

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA - ESPAÑA

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MORFOLÓGICAS
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS MORFOFUNCIONALES DEL DEPORTE



**ESTUDIO DESCRIPTIVO Y VALORACIÓN DEL
GASTO ENERGÉTICO EN ACTIVIDADES
MILITARES DE COMBATE SIMULADO**

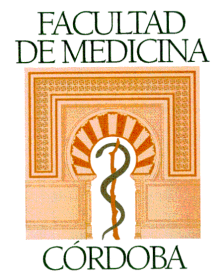
José Fernando Jiménez Díaz

2002

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA - ESPAÑA

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MORFOLÓGICAS
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS MORFOFUNCIONALES DEL DEPORTE



ESTUDIO DESCRIPTIVO Y VALORACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO EN ACTIVIDADES MILITARES DE COMBATE SIMULADO

Tesis para la colación del Grado de Doctor
en Medicina y Cirugía por la Universidad
de Córdoba que presenta el licenciado
JOSÉ FERNANDO JIMÉNEZ DÍAZ

Dirigida por:
Prof. Dr. José Luis Lancho Alonso
y el Prof. Dr. José Gerardo Villa Vicente

JOSÉ LUIS LANCHO ALONSO, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA POR SALAMANCA, CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD DE ANATOMÍA HUMANA Y NEUROANATOMÍA, ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANA, DIRECTOR DE LA ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS MORFOFUNCIONALES DEL DEPORTE DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

I N F O R M A:

Que el trabajo titulado “ESTUDIO DESCRIPTIVO Y VALORACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO EN ACTIVIDADES MILITARES DE COMBATE SIMULADO”, ha sido realizado bajo mi dirección por el Licenciado en Medicina y Cirugía D. JOSE FERNANDO JIMÉNEZ DÍAZ, como trabajo de Tesis Doctoral y que a mi juicio reúne méritos suficientes para optar al Grado de Doctor en Medicina por la Universidad de Córdoba.

Córdoba, 8 de octubre de 2002

**JOSÉ GERARDO VILLA VICENTE, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA
POR SALAMANCA, PROFESOR TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE
DIDÁCTICA DE LA EXPRESIÓN CORPORAL PLÁSTICA Y EDUCACIÓN
FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD DE LEÓN**

I N F O R M A:

Que el trabajo titulado “ESTUDIO DESCRIPTIVO Y VALORACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO EN ACTIVIDADES MILITARES DE COMBATE SIMULADO”, ha sido realizado bajo mi dirección por el Licenciado en Medicina y Cirugía D. JOSÉ FERNANDO JIMÉNEZ DÍAZ, como trabajo de Tesis Doctoral y que a mi juicio reúne méritos suficientes para optar al Grado de Doctor en Medicina por la Universidad de Córdoba.

León, 8 de octubre de 2002

A mi mujer Cristina, y mis hijos Fernando y Miguel por su constante apoyo

A mi madre Lola, y mis hermanas Dolores y Mari Sol

A mi padre José (q.e.p.d.) que hubiera disfrutado enormemente con la lectura de este trabajo de investigación militar

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas sin cuya ayuda no hubiera sido posible llevar a término esta Tesis Doctoral y de forma muy especial:

Al Profesor D. José Gerardo Villa Vicente, “mi” compañero, trabajador infatigable. Desde el primer momento su desinteresada ayuda me han permitido concluir esta tesis y sobre todo comprobar el grado de amistad que nos une. Gracias Gerardo.

Al Profesor D. José Luis Lancho Alonso, con su enseñanza y ejemplo he podido avanzar en el campo de la investigación.

Al Excmo. Sr. General D. Manuel Ignacio Oliver Buhígas, por las facilidades dadas en todo momento para el desarrollo de estos estudios de aplicación militar.

Al Coronel de Infantería D. Jorge Viñé Blanco, quien a través de su inestimable colaboración pude conseguir los medios personales y materiales para llevar a efecto los test de campo.

Al Coronel de Infantería D. Manuel Vinuesa Lope, por la aportación científica e histórica que me ha facilitado para el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Juan Antonio Trigueros Carrero compañero en las tareas de recogida de datos en los test de campo.

A la Dra. Concepción Avila Órdax (Conchi), a José Antonio Rodríguez Marroyo (Pin) y a Gema Fernández Carro, becarios del Laboratorio de Fisiología del Ejercicio Aplicado, de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León, por su colaboración desinteresada cuando se ha requerido su ayuda.

Al Profesor Antonio Escribano Zafra, con sus enseñanzas pudimos llevar a cabo los test de campo.

Al Coronel de Sanidad D. Lucio Gutiérrez, gracias a su colaboración pudimos disponer del personal necesario para el desarrollo de los test de laboratorio.

Al Comandante Médico D. Luis Miguel López Mojares, por la facilidades que me dio para la consecución de datos de entrenamiento militar.

Al Comandante de Infantería D. Angel Montes Ramos, por el tiempo dedicado a la elaboración de los protocolos militares de este estudio.

Al Comandante de Infantería D. Lorenzo Martín Coba, por el asesoramiento técnico que me ha dado.

Al Capitán de Infantería D. Ignacio González Juárez, por el tiempo dedicado a la revisión de los apartados táctico militares de esta tesis.

A todos los soldados que participaron voluntaria y desinteresadamente en el desarrollo de este trabajo, a través de los cuales hemos podido profundizar en el estudio de la fisiología del entrenamiento militar en situaciones de combate simulado.

A D. Juan Navarro Punzón, por el tiempo dedicado a la maquetación de este texto.

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS UTILIZADOS

% VO ₂ máx	Porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno
°C	Grado centígrado
ADP	Adenosín difosfato
AMP	Adenosín monofosfato
ATP	Adenosín trifosfato
ATPS	Volumen de gas a temperatura y presión ambiental saturado con vapor de agua
BP	Base de partida
BTPS	Volumen de gas a temperatura y presión corporal saturado con vapor de agua
Cal	Caloría
cAMP	Adenosín monofosfato cíclico
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro cuadrado
CO ₂	Anhídrido carbónico
CT	Colesterol total
CPK	Creatinfosfokinasa
Da-vO ₂	Diferencia arteriovenosa de oxígeno
E.C.G.	Electrocardiograma
E.E.M.	Error estándar de la media
etc.	Etcétera
FC	Frecuencia cardiaca
Fcmáx	Frecuencia cardiaca máxima
FEF 25	Flujo instantáneo en el 25% de la capacidad vital forzada
FEF 50	Flujo instantáneo en el 50% de la capacidad vital forzada
FEF 75	Flujo instantáneo en el 75% de la capacidad vital forzada
FEF 25-75	Flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75%
FET	Flujo espiratorio total
FEV1	Volumen espiratorio forzado en el primer segundo
FEV1%	Relación porcentual entre la capacidad vital forzada y el volumen máximo espirado en el primer segundo
FIVC	Capacidad vital inspiratoria forzada
FIV1	Volumen inspiratorio forzado en el primer segundo
FR	Frecuencia respiratoria
FTCR	Ratio testosterona libre/cortisol
FVC	Capacidad vital forzada
G	Gramo

GGT	Gamma glutamil transpeptidasa
H ₂ O	Agua
HDL-colesterol	Colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad
hGH	Hormona de crecimiento
Hz	Herzio
IFM	Instrucción física militar
I.M.C.	Indice de masa corporal
K	Kilobytes
Kg	Kilogramo
Km/h	Kilómetros por hora
LDL-colesterol	Colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad
MAX	Valor máximo en el rango
Max	Máximo
MáxLact-st	Concentración máxima de lactato en estado estable
MET	Equivalente metabólico
MHz	Megahertzios
MIN	Valor mínimo en el rango
Min	Mínimo
ml	Mililitros
mm/Hg	Milímetros de mercurio
Mmol/l	Milimoles litro
mm/seg	Milímetros por segundo
mv	Milivoltio
NBQ	Nuclear, biológica y química
nmol	Nanomoles
O ₂	Oxígeno
PC	Fosfocreatina
PCI	Paquete de cura individual
pCO ₂	Presión parcial de anhídrido carbónico
PEF	Pico de flujo espiratorio
PETO ₂	Presión telespiratoria de oxígeno o end-tidal
PIF	Pico de flujo inspiratorio
pO ₂	Presión parcial de oxígeno
p.p.m.	Pulsaciones por minuto
R1	Primer minuto de la recuperación
R3	Tercer minuto de la recuperación

