183-186.
- Yuhasz, M.S. (1977). Physical fitness and sports appraisal laboratory manual. Western Ontario University, Canada.
- Zaporozhanov, V.A., Sirenko, V.A., y Yushko, B.N. (1992). *La carrera atlética*. Barcelona: Paidotribo.

-Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia*. Barcelona: Martínez Roca.

-Zwiren, L., Cureton, K., y Hutchinson, P. (1983). Comparison of circulatory responses to submaximal exercise in equally trained men and women. *International Journal of Sports Medicine*, (4), 255-259.

6. Apéndices

ÍNDICE

6.1. Fichas de registro y control	243
6.2. Resultados	244
6.2.1. Estadísticos descriptivos antes del entrenamiento	245
6.2.2. Distribución de la muestra respecto al rendimiento en la carrera antes del entrenamiento	246
6.2.3. Pruebas de normalidad y homogeneidad antes del entrenamiento	248
6.2.4. Diferencias entre grupos antes del entrenamiento en los parámetros de rendimiento funcionales y morfológicos	249
6.2.5. Estadísticos descriptivos después del entrenamiento	251
6.2.6. Distribución de la muestra total en el rendimiento en la carrera después del entrenamiento	252
6.2.7. Pruebas de normalidad y homogeneidad después del entrenamiento, por grupos	254
6.2.8. Diferencias intergrupos después del entrenamiento respecto a los parámetros funcionales y morfológicos	254
6.2.9. Diferencias intragrupos antes y después del entrenamiento.	257
6.2.10. Diferencias entre la VAM inicial, intermedia y final en los grupos experimentales	258

6.1. Fichas de registro y control

EVALUACIÓN INICIAL**NOMBRE:****FECHA DE NACIMIENTO:****ESTATURA:****PESO:****GRUPO:****EVALUACIÓN CINEANTROPOMÉTRICA**

PLIEGUES	MEDICIÓN	DIÁMETROS	MEDICIÓN	COMPOSICIÓN CORPORAL
TRICIPITAL				PESO CORPORAL
SUBESCAPULAR		BIESTILOIDEO DE RADIO		TEJIDO GRASO (%)
SUPRAILÍACO		BIEPICONDÍLEO DE HÚMERO		TEJIDO MUSCULAR (%)
ABDOMINAL		BIEPICONDÍLEO DE FÉMUR		TEJIDO ÓSEO (%)
MUSLO		PERÍMETRO BÍCEPS CONTRAÍDO		TEJIDO RESIDUAL (%)
PIERNA		PERÍMETRO PIERNA		

EVALUACIÓN FUERZA**MEDICIONES**

SALTOS	1°	2°	3°	FINAL
SJ				
CMJ				
ABALAKOV				
REACTIVIDAD	Potencia	Altura	N° saltos	

RENDIMIENTO CARRERA

- VAM:
- Tlim:
- Duración UMTT:
- VO₂max.:

EVALUACIÓN INTERMEDIA**VAM:****DURACIÓN:****VO₂max.:****EVALUACIÓN FINAL****EVALUACIÓN CINEANTROPOMÉTRICA**

PLIEGUES	MEDICIÓN	DIÁMETROS	MEDICIÓN	COMPOSICIÓN CORPORAL
TRICIPITAL				PESO CORPORAL
SUBESCAPULAR		BIESTILOIDEO DE RADIO		TEJIDO GRASO (%)
SUPRAILÍACO		BIEPICONDÍLEO DE HÚMERO		TEJIDO MUSCULAR (%)
ABDOMINAL		BIEPICONDÍLEO DE FÉMUR		TEJIDO ÓSEO (%)
MUSLO		PERÍMETRO BÍCEPS CONTRAÍDO		TEJIDO RESIDUAL (%)
PIERNA		PERÍMETRO PIERNA		

EVALUACIÓN FUERZA**MEDICIONES**

SALTOS	1°	2°	3°	FINAL
SJ				
CMJ				
ABALAKOV				
REACTIVIDAD	Potencia	Altura	N° saltos	

RENDIMIENTO CARRERA

- VAM:
- Tlim:
- Duración UMTT:
- VO₂max.:

FICHA DE CONTROL DEL ENTRENAMIENTO

Entrenamiento realizado

Nombre:

Grupo:

	Lunes	Miércoles	Viernes
1ª SEMANA			
Observaciones			
2ª SEMANA			
Observaciones			
3ª SEMANA			
Observaciones			
4ª SEMANA			
Observaciones			
5ª SEMANA			
Observaciones			
6ª SEMANA			
Observaciones			
7ª SEMANA			
Observaciones			
8ª SEMANA			
Observaciones			