R1-VO ₂	Valores de consumo de oxígeno durante el primer minuto de la recuperación
R1-VO ₂ /Kg	Valores de consumo de oxígeno en términos relativos al peso corporal durante el primer minuto de la recuperación
R1-%VO ₂ máx	Porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno en el primer minuto de la recuperación
R1-FC	Frecuencia cardíaca durante el primer minuto de la recuperación
R1-VE	Ventilación durante el primer minuto de la recuperación
R3-VO ₂	Valores de consumo de oxígeno durante el tercer minuto de la recuperación
R3-VO ₂ /Kg	Valores de consumo de oxígeno en términos relativos al peso corporal durante el tercer minuto de la recuperación
R3-%VO ₂ máx	Porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno en el tercer minuto de la recuperación
R3-FC	Frecuencia cardíaca durante el tercer minuto de la recuperación
R3-VE	Ventilación durante el tercer minuto de la recuperación
RER	Relación de intercambio respiratorio
seg	Segundo
STPD	Volumen de gas a temperatura y presión estándar en aire seco
t	Tiempo
TAD	Tensión arterial diastólica
TAS	Tensión arterial sistólica
UAn	Umbral anaeróbico
V	Velocidad
VCO ₂	Producción de anhídrido carbónico
VE	Ventilación
VE/VCO ₂	Equivalente ventilatorio del anhídrido carbónico
VE/VO ₂	Equivalente ventilatorio del oxígeno
Vmáx	Velocidad máxima
VO ₂	Consumo de oxígeno
VO ₂ /Kg	Consumo de oxígeno en términos relativos al peso corporal
VO ₂ máx	Consumo máximo de oxígeno
Vol	volumen
VT1	Umbral ventilatorio 1
VT2	Umbral ventilatorio 2
Vt	Volumen tidal o volumen circulante
ZRN	Zona de reunión

Indice

1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN	16
1.1. Antecedentes históricos de la instrucción física militar.	17
1.1.1. Origen histórico de la instrucción física militar.	17
1.1.2. Evolución de la instrucción física militar hasta el siglo XX.	19
1.1.2.1. Instrucción física militar en el Siglo XVII.	19
1.1.2.2. Instrucción física militar en el Siglo XVIII.	20
1.1.2.3. Instrucción física militar en el Siglo XIX.	20
1.2. La Educación física militar en el presente siglo.	23
1.2.1 Antes de la Guerra Civil.	24
1.2.1.1. Importancia de la gimnasia en la instrucción y formación del infante.	24
1.2.1.2. Características y diferencias de la gimnasia educativa y de la gimnasia de aplicación militar.	26
1.2.1.3. Nociones sobre fisiología del ejercicio.	27
1.2.1.4. Higiene del ejercicio e importancia del reconocimiento médico.	30
1.2.2. Después de la Guerra civil.	32
1.2.2.1. El manual de adiestramiento físico militar.	32
1.2.2.2. Los planes de estudio.	33
1.2.2.3. Los nuevos manuales de adiestramiento físico militar.	33
1.2.2.4. Las pruebas anuales de evaluación física.	34
1.2.3. Situación actual.	35
1.3. La condición física.	35
1.3.1. Actividad física.	36
1.3.2. Entrenamiento físico.	37
1.3.3. La forma, condición o aptitud física.	38
1.3.4. Capacidad física: funcional y metabólica.	39
1.3.5. Acondicionamiento físico.	41
1.3.5.1. Bases del acondicionamiento físico aeróbico.	42
1.4. Metabolismo oxidativo en el ejercicio muscular.	46
1.4.1. Interrelación entre los sistemas oxidativos de obtención de energía.	47
1.4.2. Consumo de oxígeno y capacidad aeróbica.	47
1.4.3. El umbral anaeróbico.	50
1.4.3.1. Cambios respiratorios y bioquímicos en la transición metabólica en un esfuerzo progresivo incremental.	50
1.4.3.2. Determinación del umbral anaeróbico.	51
1.4.3.3. Determinación del umbral ventilatorio.	52

1.5. Efectos fisiológicos del entrenamiento de resistencia aeróbica.	53
1.6. La condición física en el ámbito militar.	55
1.6.1. Instrucción física militar.	56
1.6.1.1. Contenidos de la instrucción física militar.	56
1.6.1.2. Objetivos de la instrucción física militar.	57
1.6.2. Principios metodológicos de la instrucción física militar.	57
1.6.3. La preparación física del militar.	59
1.6.3.1. La sesión tipo de la instrucción física militar.	59
1.6.3.2. La sesión de endurecimiento de la instrucción física militar.	59
1.6.3.3. Deportes específicos de la instrucción física militar.	60
1.6.4. Entrenamiento física del combatiente: sesión de combate.	61
1.6.5. Evaluación del combatiente: test de condición física.	61
1.6.6. Beneficios del entrenamiento físico del combatiente.	62
1.6.7. Efectos adversos del entrenamiento físico del combatiente.	63
1.6.8. Programas de instrucción de otros ejércitos.	64
1.6.8.1. Entrenamiento básico del cadete.	65
1.6.8.2. Entrenamiento de campo del cadete.	66
1.6.9. Diferenciación de los aspectos de preparación y condición física entre militares del ejército de tierra, armada y aire. Diferencias entre militares logísticos y militares combatientes.	67
1.6.10. Perfil fisiológico del soldado.	70
1.6.11. Modo de vida del soldado y condiciones ambientales que implican la dificultad del combate y las maniobras militares.	75
1.6.12. Particularidades de la vida militar.	78
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	83
3. MATERIAL Y MÉTODOS	86
3.1. Lugar y sistemática de estudio.	87
3.2. Protocolo y descripción de movimientos.	89
3.2.1. Forma de colocar el equipo de combate previo al desarrollo de la maniobra protocolizada.	89
3.2.2. Protocolo de movimientos de una compañía de infantería ligera.	89
3.2.3. Protocolo de movimientos realizados en este estudio de laboratorio.	90
3.3. Material de laboratorio.	95
3.4. Aparatos y material para efectuar la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera.	98

3.4.1. Material armamentístico y equipo individual del combatiente.	98
3.4.1.1. Vestuario y equipo de campaña.	100
3.4.1.2. Material incluido en la mochila de combate.	100
3.4.1.3. Material del porta equipo de combate y ceñidor.	101
3.4.1.4. Armamento y munición del combatiente.	102
3.5. Métodos y técnicas.	103
3.5.1. Cineantropometría.	103
3.5.2. Espirometría y ergoespirometría.	103
3.5.2.1. Análisis de gases y umbral.	104
3.5.3. Análisis estadístico.	107
4. RESULTADOS	109
4.1. Parámetros cineantropométricos de la población militar estudiada.	110
4.2. Parámetros ergoespirométricos máximos de la intensidad del esfuerzo y de las capacidades de trabajo físico de la población militar estudiada.	112
4.3. Parámetros ergoespirométricos a nivel del umbral anaeróbico de la población militar estudiada	114
4.4. Parámetros espirométricos máximos de la intensidad del esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico de la población militar estudiada.	118
4.5. Parámetros ergoespirométricos indicadores de intensidad de esfuerzo y capacidad de trabajo físico para la población militar estudiada, durante la fase 0 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate.	120
4.6. Monitorización de la intensidad de esfuerzo y la capacidad de trabajo físico para la población militar estudiada, durante la fase 1 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate.	123
4.6.1. Valoración del esfuerzo en recorrer 1000 metros con el equipo de combate.	123
4.6.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo de recorrer 1000 metros con el equipo de combate.	125
4.7. Monitorización de la intensidad de esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico para la población militar estudiada, durante la fase 2 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate.	128
4.7.1. Valoración del esfuerzo en recorrer los 250 metros de la fase 2 de la maniobra simulada con el equipo de combate.	128
4.7.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo desarrollado en la fase 2 de la maniobra simulada de combate.	131
4.7.3. Análisis del esfuerzo realizado en cada una de las series que constituyen la fase 2 de la maniobra de combate simulada.	133
4.8. Monitorización de la intensidad de esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico para la población militar estudiada, durante la fase 3 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate.	136
4.8.1. Valoración del esfuerzo en recorrer los 200 metros de la fase 3 de la maniobra simulada con el equipo de combate.	137

4.8.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo que implica la fase 3 de la maniobra simulada de combate.	139
4.8.3. Análisis del esfuerzo realizado en cada una de las series que constituyen la fase 3 de la maniobra de combate simulada.	142
4.9. Monitorización de la intensidad de esfuerzo y la capacidad de trabajo físico para la población militar estudiada, durante la fase 4 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate.	145
4.9.1. Valoración del esfuerzo en recorrer la fase 4 de la maniobra simulada con el equipo de combate.	145
4.9.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo que implica la fase 4 de la maniobra simulada de combate.	148
4.10. Comparación del esfuerzo realizado en cada una de las cuatro fases que componen la maniobra de ataque en la población militar estudiada.	151
4.11. Comparación del esfuerzo realizado en cada una de las series que constituyen la fase 2 de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera.	156
4.12. Comparación del esfuerzo realizado en cada una de las 4 series que constituyen la fase 3 de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera.	161
4.13. Comparación del esfuerzo realizado en la serie de 50 metros de la fase 2 con las series de la fase 3 de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera.	165
4.14. Análisis del grado (tiempo) de recuperación que implica el esfuerzo desarrollado en las diferentes fases de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera.	169
4.14.1. Diferencias entre el 1º y 3º minuto de recuperación del esfuerzo de todas las fases de la maniobra ofensiva.	169
4.14.2. Análisis al 1º minuto de recuperación en cada una de las fases de esfuerzo de la maniobra ofensiva.	171
4.14.3. Análisis al 3º minuto de recuperación en cada una de las fases de esfuerzo de la maniobra ofensiva.	173
4.14.4. Análisis comparativo entre el 1º y 3º minuto de la recuperación en cada una de las fases de esfuerzo de la maniobra ofensiva.	175
5. DISCUSIÓN Y COMENTARIOS	177
5.1. Patrón antropométrico y espirométrico del soldado de la compañía de infantería ligera.	178
5.1.1. Patrón antropométrico y/o ponderal.	178
5.1.2. Patrón espirométrico.	180
5.2. Capacidad de trabajo físico (VO ₂ máx) e índice de resistencia aeróbica del soldado: ergoespirometría de esfuerzo.	182

5.2.1 Utilización del VO ₂ máx como evaluador de la capacidad de trabajo físico o condición física.	182
5.2.1.1. Componentes de la condición física en relación con la salud.	183
5.2.1.2. La condición física aeróbica.	184
5.2.1.3. Valoración de la capacidad aeróbica.	185
5.2.2. Umbral anaeróbico como indicador de resistencia aeróbica.	186
5.2.3. Condición física del soldado.	190
5.3. Análisis del esfuerzo y coste energético de una maniobra protocolizada de simulación de combate en tapiz rodante.	197
5.3.1. Fatiga y recuperación:	
¿El protocolo de la maniobra de ataque es adecuado para la recuperación?.	206
5.3.2. Reducción del peso del equipo para aminorar la fatiga.	214
5.4. Aspectos diferenciales en la realización del esfuerzo que supone la maniobra de combate simulada en función del sexo del soldado.	218
6. CONCLUSIONES	224
7. BIBLIOGRAFÍA	228

1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA INSTRUCCIÓN FÍSICA MILITAR

La vida militar y más concretamente las actividades del soldado, han impuesto desde siempre el desarrollo y mantenimiento de un determinado nivel de forma física para el desempeño de sus misiones. En consecuencia, el ejército como institución, era el responsable de mantener el adecuado nivel físico de los componentes que lo formaban. Sin embargo, hasta muy avanzado el siglo XIX, no se toma en cuenta el factor físico en la preparación integral del soldado, considerándose necesario exclusivamente la instrucción para el combate, sin tener en cuenta el nivel físico del contingente. La manera de conseguir la adecuada preparación física en los viejos ejércitos ha estado siempre relacionada con las condiciones ambientales y con los hábitos de vida de los pueblos para subsistir, crecer y desarrollarse.

1.1.1. Origen histórico de la instrucción física militar.

El origen del primer ejército permanente, se sitúa en el año 1493, con la formación de las Guardias Viejas de Castilla, que fue el embrión del actual ejército profesional, compuesto por vez primera por personal fijo, dedicado en exclusiva a la función de las armas. De esta forma, las monarquías dejaron de depender, de la formación precipitada de unos ejércitos creados específicamente para un determinado conflicto y que posteriormente se deshacían, volviendo todo el personal a sus actividades cotidianas en la vida civil.

De esta manera, se llega a través de una serie de ordenanzas que regulaban el funcionamiento del ejército en diversos conflictos, a la creación de los Tercios, que es una referencia propia del ejército de España. La detallada instrucción personal para el combate, que recibían los soldados componentes de estos Tercios, llevaba implícita su capacitación física. Esto se conseguía de manera indirecta, con el manejo de aquellas pesadas armas como las picas y arcabuces, y a través de esos ejercicios colectivos mediante los cuales las unidades se disponían a pasar de una formación en el combate a otra. También las prolongadas marchas persiguiendo al enemigo o huyendo del mismo y los interminables combates de varias jornadas de duración, conseguían una indudable mejora en la capacidad física del soldado.

La preocupación por la preparación física de las tropas era evidente. Así, Nicolás Maquiavelo en su libro *“El arte de la guerra”* (1521) proponía como ejercicios más idóneos *“la carrera, la lucha, los saltos, el uso de armas más pesadas que las ordinarias, el tiro con ballesta y con arco y el de arcabuz”* para conseguir *“endurecer el cuerpo, acostumbrarlo a sufrir las fatigas y aumentar su agilidad y su destreza”*.

El militar español Diego de Salazar en su libro *“De re militari”* publicado en el año 1536, comenta una serie de consejos dados por el Gran Capitán a cerca de la preparación

física del soldado de aquella época, apoyándose en los métodos de los antiguos ejércitos. Para él, los ejercicios debían dividirse en tres tipos: unos para endurecer el cuerpo, otros para el manejo de las armas y finalmente otros para el mantenimiento del orden durante la marcha, el combate y el alojamiento. El Gran Capitán explicaba los ejercicios más adecuados que se debían imponer a sus soldados: “ *Hariales ejercitar a muchos de aquellos que tengo dicho, como correr, saltar, luchar, hacerlos armar y tirar con ballestas y con arcabuces, echar barra y dardo, que todo esto, como vos sabéis, es necesario en estos ejercicios, acostumbraría la juventud de mi estado: más con mayor industria y solicitud enseñaría los que yo tuviese escritos para la milicia.....querría también aprendiesen a nadar.....haría también como hacían los antiguos, ejercitar a los que militasen a caballo en justar y correr lanzas y cabalgar y descabalar en sus caballos a una cierta señal del capitán, aunque esto hacían los antiguos ejercitar en caballos de madera, que los hacían saltar encima de armados y desarmados sin ayuda de otro*”.

También las ordenanzas de la época, dirigidas a las tropas que combatían en Sicilia (1586), insistían en la formación física de las unidades. Sin embargo, la vida del soldado en aquellos años estaba tan ocupada, que apenas dejaba tiempo para la preparación física. La precipitada instrucción militar que debían de recibir antes del combate, las grandes marchas para alcanzar los campos de batalla y para lo cual debían desplazarse a menudo a través de varios países europeos, las batallas y la recuperación de efectivos después del combate hacía que se ocupara muy poco tiempo para la instrucción física.

Por ello, la guerra era el método preferido para alcanzar un adecuado nivel físico. Sin embargo, en tiempos de paz había grandes dificultades para mantener ese grado de preparación. El capitán de infantería Marcos de Isaba, se quejaba en el año 1594 del estado en el que se encontraban las unidades en tiempo de paz y aconsejaba en su libro “*Cuerpo enfermo de la milicia española*” como enmendar esas deficiencias: “*entre los días que no fuere de guardia, ni ejercitare las armas, el dicho capitán con su compañía tomará un ejercicio y será salir con sus soldados a prados o plazas en la campaña y allí hará que se traiga canto, barra que tiren, salten, luchen, corran haciendo fuerzas y ligerezas*”.

En línea con lo expuesto, en el Renacimiento resurge el interés por la cultura clásica y en consecuencia por la educación física. Muchos intelectuales, como Juan Luis Vives o el médico Cristóbal Méndez, autor del manual “*Libro del Exercicio y sus provechos*” pregonaban la educación integral del hombre. En el año 1599, don Juan de Mariana en su libro “*De rege et regis institutione*” clasificaba y dosificaba los ejercicios para adquirir un adecuado nivel de preparación física. En Italia, Jerónimo Mercuriales publicó en 1569, el libro “*Artis gymnasticae*” que en la actualidad se considera como el primer libro de gimnasia. En este orden de cuestiones, el Conde de Clonard en su obra “*Memoria histórica de las Academias y Escuelas Militares*” (1842), hace referencia a la creación en el siglo XVI de las Escuelas Bellogimnásticas, creadas para el desarrollo físico e intelectual del soldado: “*No menos atento Felipe II a la mejor instrucción de las tropas de Infantería y Caballería, que a la de las armas especiales, trató de completar la obra que sus antepasados Fernando V y Carlos I habían comenzado, al efecto concibió en 1575 el pensamiento de instituir en los Reales Seminarios Militares de Orán y Cerdeña, Escuelas Bellogimnásticas donde el soldado desarrollase sus fuerzas físicas e intelectuales, haciendo de él*

un modelo de instrucción, valor, constancia y disciplina: pensamiento, que oído el parecer del Consejo de Guerra, llevó a cabo su hijo Felipe III con la instalación de dichos Seminarios, verificándose en 1605”.