6.2. Resultados

6.2.1. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS ANTES DEL ENTRENAMIENTO

Estadísticos descriptivos^a

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Salto Abalakov	5	38,40	54,50	47,3200	7,0436
Contramovimiento	5	28,70	45,30	38,5800	6,7192
Distancia límite a la VAM	5	1591,00	2271,00	1890,8000	287,8840
Duración en el test de Montreal	5	1202,00	1461,00	1301,8000	105,3029
peso	5	66,65	75,00	70,0900	3,2219
% grasa	5	7,50	11,00	9,2000	1,3491
velocidad aeróbica máxima	5	16,00	18,00	16,6000	,8944
VO2máx.	5	56,00	63,00	58,1000	3,1305
N válido (según lista)	5				

a. Tipo de entrenamiento = Continuo

Estadísticos descriptivos^a

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Salto Abalakov	7	40,60	54,00	46,4857	6,0510
Contramovimiento	7	31,00	45,00	37,7143	5,4998
Distancia límite a la VAM	7	1534,00	2230,00	1802,5714	264,3973
Duración en el test de Montreal	7	1202,00	1500,00	1346,1429	107,8277
peso	7	59,00	81,00	69,6429	7,9145
% grasa	7	6,60	10,50	8,5714	1,3462
velocidad aeróbica máxima	7	16,00	18,00	17,0000	,8165
VO2máx.	7	56,00	63,00	59,5000	2,8577
N válido (según lista)	7				

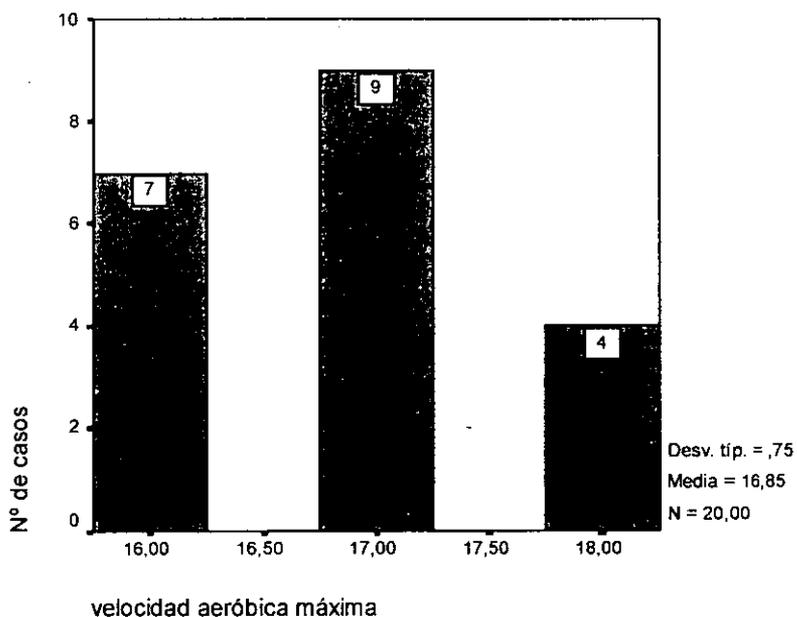
a. Tipo de entrenamiento = Intervalico

Estadísticos descriptivos

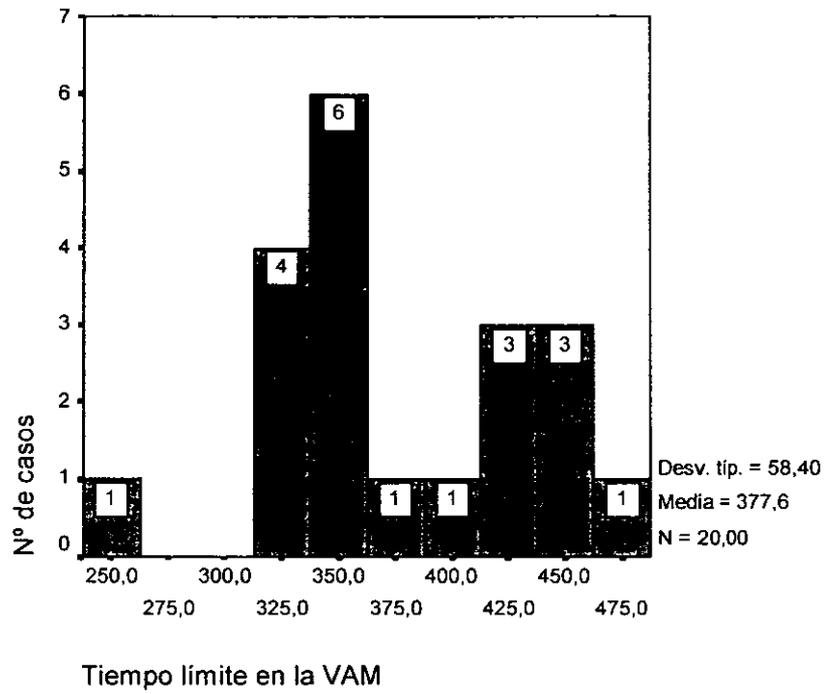
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Salto Abalakov	8	37,90	58,80	47,3500	6,1795
Contramovimiento	8	32,20	47,40	39,2375	4,6192
Distancia límite a la VAM	8	1195,00	2162,00	1656,5000	287,8943
Duración en el test de Montreal	8	1205,00	1442,00	1308,3750	75,2310
peso	8	58,00	79,50	71,5500	8,0225
% grasa	8	6,90	11,80	9,2500	1,7865
velocidad aeróbica máxima	8	16,00	18,00	16,8750	,6409
VO2máx.	8	56,00	63,00	59,0625	2,2430
N válido (según lista)	8				