En resumen, el año 1493, se puede considerar como el año del origen de un ejército español permanente y es, a partir de esa fecha, cuando se empieza a considerar la necesidad y la importancia de una correcta preparación físico militar como base fundamental de una adecuación para el combate. En estos textos y manuales de los siglos XV y XVI que hemos comentado se esboza por primera vez esa necesidad en el esquema formativo y educacional de los soldados de la época.

1.1.2. Evolución de la instrucción física militar hasta el siglo XX.

Pasaremos a valorar la evolución seguida por el concepto de preparación físico militar desde su nacimiento hasta el presente siglo. Por ello, comentaremos aquellos escritos, publicaciones y autores, que han marcado por su importancia la evolución de la formación físico militar.

1.1.2.1. Instrucción física militar en el Siglo XVII.

A pesar de la publicación de las ordenanzas de 1603 y 1632 para mejorar la calidad de nuestros ejércitos, se produce un descenso progresivo en la operatividad de los mismos, a lo largo de ese siglo, que provocó en el año 1643 el desastre de Rocroy. En las ordenanzas del año 1632, se destacaba la importancia de la instrucción física en los períodos de descanso afirmando que *“cuando las tropas estuvieren alojadas, debían salir al campo frecuentemente para escuadronar, escaramuzar y practicar los demás ejercicios de agilidad”*. En esa época, en el ambiente civil, los deportes que más se practicaban eran la equitación, esgrima, caza y los juegos de pelota. También las carreras a pie y a caballo, concursos de saltos, la natación, las luchas, el tiro al blanco, la cetrería y los lanzamientos.

En relación a las publicaciones de la época, destacaron los trabajos editados en Europa por Santorius, en relación a la transpiración cutánea durante el ejercicio y por Harvey en el año 1616 sobre la circulación sanguínea mayor y los efectos del ejercicio sobre ella. Años más tarde el pedagogo Comenius publicó su libro *“Didáctica Magna”* donde se estimulaba la práctica del ejercicio corporal higiénico y en el año 1680 Borelli en su libro *“De motu animalium”* hacía un perfecto y detallado estudio sobre biomecánica. Es decir, en España se pasó de un ejército avanzado y temido en el mundo a otro ineficaz y poco operativo. Esto supuso también, un retraso en los avances que se habían alcanzado en la preparación e instrucción física militar del siglo anterior.

1.1.2.2. Instrucción física militar en el Siglo XVIII.

La Guerra de Sucesión al inicio de ese siglo, obligó al Ejército a adecuarlo y reorganizarlo para adquirir una mayor operatividad. En este sentido se publicaron varias ordenanzas. En 1703, se unificó el arma de infantería, dotándole de fusiles con bayoneta y en 1711, nace el Real Cuerpo de Artillería. Mediante otras ordenanzas, se resalta el papel de la preparación física dentro de la formación del soldado. De esta manera, se les indicaba los ejercicios que tenían que realizar con el fusil y los movimientos para cambiar de una formación a otra. Semanalmente en verano y mensualmente en invierno, se explicaba el "ejercicio" que era la única materia dedicada a la preparación física del combatiente, en la cual además se descartaban las prácticas realizadas en el siglo anterior como los saltos, carreras y lanzamientos por considerarlos demasiado vulgares.

La táctica militar de la época, obligaba a realizar formaciones con un frente lineal muy amplio, que avanzaban lentamente para no descomponerse. De esta manera se pretendía romper las posiciones enemigas, momento en el cual se consideraba ganada la batalla. Por estas razones, la instrucción iba encaminada al manejo de las armas y al mantenimiento de los puestos en la formación, sin dar demasiada importancia a la preparación física. Los juegos y deportes preferidos en aquellos años eran la caza, la equitación, el esgrima y las carreras a pie sin olvidar el toreo que empezaba a recalar hondo en la afición española.

En Europa destacó la publicación del primer libro dedicado a la gimnasia pedagógica "*Gymnastik für die Jugend*" a cuyo autor, Salzman y Guts-Muths, se le considera padre de la gimnasia moderna y cuyas teorías sirvieron de base del nuevo concepto de la educación física.

1.1.2.3. Instrucción física militar en el Siglo XIX.

Dos personajes destacaron en el ámbito de la educación física. Gaspar Melchor de Jovellanos, elaboró en los inicios de ese siglo un tratado de educación pública, "*Bases para la formación de un Plan General de Instrucción Pública*" dentro del cual destacaba el apartado de la preparación física. Él proponía incluir la educación física dentro del sistema nacional de educación y la creación de escuelas de educación física para la formación de maestros e instructores "*Vigilantes*" de esta materia. Sin embargo, por diversas razones el plan no pudo llevarse a cabo.

Dentro del Ejército, fue el coronel Amorós quien potenció la gimnasia, comenzando a impartir esta disciplina en el Real Instituto Militar, que a la postre fue el primer gimnasio

de Madrid. Su método de enseñanza de la educación física comprendía una serie de ejercicios, que iban desde los simples movimientos de extremidades hasta la natación, tiro o esgrima sin olvidar el acondicionamiento físico mediante carrera, saltos o paso de obstáculos. Para Amorós, todos estos ejercicios reunidos, constituían la ciencia gimnástica, que a su vez se subdividía en “*gimnástica civil*”, “*gimnástica militar*”, “*gimnástica escénica*” y “*gimnástica médica*”. Ésta última, constaba de una parte higiénica, otra terapéutica, analéptica y ortopédica.

A pesar de su buena labor, el Instituto tuvo que cerrarse por orden de Godoy y el coronel Amorós tuvo que exiliarse a Francia por haber prestado sus servicios al Gobierno de José Bonaparte durante la Guerra de la Independencia. Fue, precisamente en Francia donde sus métodos de enseñanza alcanzaron una mayor relevancia. De esta manera el gobierno francés le facilitó la creación y mantenimiento de un gran gimnasio civil y militar. Su trabajo se extendió a toda Europa a través de la publicación de varias obras dedicadas exclusivamente a la educación física. En España, se utilizaron muchos de los aparatos y artículos por él diseñados como anillas, escalas, paralelas, mazas, cuerdas, etc. Sin embargo, su afrancesamiento y las secuelas de la Guerra de la Independencia hicieron alejar sus métodos de enseñanza.

Algunos años más tarde, Francisco de Aguilera volvió a impulsar la educación física. Fiel seguidor de Amorós, acudió a París para actualizar con él sus conocimientos. Más tarde publicó su libro “*Ojeada sobre la gimnasia*” y comenzó a dirigir el gimnasio de Madrid. El Cuerpo de Artillería confió en él, para la preparación de los sargentos que actuarían como instructores en el gimnasio de la Academia de Segovia. Entre su curriculum destaca el haber sido nombrado profesor de gimnasia del Rey Alfonso XII, entonces todavía Príncipe de Asturias.

Como continuador de la labor educativa en la materia de gimnasia, fue el capitán Aparici Biedma del Cuerpo de Ingenieros, el encargado de trasladarse a París para estudiar los métodos seguidos por el ejército francés. Con las experiencias allí recogidas, fue en el año 1846, el creador y, posteriormente, el director del Gimnasio de Guadalajara emplazado dentro del Regimiento de Ingenieros, donde se organizaron con éxito, cursos de instructores de educación física.

Posteriores cambios en la organización del Regimiento de Ingenieros, hicieron que desapareciera el citado gimnasio, si bien, la permanente preocupación de este cuerpo por la educación física, hizo que el capitán Aparici, escribiera el libro “*Manual completo del zapador-bombero*”. Pero sin duda, uno de los mayores éxitos de este oficial, fue la traducción en el año 1849, de la obra francesa “*Instrucción de la enseñanza gimnástica en los cuerpos de tropas y establecimientos militares*”. La importancia práctica de esta obra, queda

claramente comprendida, cuando 25 años más tarde, el Ministerio de la Guerra aconsejaba todavía su compra y lo declaraba texto oficial para los nuevos gimnasios que se construyeran.

Otro avance importante, en la evolución de la educación física en el siglo XIX, fue la incorporación de esta asignatura dentro de los programas de estudio de los recién creados Colegios Militares, donde se iniciaba la formación académica de los futuros oficiales del ejército. De esta forma, en 1824 se crea en Segovia, el Colegio General Militar, donde se daba la enseñanza común a los cadetes de todas las armas y cuerpos. En este Colegio, se incluyeron prácticas de equitación y esgrima como asignaturas accesorias. En el año 1842, a consecuencia de la guerra civil, se reorganiza este Colegio General en Madrid. En este nuevo centro, se resalta el papel de la educación física, realizándose por vez primera, test de aptitud física e incluyéndose dentro del cuadro de profesores, maestros de esgrima, gimnástica, natación y baile.

En el año 1846, el Colegio General se traslada a Toledo y cuatro años más tarde desaparece para desglosarse en el Colegio de Infantería de Toledo y el de Caballería de Alcalá de Henares. Tanto en este Colegio de Infantería como en otros colegios y academias, se consideraba la gimnasia como asignatura independiente y el libro de texto aconsejado era el de Amorós, complementándose con otras disciplinas como la esgrima, baile y natación.

Las variaciones tácticas aparecidas en los reglamentos militares, obligaron en esta época, a potenciar el desarrollo de las cualidades físicas de los soldados. Por ello, los mandos que se formaban en estos centros, tendrían que poseer unas cualidades físicas en concordancia con los reglamentos tácticos. El rápido desarrollo de las armas de fuego, con una mayor precisión y alcance, hizo que los movimientos de las tropas durante el combate, pasaran de avanzar en una disposición lineal a una progresión aprovechando los accidentes del terreno y tratando de estar oculto del fuego enemigo, el mayor tiempo posible. Esto suponía, que la infantería debería ser a partir de ahora, más rápida y ágil lo que exigiría una mayor preparación física del combatiente.

En el año 1879, el diputado don Manuel Becerra y Bermúdez presentó un proyecto de ley encaminado a declarar como obligatoria la asignatura de la gimnástica. A pesar de no salir adelante esta idea, el diputado insistió tenazmente y consiguió que la misma comisión se reuniese nuevamente para aprobarse en el año 1882 la creación de una Escuela Central de Profesores de Gimnástica, que quedó inaugurada en el año 1887 bajo la dirección de don Mariano Marcos Ordax. Otro ilustre militar, don Francisco Pedregal, publicó el texto "*Gimnástica civil y militar*" de gran interés práctico.

La vida de esta primera Escuela de Gimnástica fue breve, debido a problemas presupuestarios, lo que obligó a cerrarla en el año 1892. En su curriculum queda la formación de

87 profesores. A pesar de que en la mayoría de los países europeos, la formación física estaba coordinada por estamentos e instituciones, en España se llegó al final de siglo con una ausencia total de estructuras que se dedicasen al estudio y aplicación de la educación física tanto en el ámbito civil como militar.

1.2. LA EDUCACIÓN FÍSICA MILITAR EN EL PRESENTE SIGLO.

Las academias militares de comienzos de siglo, mantuvieron las asignaturas de esgrima, equitación y gimnasia dentro de sus respectivos programas de estudio pero con carácter accesorio, dándole una importancia relativa. En estos centros y a la cabeza de ellos, el más representativo, la Academia General Militar, creada en Toledo en el año 1882, se seguía como texto básico para la enseñanza de la gimnasia, el libro de Aparici y se aplicaba gracias a unas instalaciones adecuadas y a un profesorado capacitado. Sin embargo, el problema surgía en las unidades militares donde los medios eran reducidos, a pesar que las normativas de los años 1851 y 1878 obligaban a que en todos los cuarteles existiera un gimnasio y una academia de esgrima.

Pero sin duda, en el inicio del siglo XX, a través del *“Reglamento provisional para la instrucción táctica de las tropas de infantería”* se produce un gran avance en la formación física del soldado, dado que se consideraba que debía ser fuerte y ágil, para lo cual se impartía durante la fase de instrucción, gimnasia y esgrima durante tres meses y en el cuarto período de estancia en filas, las clases se prolongarían durante mes y medio más. Sin embargo, en España en este período se echaba en falta, la existencia de una institución que formase a los profesores que posteriormente tendrían que impartir las clases de educación física. Durante los años 1902 y 1906 se producen dos intentos fallidos para la creación de centros de enseñanza de la gimnasia. En esas fechas la superioridad militar no lo cree necesario y además piensa que los recursos son limitados para esa empresa.

No obstante, en el año 1910, gracias a la insistencia del entonces coronel director de la Academia de Infantería de Toledo, José Villalba Riquelme, el Ministerio de la Guerra, nombra una comisión formada por el capitán Federico Gómez de Salazar y por el capitán médico Federico González Deleito para que se trasladasen a Suecia y Francia, a estudiar los métodos de gimnasia aplicados en estos países. En esa fecha, se estaba elaborando el primer reglamento de gimnasia para la infantería, que siguiendo el modelo sueco, quedó aprobado en agosto de 1911. Sin embargo, pronto surgieron inconvenientes para su aplicación, derivados de la falta de personal experto que pudiera llevar a efecto dicho reglamento. Por esta circunstancia, se mantenía viva la necesidad de crear un centro de formación de profesores en esta materia.

El coronel José Villalba, director de la Academia de Infantería desde el año 1909, fue el verdadero impulsor del ejercicio físico como materia educativa indispensable en la

Academia, promoviendo además gran cantidad de pruebas, donde los equipos del centro competían a nivel nacional con otras conocidas formaciones. Por esta razón, en el año 1911 surge la necesidad de realizar un verdadero examen físico para el ingreso de aspirantes en la Academia. Para ello, se realizan una serie de ejercicios gimnásticos que permiten valorar el nivel de aptitud física de los cadetes. Dichos ejercicios toman el carácter de eliminatorios a partir del año 1912. Sin embargo, el coronel Villalba, en su afán por promover todavía más la educación física, estudia la posibilidad de implantar una escuela de gimnasia y esgrima dentro de la Academia, considerando estas disciplinas como básicas dentro de la formación integral del cadete. Como anticipo de esa avanzada y original idea, programó para los cadetes un cursillo de instructor de educación física, que permitía a los que lo aprobasen utilizar el emblema correspondiente sobre el uniforme.

De esta forma, nos adentramos ahora en la explicación de los acontecimientos de mayor interés, producidos en los años anteriores a la Guerra Civil Española y que en su día supusieron importantes avances en el campo de la educación física y su relación con materias médicas como la fisiología.

1.2.1. Antes de la Guerra Civil.

Apoyándonos en textos publicados en los primeros años del siglo XX, en los cuales se hace especial hincapié en la exposición de temas relacionados con la gimnasia y la educación física de aplicación militar, pasamos a exponer los temas de más relevancia publicados en el “*Reglamento de Instrucción Física para el Ejército*” y en el “*Reglamento de Gimnasia para Infantería*” (Vinuesa, 1995).

1.2.1.1. Importancia de la gimnasia en la instrucción y formación del infante.

La educación física del soldado se considera elemento fundamental para la guerra, debido a las exigencias del combate en esa época. Para ello, se considera indispensable crear hombres con una alta capacidad de resistencia a las dificultades y sufrimiento de la lucha. Es preciso tener en cuenta, que las características del combate comienzan a modificarse, pasando de una fase en la que se empleaban armas de corto alcance en unos frentes muy estrechos, lo que implicaba una necesidad menor de movilidad y fortaleza por parte del combatiente, a otra fase en la que la modernización de las armas de artillería, supuso un mayor alcance y una mayor capacidad de destrucción de las mismas, obligando a ejecutar los despliegues a grandes distancias y adaptándose al terreno para avanzar, evitando el fuego enemigo. Esto exigía al soldado, la realización de intensos esfuerzos, que difícilmente podrían ser realizados si previamente no eran entrenados.

La infantería por su especial forma de combatir, precisa una agilidad y resistencia máxima, debiendo ser diestros en el manejo del fusil como arma de fuego y arma blanca y pudiendo marchar por toda clase de terrenos, transportando con facilidad su mochila y su equipo individual. Por este motivo, las autoridades militares de la época, convencidas de la importancia que para la infantería tenía la gimnasia militar, se decidió a publicar el “*Reglamento de gimnasia para Infantería*” para adecuar el adiestramiento del soldado en tiempos de paz a las situaciones del combate. Las armas de caballería y artillería precisan para su entrenamiento una serie de ejercicios diferenciados, por lo que sus reglamentos tan solo entresacaban algunos de los ejercicios indispensables en la formación del infante.