a. Tipo de entrenamiento = Control

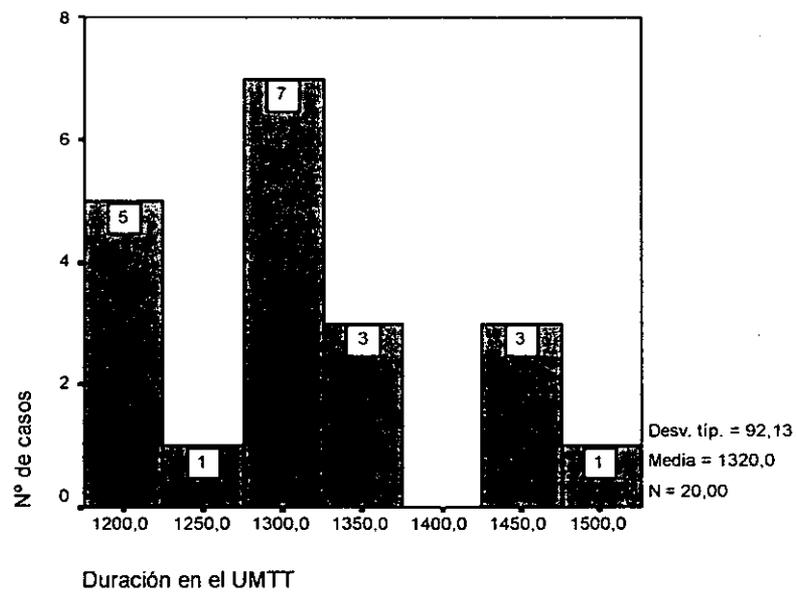
6.2.2. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA TOTAL EN EL RENDIMIENTO EN LA CARRERA ANTES DEL ENTRENAMIENTO



Gráfica: 3.4.1.1.a.- Distribución de la población total, respecto a la variable VAM, antes del entrenamiento



Gráfica: 3.4.1.1 b.- Distribución de la población total, respecto al Tlim, antes del entrenamiento



Gráfica: 3.4.1.1.c.- Distribución de la población total, respecto a la duración en el UMTT, antes del entrenamiento

6.2.3. PRUEBAS DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD, ANTES DEL ENTRENAMIENTO

Pruebas de normalidad

	Tipo de entrenamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
peso	Continuo	,249	5	,200*	,923	5	,488
	Intervalico	,202	7	,200*	,931	7	,524
	Control	,252	8	,145	,886	8	,272
% grasa	Continuo	,188	5	,200*	,959	5	,745
	Intervalico	,196	7	,200*	,971	7	,894
	Control	,222	8	,200*	,923	8	,456
CMJ	Continuo	,207	5	,200*	,893	5	,387
	Intervalico	,214	7	,200*	,903	7	,388
	Control	,203	8	,200*	,956	8	,739
CMJA	Continuo	,246	5	,200*	,835	5	,196
	Intervalico	,261	7	,164	,818	7	,071
	Control	,163	8	,200*	,962	8	,797
VAM	Continuo	,349	5	,046	,745	5	,039
	Intervalico	,214	7	,200*	,854	7	,172
	Control	,327	8	,012	,810	8	,044
Tlim	Continuo	,206	5	,200*	,836	5	,199
	Intervalico	,237	7	,200*	,830	7	,088
	Control	,216	8	,200*	,960	8	,779
VO2max	Continuo	,349	5	,046	,745	5	,039
	Intervalico	,214	7	,200*	,854	7	,172
	Control	,327	8	,012	,810	8	,044
TUMTT	Continuo	,206	5	,200*	,885	5	,363
	Intervalico	,163	7	,200*	,954	7	,738
	Control	,306	8	,026	,826	8	,063

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de homogeneidad de la varianza

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
peso	2,689	2	17	,097
% grasa	,871	2	17	,436
CMJ	,586	2	17	,568
CMJA	,262	2	17	,773
VAM	,576	2	17	,573
Tlim	,055	2	17	,946
VO2max	,576	2	17	,573
TUMTT	,542	2	17	,591

6.2.4. DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS ANTES DEL ENTRENAMIENTO EN LOS PARÁMETROS DE RENDIMIENTO FUNCIONALES Y MORFOLOGICOS

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CMJA	Inter-grupos	3,311	2	1,656	,041	,960
	Intra-grupos	685,437	17	40,320		
	Total	688,748	19			
CMJ	Inter-grupos	8,673	2	4,336	,144	,867
	Intra-grupos	511,435	17	30,084		
	Total	520,108	19			
TUMTT	Inter-grupos	7521,4	2	3760,709	,416	,666
	Intra-grupos	153734	17	9043,149		
	Total	161255	19			
Peso	Inter-grupos	14,797	2	7,399	,145	,866
	Intra-grupos	867,879	17	51,052		
	Total	882,676	19			
Tlim	Inter-grupos	9797,4	2	4898,696	1,514	,248
	Intra-grupos	55014	17	3236,092		
	Total	64811	19			
VAM	Inter-grupos	,475	2	,237	,401	,676
	Intra-grupos	10,075	17	,593		
	Total	10,550	19			
VO2max	Inter-grupos	5,819	2	2,909	,401	,676
	Intra-grupos	123,419	17	7,260		
	Total	129,238	19			
% grasa	Inter-grupos	1,986	2	,993	,417	,666
	Intra-grupos	40,494	17	2,382		
	Total	42,480	19			