1.2.1.1.1. Observaciones sobre el músculo y la transmisión neuromuscular.

Para conseguir las cualidades que el combate requiere, el reglamento precisaba que era necesario someter al soldado a los trabajos y movimientos que determinaban los Reglamentos tácticos y de tiro, a fin de mejorar sus resultados. Por ello, ya se explicaba que todos los movimientos eran ejecutados a través de los músculos, previa excitación nerviosa que procedente del cerebro y a través de la médula espinal y de los nervios, provocaba una pequeña sacudida que desembocaba en la contracción muscular. En ese mensaje cerebral, en el que se transmitía la orden de contracción, se indicaba también la intensidad de la misma y el número de fibras que debían de entrar en acción.

Pero era preciso, que los centros nerviosos, eligieran adecuadamente los músculos que intervienen en el movimiento, regulando su esfuerzo para obtener una contracción adecuada y esta función la denominaban coordinación. El trabajo de coordinación conlleva un perfeccionamiento de la misma, y por lo tanto la realización de movimientos más o menos complejos de forma automática. De esta forma, se consigue la función de los grupos musculares más adecuados a cada movimiento, de forma inconsciente y, en consecuencia, una gran economía en la suma del trabajo mecánico producido en cada movimiento, aumentando el límite de resistencia a la fatiga.

La destreza y agilidad en los ejercicios corporales consiste en evitar los movimientos secundarios inútiles, realizando solamente los necesarios. Pues bien, para efectuar ejercicios tan complejos y precisos como el de tiro, es fundamental enseñar la ejecución correcta de los movimientos que intervienen en el acto de disparar y repetirlos convenientemente a fin de conseguir una adiestramiento eficaz.

1.2.1.1.2. Método de trabajo del “Reglamento de Gimnasia para Infantería”.

Se trataba de un reglamento sencillo y armónico basado en el modelo sueco, en el que se describían de forma exacta los ejercicios, el orden de ejecución y la progresión de los

mismos. También, se explicaba la combinación de esos ejercicios, los efectos que se conseguían con cada uno de ellos y las prescripciones reglamentarias que diariamente debían realizarse.

Esta enseñanza de la educación física, no debía dedicarse en exclusiva al recluta, sino que se ampliaba al soldado a lo largo de todo el servicio militar, aplicándolo de modo progresivo para alcanzar una forma física adecuada para soportar el combate.

El reglamento constaba de una introducción, dos partes y dos apéndices. En la introducción se definía la educación física dividida en gimnasia educativa, gimnasia de aplicación y juegos, exponiendo los dos principios generales de aplicación que eran la progresión y el modo racional. En la misma se explicaban las normas y medios para confeccionar diariamente las lecciones de forma progresiva y tendiendo a desarrollar armónica y paralelamente todos los órganos y aparatos del cuerpo humano (músculos, corazón, respiración, voluntad). En la primera parte del reglamento, se describían todos los ejercicios que integraban el método de trabajo y que servían de preparación para los ejercicios específicos de la vida militar. En la segunda parte, se describían todos los ejercicios y movimientos de carácter militar, que debían ejecutarse de forma disciplinada y sujetos a reglas. En los apéndices, se destacaban unas ligeras nociones de fisiología que permitían conocer los efectos que sobre el organismo producían los ejercicios del reglamento.

La puesta en marcha de este reglamento, representa un gran paso en la instrucción militar, complementando las innovaciones aparecidas en otros reglamentos de táctica y tiro de la época con el objetivo fundamental de conseguir la más perfecta preparación para la guerra.

1.2.1.2. Características y diferencias de la gimnasia educativa y de la gimnasia de aplicación militar.

La educación física a partir de esa época, comienza a considerarse de carácter nacional tratando de llegar a toda la población. De nada serviría, si sólo fuera practicada por unos pocos que podrían alcanzar la gloria a nivel internacional, si la mayoría fuera una masa debilitada e indiferente a la educación física. Teniendo por tanto, la educación física un carácter nacional, debía armonizarse y aunar sus esfuerzos con los realizados en otros ámbitos, entre ellos el ámbito militar.

La educación física en el ejército debiera ser por tanto un eslabón más de la cadena integrada por los diferentes elementos, hogar, escuela, taller, universidad, cuartel, unidos de manera progresiva de forma que al final de todos ellos el resultado fuera un ciudadano que

mantuviera una forma sana, vigorosa, resistente a la fatiga y con una fortaleza que le permitiera afrontar todas las actividades de la vida cotidiana en cada profesión. En este plan de educación física nacional, el Ejército debía limitarse a aprovechar las aptitudes físicas del recluta, aumentándolas y estimulándolas de forma que quedara preparado para la guerra. Al concluir el servicio en filas, el soldado volvía a la vida ciudadana ejerciendo su oficio o profesión. Sin embargo, era necesario que conservara sus energías físicas, para que al ser movilizado, se encontrara preparado para desarrollar una tarea eficaz. En este período se aconsejaba la realización de gimnasia educativa, juegos y deportes.

Se destacaba la diferencia entre el valor pedagógico de la gimnasia educativa y el de la gimnasia de aplicación militar.

La gimnasia educativa, tenía por objeto el desarrollo íntegro y armónico de todas las partes del organismo, consiguiendo de esta forma la activación de grandes funciones como la respiratoria, circulatoria, nutrición e inervación. También, pretendía corregir las actitudes viciosas adquiridas por el hombre en el aprendizaje de ciertas profesiones para que los músculos, articulaciones y estructuras óseas mantuvieran su función de manera óptima. En definitiva, esta gimnasia tenía un carácter correctivo e higiénico y mantenía la ley del máximo esfuerzo.

Sin embargo, la gimnasia de aplicación militar tenía por objeto, conseguir el máximo trabajo útil con el menor esfuerzo y gasto de energía posible, para resistir la fatiga del combate. Para ello, era necesario adiestrarle en los ejercicios físico-naturales útiles en la profesión militar mediante el desarrollo de la instrucción física especial del soldado. Esta gimnasia militar, se debía complementar con deportes, para facilitar y mejorar el adiestramiento físico y para potenciar durante el período militar la selección de atletas con una condición sobresaliente.

1.2.1.3. Nociones sobre fisiología del ejercicio.

El estudio de la fisiología del ejercicio, establecía las bases para la aplicación de la enseñanza gimnástica que pretendía el perfeccionamiento de todas las funciones que intervienen directa o indirectamente en la ejecución del trabajo.

1.2.1.3.1. Función de cada parte del cuerpo en los diferentes ejercicios.

Los agentes que intervienen en el movimiento son unos tejidos de fibras rojizas y elásticas que se agrupan en haces voluminosos de forma alargada que terminan en un extremo fino unido al hueso, llamado tendón. Cada uno de estos grupos constituye el

músculo. Estos músculos tienen la capacidad de contraerse, acortando sus extremos y permitiendo de esta forma los movimientos de las extremidades a través de diversos efectos de palanca, poleas, ejes, etc. De aquí se deduce que la función de cada parte del cuerpo en los principales ejercicios está constituido por un acto principal y varios indirectos de asociación o compensación o sea que en cada ejercicio, al lado del esfuerzo principal, están los esfuerzos secundarios o accesorios.

En general, en casi todos los ejercicios el papel directo está entregado a los miembros y el indirecto al tronco. A los brazos les corresponde el trabajo de suspensión, en el cual se ven obligados a sostener un peso representado por el peso del cuerpo. Por esta razón son los que más se fatigan. Sin embargo las piernas, son los miembros más ejercitados por las circunstancias de la vida. Por ello, pueden realizar más trabajo en forma de ejercicios violentos como la marcha, la carrera y el salto. Los movimientos de la pelvis se relacionan con el mantenimiento de la posición vertical a través de gestos accesorios e indirectos. El papel de la columna vertebral es el responsable de la actitud que se adopte para el ejercicio, asociándose a los movimientos de los brazos y actuando como resorte que se extiende en los saltos a pies juntos.

1.2.1.3.2. Trabajo muscular.

Los músculos son los encargados de efectuar los movimientos pero precisan ser activados a través de una energía que se encuentra dentro de sus fibras. Esta energía se llama voluntad y tiene su origen en unos núcleos o centros motores que se encuentran en el cerebro.

El tiempo transcurrido entre el momento en el que la voluntad manda una contracción y el momento de producirse es el que se invierte en la transmisión nerviosa. Este intervalo se llama tiempo perdido o período de contracción latente. La médula por otra parte, es la encargada de presidir los movimientos automáticos o inconscientes en los cuales no se requiere el auxilio del cerebro.

En los ejercicios corporales hay multitud de movimientos que pueden llegar a ser automáticos por el hábito. Esta facultad llamada automatismo, adquirida mediante el ejercicio diario, ayuda a la ejecución de movimientos difíciles y rápidos.