Scheffé

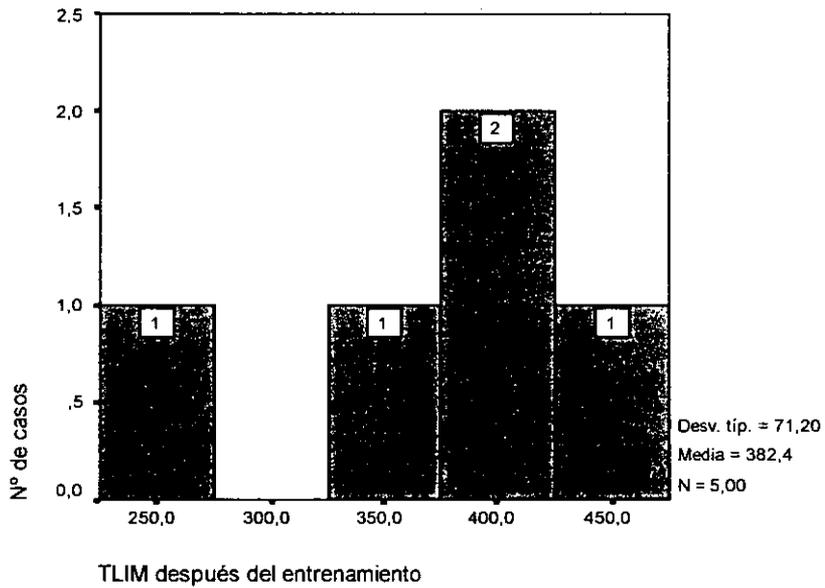
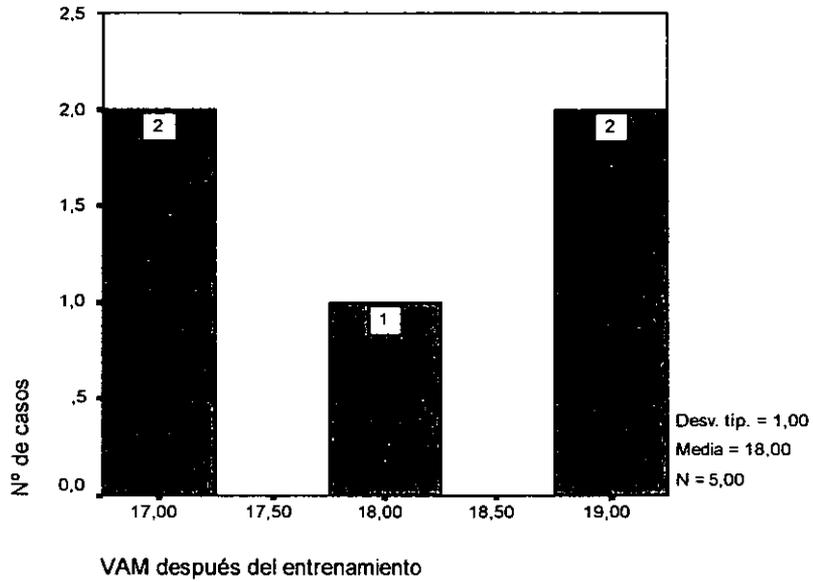
Variable dependiente	(I) Tipo de entrenamiento	(J) Tipo de entrenamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Salto Abalakov	Continuo	Intervalico	,8343	3,718	,975	-9,1306	10,7991
		Control	-3,00E-02	3,620	1,000	-9,7319	9,6719
	Intervalico	Continuo	-,8343	3,718	,975	-10,80	9,1306
		Control	-,8643	3,286	,966	-9,6720	7,9435
	Control	Continuo	3,000E-02	3,620	1,000	-9,6719	9,7319
		Intervalico	,8643	3,286	,966	-7,9435	9,6720
Contramovimiento	Continuo	Intervalico	,8657	3,212	,964	-7,7419	9,4733
		Control	-,6575	3,127	,978	-9,0380	7,7230
	Intervalico	Continuo	-,8657	3,212	,964	-9,4733	7,7419
		Control	-1,5232	2,839	,867	-9,1313	6,0849
	Control	Continuo	,6575	3,127	,978	-7,7230	9,0380
		Intervalico	1,5232	2,839	,867	-6,0849	9,1313
Duración en el test de Montreal	Continuo	Intervalico	-44,3429	55,682	,732	-193,6	104,892
		Control	-6,5750	54,213	,993	-151,9	138,722
	Intervalico	Continuo	44,3429	55,682	,732	-104,9	193,573
		Control	37,7679	49,217	,749	-94,14	169,674
	Control	Continuo	6,5750	54,213	,993	-138,7	151,872
		Intervalico	-37,7679	49,217	,749	-169,7	94,1387
peso	Continuo	Intervalico	,4471	4,184	,994	-10,77	11,6600
		Control	-1,4600	4,073	,938	-12,38	9,4570
	Intervalico	Continuo	-,4471	4,184	,994	-11,66	10,7657
		Control	-1,9071	3,698	,876	-11,82	8,0037
	Control	Continuo	1,4600	4,073	,938	-9,4570	12,3770
		Intervalico	1,9071	3,698	,876	-8,0037	11,8180
Tiempo límite en la VAM	Continuo	Intervalico	27,7429	33,309	,712	-61,53	117,016
		Control	55,8500	32,430	,255	-31,07	142,767
	Intervalico	Continuo	-27,7429	33,309	,712	-117,0	61,5305
		Control	28,1071	29,442	,642	-50,80	107,014
	Control	Continuo	-55,8500	32,430	,255	-142,8	31,0674
		Intervalico	-28,1071	29,442	,642	-107,0	50,8001
velocidad aeróbica máxima	Continuo	Intervalico	-,4000	,451	,681	-1,6081	,8081
		Control	-,2750	,439	,824	-1,4512	,9012
	Intervalico	Continuo	,4000	,451	,681	-,8081	1,6081
		Control	,1250	,398	,952	-,9428	1,1928
	Control	Continuo	,2750	,439	,824	-,9012	1,4512
		Intervalico	-,1250	,398	,952	-1,1928	,9428
VO2máx.	Continuo	Intervalico	-1,4000	1,578	,681	-5,6284	2,8284
		Control	-,9625	1,536	,824	-5,0793	3,1543
	Intervalico	Continuo	1,4000	1,578	,681	-2,8284	5,6284
		Control	,4375	1,394	,952	-3,2999	4,1749
	Control	Continuo	,9625	1,536	,824	-3,1543	5,0793
		Intervalico	-,4375	1,394	,952	-4,1749	3,2999
% grasa	Continuo	Intervalico	,6286	,904	,788	-1,7935	3,0506
		Control	-5,00E-02	,880	,998	-2,4081	2,3081
	Intervalico	Continuo	-,6286	,904	,788	-3,0506	1,7935
		Control	-,6786	,799	,702	-2,8194	1,4622
	Control	Continuo	5,000E-02	,880	,998	-2,3081	2,4081
		Intervalico	,6786	,799	,702	-1,4622	2,8194

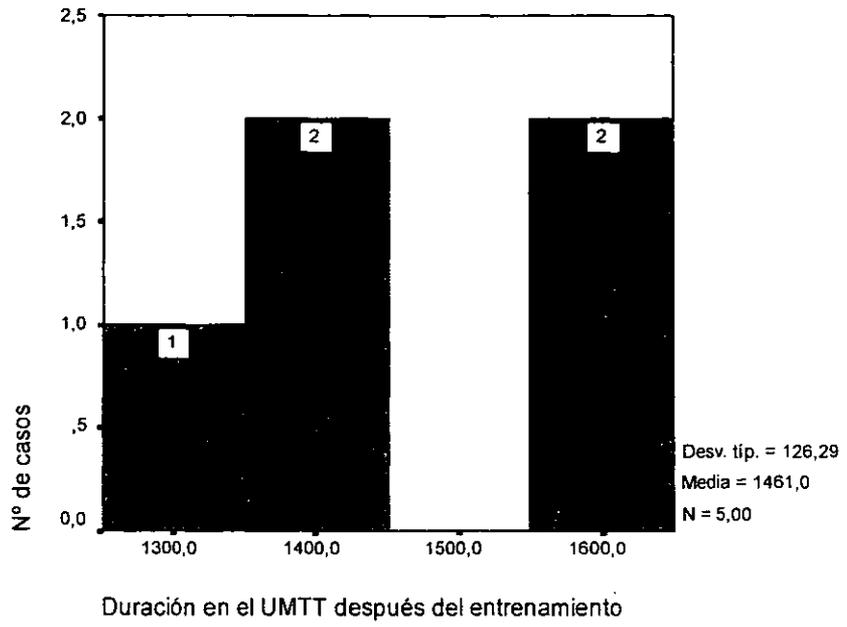
6.2.5. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO

Estadísticos descriptivos

		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
Continuo	PESO	5	66,90	71,40	68,5000	1,8207
	GRASA RELATIVA	5	7,70	10,20	9,1200	1,1032
	CMJ	5	28,00	46,00	38,2600	7,4591
	TUMTT	5	1320,00	1621,00	1461,0000	126,2894
	VAM	5	17,00	19,00	18,0000	1,0000
	VO2max	5	59,50	66,50	63,0000	3,5000
	CMJA	5	36,40	52,70	46,2600	6,8156
	Tlim	5	268,00	451,00	382,4000	71,1990
	N válido (según lista)	5				
Intervalico	PESO	7	61,00	79,50	69,0571	7,4993
	GRASA RELATIVA	7	7,30	10,90	9,0286	1,1514
	CMJ	7	30,50	43,20	37,2571	4,8435
	TUMTT	7	1351,00	1570,00	1456,2857	83,6475
	VAM	7	17,00	19,00	18,0000	,8165
	VO2max	7	59,50	66,50	63,0000	2,8577
	CMJA	7	38,50	51,60	45,0286	6,2718
	Tlim	7	320,00	480,00	385,1429	52,7018
	N válido (según lista)	7				
Control	PESO	8	57,80	78,10	70,9375	8,3673
	GRASA RELATIVA	8	7,40	12,90	9,5125	1,7940
	CMJ	8	32,00	42,80	38,1875	4,2546
	TUMTT	8	1220,00	1340,00	1302,1250	48,4604
	VAM	8	16,00	17,00	16,7500	,4629
	VO2max	8	56,00	59,50	58,6250	1,6202
	CMJA	8	36,10	55,30	46,8125	5,8308
	Tlim	8	251,00	470,00	359,7500	93,5670
	N válido (según lista)	8				

6.2.6. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA TOTAL EN EL RENDIMIENTO EN LA CARRERA DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO





6.2.7. PRUEBAS DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO, POR GRUPOS

Prueba de homogeneidad de la varianza

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CMJA2	,184	2	17	,834
CMJ2	1,227	2	17	,318
Dlim2	2,352	2	17	,125
TUMTT2	3,654	2	17	,048
Peso2	7,084	2	17	,006
% grasa2	,794	2	17	,468
VAM2	1,650	2	17	,221
VO2max	1,650	2	17	,221

6.2.8. DIFERENCIAS INTERGRUPOS DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO RESPECTO A LOS PARÁMETROS FUNCIONALES Y MORFOLÓGICOS

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Duración en el test de montreal después	Inter-grupos	6,001E-02	2	3,001E-02	8,613	,003
	Intra-grupos	5,923E-02	17	3,484E-03		
	Total	,119	19			
TLIM después	Inter-grupos	2844,643	2	1422,321	,246	,785
	Intra-grupos	98225,557	17	5777,974		
	Total	101070,20	19			
VAM después	Inter-grupos	7,500	2	3,750	6,711	,007
	Intra-grupos	9,500	17	,559		
	Total	17,000	19			
VO2máx. después	Inter-grupos	91,875	2	45,938	6,711	,007
	Intra-grupos	116,375	17	6,846		
	Total	208,250	19			