1.2.1.3.3. Influencia del ejercicio en las principales funciones orgánicas.

El trabajo muscular favorece el desarrollo de los mismos, volviéndolos más gruesos y sin grasa. También se favorece la irrigación circulatoria, lo que supone un aporte de

oxígeno mucho más abundante y una mejor nutrición muscular. La acción sobre la respiración, se manifiesta produciendo un considerable aumento de la capacidad torácica, lo que implica una mayor cantidad de sangre en contacto con el aire exterior. De esta forma, el aumento de la capacidad respiratoria evita la respiración fatigosa.

La cantidad de aire que se necesita para el desarrollo de ciertos ejercicios, es proporcional a la intensidad del ejercicio. Por ello, la práctica metódica de la gimnasia permite al individuo mejorar la capacidad respiratoria aumentando la ventilación pulmonar. El aparato circulatorio también se beneficia de la gimnasia como consecuencia de la contracción muscular y del aumento de la capacidad pulmonar. En el primer caso, el músculo ejerce una función aspirativa de la sangre siguiendo la ley fisiológica de que todo órgano en actividad atrae a sí, mayor cantidad de líquido nutritivo que en el estado de reposo. Por otra parte, el pulmón activa su trabajo para introducir en la economía mayor cantidad de aire. Por ello, llega más sangre al corazón y para descargarse de ella, se ve obligado a aumentar sus latidos, por lo que se vuelve más grueso y musculoso.

1.2.1.3.4. Perturbaciones que el ejercicio mal dirigido puede ocasionar en el organismo y modo de remediarlas.

El hombre que se encuentra en período de sobreactividad de todos sus órganos, obtiene el beneficio de un aumento considerable de todas sus fuerzas nutritivas. Pero cuando se produce el abuso de ejercicios (tanto en la exageración de su práctica, como en la ausencia de una progresión ordenada y metódica en la ejecución de los mismos), se producen una serie de accidentes, que convierten a la gimnasia en causa de profundos trastornos del organismo.

Cuando se realiza un ejercicio de forma intensa o repetida, se produce una sensación dolorosa en el músculo que impide movilizarlo con normalidad. Se dice en este caso que el músculo está fatigado. En estas circunstancias, si el músculo reposa, la fatiga desaparece, pero si por esfuerzos de la voluntad se obliga a continuar el ejercicio, se alcanza un momento en el que la sensación de fatiga se hace intolerable impidiendo la contracción del músculo. El primer caso, se trata de una fatiga relativa y el segundo, de una fatiga absoluta.

Esta fatiga, se puede considerar como un mecanismo regulador que nos advierte en el caso de que el ejercicio comience a ser peligroso. Por ello, como regla general se puede considerar que siempre que el dolor muscular desaparezca con el descanso, se puede sin inconveniente, continuar el ejercicio. Pero si aquel persiste, debe suspenderse hasta la sesión próxima.

Conviene distinguir y diferenciar la fatiga muscular que hemos comentado de las “agujetas”. Mientras la primera, aparece durante la práctica del ejercicio y actúa a modo de timbre de alarma, las agujetas aparecen horas después de haber terminado el trabajo muscular y persisten con el reposo, provocando una sensación de laxitud e ineptitud para el trabajo. Incluso, aparecen después de la práctica de un ejercicio sin fatiga muscular previa: Se estima, que las “agujetas” aparecen en determinadas circunstancias, como el caso de que el individuo no esté habituado al ejercicio que ejecuta y sobre todo, cuando el ejercicio no se efectúa de forma gradual ni progresiva. Tanto en uno como en otro caso, debía suspenderse la actividad gimnástica, durante los tres a cinco días que duran las agujetas.

Otro síntoma que aparece durante la práctica de ejercicio, es la sofocación. Ésta se define como, el deseo insaciable de respirar durante el trabajo de los músculos que, según los estudios de la época, era debido al gasto excesivo de fuerza necesaria para el ejercicio en un tiempo muy corto. La sofocación, por tanto es un efecto general, que se produce cuando el ejercicio está muy dividido entre gran número de músculos o bien cuando es ejecutado por masas musculares vigorosas, en las cuales la parte de trabajo realizado por cada músculo es demasiado débil para causar fatiga local, mientras que la suma representada por el trabajo de cada uno de ellos es suficiente para trastornar la respiración. Por lo tanto, la respiración tiene por objeto proporcionar al cuerpo el oxígeno necesario para la vida y eliminar el ácido carbónico. En aquellas circunstancias en las que la sangre se cargue de una mayor cantidad de ácido carbónico, se modificará la intensidad y la frecuencia de los movimientos respiratorios apareciendo la sofocación. Y ese aumento en la producción de ácido carbónico está directamente relacionado con la mayor actividad muscular.

En consecuencia, la sofocación, aparece cuando se produce una falta de proporcionalidad entre la cantidad de ácido carbónico fabricada por los músculos y la que se elimina por los pulmones. Es decir, su aparición dependerá de la amplitud de movimientos del tórax, de la integridad del corazón, y sobre todo de la aptitud adquirida para servirse de sus órganos respiratorios.

1.2.1.4. Higiene del ejercicio e importancia del reconocimiento médico.

Desde el punto de vista de los conocimientos que sobre la higiene del ejercicio se tenía en esos años, hay que subrayar las normas generales que indicaban que con el ejercicio se proponía ante todo, desarrollar el poder del organismo y equilibrar el funcionamiento de todos los órganos. De esta forma, se consigue, aumentar la frecuencia e intensidad de los latidos cardíacos, incrementando los movimientos respiratorios que se hacen mas amplios y profundos y mejorando en general todas las funciones orgánicas. Con el ejercicio metódico y dirigido se adquiere la resistencia a la fatiga y a la enfermedad, el vigor, la flexibilidad, la decisión y la energía moral.

El sistema circulatorio mantiene una frecuencia cardiaca normal entre 70 y 75 latidos por minuto. Sin embargo los ejercicios violentos, continuos y llevados al máximo provocan alteraciones circulatorias como palpitaciones, congestión, hipertrofia del corazón, dilatación del corazón derecho, etc. Había que evitar los obstáculos artificiales que dificulten la circulación de retorno, como corbatas, ligas, cinturones, etc.

La respiración mediante los movimientos respiratorios que realiza, entre 15 y 18 veces por minuto, proporciona oxígeno y elimina ácido carbónico. Por ello, desde el punto de vista de la higiene, se recomienda realizar los ejercicios al aire libre y si no fuera posible, en lugares amplios y muy ventilados asegurando la llegada de oxígeno al pulmón e impidiendo el acúmulo de carbónico. Se evitarán asimismo, los cambios bruscos de temperatura y los enfriamientos que predisponen a numerosas enfermedades y se procurará la respiración nasal a fin de calentar el aire respirado y detener el polvo y los numerosos bacilos que circulan en el aire. De esta forma, se podrán prevenir numerosas enfermedades y especialmente la tuberculosis. Es evidente que desde el punto de vista mecánico, deberán evitarse en el traje y en el equipo, todas aquellas prendas que dificulten todos los movimientos del tórax.

El papel del aparato digestivo permite la transformación de los alimentos ingeridos, transformándolos y asimilándolos. Durante la digestión se provoca una congestión de todos los órganos que la componen y es por esta razón por lo que el desarrollo de ejercicios violentos en esos momentos arriesgan descongestionar los citados órganos cuando están en plena actividad. Por este motivo, es conveniente, no ejecutar ejercicios intensos en la hora que precede o en las dos que siguen, evitando así accidentes que pueden ser graves. Además, deben ser evitados el alcohol y aquellos aperitivos que se suelen tomar a estómago vacío por su efecto intoxicante. La importancia de una buena alimentación influye mejorando el rendimiento y la resistencia al esfuerzo y a la enfermedad.

Las propiedades de la piel son múltiples, permitiendo las funciones del tacto, protección, secreción, respiración y absorción. La evaporación del sudor es un mecanismo de regulación del calor animal. El sudor junto con la orina, son las secreciones más importantes eliminadas por el cuerpo. Por otra parte, la secreción sebácea junto con el sudor, la suciedad, el polvo y los restos de células muertas forman una especie de barniz que obstruye los poros y dificulta su funcionamiento. Por ello, la limpieza debe ser considerada como indispensable en la higiene del individuo que practica ejercicio físico.