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
% de grasa después del entrenamiento		,978	2	,489	,235	,793
	Intra-grupos	35,351	17	2,079		
	Total	36,329	19			

Estadísticos de contraste

a,b

	LNPEO2
Chi-cuadrado	,152
gl	2
Sig. asintót.	,927

- a. Prueba de
Kruskal-Wallis
- b. Variable de
agrupación: Tipo
de entrenamiento

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abalakov después del entrenamiento		21,832	2	10,916	,206	,816
	Intra-grupos	900,158	17	52,950		
	Total	921,990	19			
Contramovimiento después del entrenamiento		4,194	2	2,097	,073	,930
	Intra-grupos	490,018	17	28,825		
	Total	494,212	19			

Comparaciones múltiples

Scheffé

Variable dependiente	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Duración	Continuo	Intervalico	1,661E-03	,035	,999	-,0910	9,4E-02
		Control	,1128*	,034	,013	,0226	,2030
	Intervalico	Continuo	-1,66E-03	,035	,999	-,0943	9,1E-02
		Control	,1111*	,031	,008	,0292	,1930
	Control	Continuo	-,1128*	,034	,013	-,2030	-2,E-02
		Intervalico	-,1111*	,031	,008	-,1930	-3,E-02
VAM	Continuo	Intervalico	,0000	,438	1,0	-1,1731	1,1731
		Control	1,2500*	,426	,031	,1078	2,3922
	Intervalico	Continuo	,0000	,438	1,0	-1,1731	1,1731
		Control	1,2500*	,387	,017	,2131	2,2869
	Control	Continuo	-1,2500*	,426	,031	-2,3922	-,1078
		Intervalico	-1,2500*	,387	,017	-2,2869	-,2131
VO2máx.	Continuo	Intervalico	,0000	1,532	1,0	-4,1060	4,1060
		Control	4,3750*	1,492	,031	,3774	8,3726
	Intervalico	Continuo	,0000	1,532	1,0	-4,1060	4,1060
		Control	4,3750*	1,354	,017	,7458	8,0042
	Control	Continuo	-4,3750*	1,492	,031	-8,3726	-,3774
		Intervalico	-4,3750*	1,354	,017	-8,0042	-,7458

*. La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

6.2.9. DIFERENCIAS INTRAGRUPOS ANTES Y DESPUÉS DEL ENTRENAMIENTO.

Prueba T de Student Fisher para muestras relacionadas

Tipo de entrenamiento	Diferencias relacionadas						t	g l	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Continuo	Par 1 CMJA-CMJA2	1,0600	1,3107	,5862	-,5675	2,6875	1,808	4	,145
	Par 2 CMJ-CMJ2	,3200	2,1312	,9531	-2,3262	2,9662	,336	4	,754
	Par 3 TUMTT-TUMTT2	-159,2000	45,0744	20,1579	-215,1672	-103,2328	-7,898	4	,001
	Par 4 Tlim-Tlim2	27,2000	68,1520	30,4785	-57,4219	111,8219	,892	4	,423
	Par 5 VAM-VAM2	-1,4000	,5477	,2449	-2,0801	-,7199	-5,715	4	,005
	Par 6 VO2max-VO2max2	-4,9000	1,9170	,8573	-7,2803	-2,5197	-5,715	4	,005
	Par 7 Peso-Peso2	1,5900	1,4571	,6516	-,2192	3,3992	2,440	4	,071
	Par 8 % grasa-% grasa2	8,000E-02	,5167	,2311	-,5616	,7216	,346	4	,747
Intervalico	Par 1 CMJA-CMJA2	1,4571	1,8429	,6965	-,2472	3,1615	2,092	6	,081
	Par 2 CMJ-CMJ2	,4571	1,6267	,6148	-1,0473	1,9616	,744	6	,485
	Par 3 TUMTT-TUMTT2	-110,1429	68,3701	25,8415	-173,3747	-46,9110	-4,262	6	,005
	Par 4 Tlim-Tlim2	-3,2857	71,9623	27,1992	-69,8397	63,2683	-,121	6	,908
	Par 5 VAM-VAM2	-1,0000	,5774	,2182	-1,5340	-,4660	-4,583	6	,004
	Par 6 VO2max-VO2max2	-3,5000	2,0207	,7638	-5,3689	-1,6311	-4,583	6	,004
	Par 7 Peso-Peso2	,5857	1,3981	,5284	-,7073	1,8788	1,108	6	,310
	Par 8 % grasa-% grasa2	-,4571	,5563	,2103	-,9717	5,739E-02	-2,174	6	,073
Control	Par 1 CMJA-CMJA2	,5375	1,7687	,6253	-,9412	2,0162	,860	7	,419
	Par 2 CMJ-CMJ2	1,0500	2,2879	,8089	-,8627	2,9627	1,298	7	,235
	Par 3 TUMTT-TUMTT2	6,2500	66,6842	23,5764	-49,4994	61,9994	,265	7	,799
	Par 4 Tlim-Tlim2	-6,0000	93,5643	33,0800	-84,2217	72,2217	-,181	7	,861
	Par 5 VAM-VAM2	,1250	,6409	,2266	-,4108	,6608	,552	7	,598
	Par 6 VO2max-VO2max2	,4375	2,2430	,7930	-1,4377	2,3127	,552	7	,598
	Par 7 Peso-Peso2	,6125	1,6686	,5899	-,7825	2,0075	1,038	7	,334
	Par 8 % grasa-% grasa2	-,2625	,8895	,3145	-1,0062	,4812	-,835	7	,431

Prueba de muestras relacionadas

Grupo	Diferencias relacionadas			t	g l	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media				
Continuo	DLIM1 DLIM2	-17,2000	347,5532	155,4305	-,111	4	,917
Intervalico	DLIM1 DLIM2	-118,7143	314,3012	118,7947	-,999	6	,356
Control	DLIM1 DLIM2	-10,7500	414,0951	146,4047	-,073	7	,944

6.2.10. DIFERENCIAS ENTRE LA VAM INICIAL, INTERMEDIA Y FINAL EN LOS GRUPOS EXPERIMENTALES

Factores intra-sujetos

Medida: MEASURE_1

FACTOR1	Variable dependiente
1	VAM
2	VAM2

Contrastes multivariados^d

	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error gl	Sig.	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^a
Traza de Pillai	1,000	3,E+15 ^b	1,000	4,000	,000	2,57E+15	1,000
Lambda de Wilks	,000	3,E+15 ^b	1,000	4,000	,000	2,57E+15	1,000
Traza de Hotelling	7,E+14	3,E+15 ^b	1,000	4,000	,000	2,57E+15	1,000
Raíz mayor de Roy	7,E+14	3,E+15 ^b	1,000	4,000	,000	2,57E+15	1,000

a. Calculado con alfa = ,05

b. Estadístico exacto

c. Diseño: Intercept
Diseño intra sujetos: FACTOR1

d. Tipo de entrenamiento = Continuo

Pruebas de los efectos inter-sujetos^b

Medida: MEASURE_1

Variable transformada: Promedio

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^a
Intercept	2924,100	1	2924,100	1827,6	,000	1827,563	1,000
Error	6,400	4	1,600				

a. Calculado con alfa = ,05

b. Tipo de entrenamiento = Continuo

Pruebas de contrastes intra-sujetos^b

Medida: MEASURE_1

Fuente	Variable transformada	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^a
FACTOR1	FACTOR1_1	2,500	1	2,500	3,E+15	,000	2,7E+15	1,000
Error(FACTOR1)	FACTOR1_1	3,768E-15	4	9,421E-16				

a. Calculado con alfa = ,05

b. Tipo de entrenamiento = Continuo

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
VAM inicial - VAM intermedia	-,5714	,7868	,2974	-1,2991	,1562	-1,9	6	,103

a. Tipo de entrenamiento = Intervalico

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
VAM intermedia - VAM final	-,4000	,5477	,2449	-1,0801	,2801	-1,633	4	,178

a. Tipo de entrenamiento = Continuo

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error tip. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
VAM intermedia - VAM después	-,4286	,5345	,2020	-,9229	,0658	-2,12	6	,078

a. Tipo de entrenamiento = Intervalico

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error tip. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
TUMTT inicial-TUMTT final	-113,2	20,1047	8,9911	-138,2	-88,24	-12,59	4	,000
TUMTT intermedio-TUMTT final	-46,00	44,6878	19,985	-101,5	9,4872	-2,302	4	,083

a. Tipo de entrenamiento = Continuo

Prueba de muestras relacionadas^a

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error tip. de la media	Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
TUMTT inicial-TUMTT final	-59,14	65,86	24,892	-120,05	1,7647	-2,376	6	,055
TUMTT intermedio-TUMTT final	-51,00	55,17	20,851	-102,02	2,0E-02	-2,446	6	,050

a. Tipo de entrenamiento = Intervalico

UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Servicio de Bibliotecas



1700759607