El músculo cuando trabaja, produce en su intimidad una serie de cambios químicos que además, del ácido carbónico dan origen a la producción de cuerpos de naturaleza ácida que son tóxicos para el organismo. Cuando se realiza un trabajo muscular intenso, estas sustancias ácidas se acumulan en el músculo dando lugar a una sensación dolorosa de pesadez y dificultad que constituyen la “fatiga muscular”. Ésta cede si remite el trabajo.

Pero si la contracción muscular persiste, el dolor se hace más vivo apareciendo una impotencia muscular que llega a ser absoluta y que en los días siguientes provoca unas sensaciones características que se denominan “agujetas”. Cuando el movimiento es general, interviniendo grandes grupos musculares que realizan esfuerzos en un corto espacio de tiempo, se produce la sofocación por la incapacidad del pulmón para dar salida a todo el ácido carbónico producido. Pero si el trabajo, no es general ni muy rápido y el pulmón puede superar la eliminación de carbónico, entonces se produce la fatiga, por agotamiento de las sustancias nutritivas del músculo y acumulación de los residuos de las combustiones que en él se producen.

En general, el organismo se hace más tolerable a la fatiga cuando se practica el ejercicio de forma gradual y progresiva. Este principio de adiestramiento debe ser considerado siempre de manera fundamental en la instrucción física.

1.2.2. Después de la Guerra Civil.

Este período de la Escuela Central de Gimnasia se divide en dos fases muy diferenciadas; la primera está comprendida entre el año 1939 y el 1949 y la segunda fase entre el año 1949 y el 1960.

En la primera fase se produce el resurgimiento de la Escuela con la reconstrucción de todas las instalaciones y la reanudación de todas las actividades docentes. En la segunda fase, se produce la estabilidad con una progresiva introducción de mejoras a lo largo de todos esos años.

En todo este tiempo, se producen una serie de acontecimientos destacados que marcan puntos de inflexión en la constante evolución de la enseñanza física militar. Son estos apartados, los que se describen a partir de ahora.

1.2.2.1. El manual de adiestramiento físico militar.

En el año 1954, siete años después de haberse publicado el *Reglamento de educación física para el Ejército*, se difundió a todas las unidades un plan de adiestramiento físico militar. Con éste, se pretende que los reclutas que llegan a las unidades con un bajo nivel de preparación física se adapten a su misión de combatientes en el más breve plazo posible de tiempo. Para ello, se redacta un nuevo plan de instrucción donde la gimnasia educativa no se incluía en el texto como procedimiento de instrucción. La parte más importante del texto

incluía los siguientes títulos: gimnasia correctiva, ejercicios de aplicación, ejercicios de combate y defensa personal y desarrollo de la instrucción.

Las novedades más importantes que se presentaban en este manual eran las siguientes: desaparecían de todas las tablas los llamados ejercicios de orden; la sesión se dividía en tiempos a dedicar a cada actividad, diferenciándose en ello del anterior reglamento, que sólo especificaba las partes que componían la sesión; se consideraba con más valor la cualidad física a desarrollar, que el tipo de ejercicio y finalmente aparecían a modo de guía, seis modelos de tablas de adiestramiento que facilitaban su empleo en las unidades.

1.2.2.2. Los planes de estudio.

Los cursos se desarrollaban siguiendo en su mayoría las asignaturas descritas en el reglamento de 1948, con pequeñas variaciones sobre su contenido. Sin embargo, se produjeron dos grandes cambios que afectaban a las prácticas de aplicación militar y a los llamados deportes de combate, en los que el judo sustituyó al boxeo. Para ello, a través del Ministerio del Ejército y de la Federación Española de Lucha, se contrató al profesor japonés Kiyoshi Mizuno, que impartió clases durante dos años en la Escuela Central de Educación Física a todos sus profesores y alumnos.

También en esta época se impartieron cursos especiales de información para tenientes y suboficiales, con el fin de acercar los conocimientos que aparecían en el citado manual, a las clases de tropa.

1.2.2.3. Los nuevos manuales de adiestramiento físico militar.

En realidad, la edición del *Manual de adiestramiento físico militar* del año 1954, se mantuvo en vigor hasta la década de los años 70. No obstante, a finales de octubre del año 1961, el Servicio Geográfico del Ejército, dio por agotadas las ediciones que se habían impreso hasta la fecha. Por ello, el Director General de Enseñanza, ordenó a la Escuela Central de Educación Física la revisión del texto y se propusieron las modificaciones, ampliaciones y mejoras necesarias.

Como consecuencia de ello, una ponencia de profesores estudió la cuestión y propusieron ampliar el contenido del texto con temas referentes a las patrullas de tiro, al tiro de fusil y tiro de pistola y al desarrollo del penthalon militar, según el Comité Internacional de Deporte Militar (C.I.S.M.). También se dedicaron capítulos al tetratlon militar, a la organi-

zación de competencias, a las carreras de orientación, a los métodos de entrenamiento y a la natación de combate. Cabe destacar dentro del apartado de la medicina del deporte, los capítulos dedicados al tratamiento de traumas y lesiones deportivas, socorrismo, alimentación del deportista así como las normas de funcionamiento en las relaciones entre el médico y el profesor de educación física.

En el año 1967, se publicó la nueva edición, en la que se recogía parte de los trabajos que la comisión de la Escuela había elaborado. Posteriormente en el año 1977, se aprobó la publicación del *Manual de instrucción física militar (M-O-3-20, 1994)*, que en realidad no fue más que una nueva edición del publicado en 1967, incluyendo pequeñas ampliaciones.

1.2.2.4. Las pruebas anuales de evaluación física.

Las pruebas de evaluación se establecieron ya desde el inicio del siglo XX, como método para calificar el rendimiento del personal que recibe adiestramiento en la instrucción física militar.

En el año 1899, se fijaba que los soldados debían realizar mensualmente unas pruebas para comprobar “*la mejoría física*”. Posteriormente en el año 1927, se señalaba que en la documentación individual de cada soldado, deberían reflejarse los resultados obtenidos en la “*prueba deportiva y de aptitud físico militar*”. Pero fue en el *Reglamento de educación física para el Ejército*, publicado en el año 1947, donde se explicaban las pruebas físicas a desarrollar, su periodicidad y los baremos de puntuación.

Sin embargo, no fue hasta el año 1981, cuando se instó a la Escuela Central de Educación Física, a participar en una comisión que pudiera determinar el desarrollo de unas pruebas de evaluación para el acceso a las academias militares, marcar los programas de educación física en los cursos de formación de las citadas academias, señalar las pruebas de aptitud física exigibles a los cuadros de mando, teniendo en cuenta las edades y empleos, y finalmente determinar las pruebas físicas requeridas para el ingreso en unidades especiales (montaña, paracaidistas y compañías de operaciones especiales). Asimismo se establecen los baremos a aplicar en cada caso.

Como consecuencia del trabajo de esta comisión y después de una serie de modificaciones y vicisitudes, en agosto del año 1987, se establece con carácter voluntario la realización de las Pruebas Anuales de Aptitud Física (PAEF), para todos los cuadros de mando.

1.2.3. Situación actual.

En el artículo 43.3 de la Constitución Española del año 1978, se establece que *“los poderes públicos fomentarán la educación sanitaria, la educación física y el deporte”*.

La Ley 85 publicada el 28 de diciembre de 1978, donde se publican las Reales Ordenanzas para las F.F.A.A., dispone en el artículo 44 en relación a ellas que *“...una adecuada preparación física que le permitan cumplir sus misiones con la debida competencia y actuar con eficacia en el combate”*.

La Ley Orgánica 13/1991, de 20 de diciembre, del Servicio Militar, en el artículo 31 se indica que *“...la formación física tendrá por objeto capacitar al militar de reemplazo para el desempeño de las funciones que le son propias. Los programas de formación física tendrán en cuenta las condiciones individuales y las aptitudes naturales del militar de reemplazo serán complementadas con actividades deportivas para crear hábitos de esta naturaleza”*.

En el B.O.E. nº 42 del 18 de febrero de 1988, se publica la Orden 12/1988, por el que se modifica el Consejo Superior de Educación Física y Deportes de las Fuerzas Armadas, actualmente vigente, y remarca la importancia capital que la educación física y el deporte tiene para las Fuerzas Armadas.

Diversos autores han estudiado la importancia del entrenamiento militar del combatiente (Moragues y col., 1979), especialmente en unidades de elite donde se ejecutan ciertas misiones que exigen al combatiente unas condiciones físicas especialmente adecuadas. (McDonald y col. 1990; Kowal y col., 1978).

1.3. LA CONDICIÓN FÍSICA.

En el cuerpo humano, aproximadamente un 55% de la masa corporal total constituye el aparato locomotor y de éste, un 40% lo forma la musculatura esquelética. Esto demuestra el hecho de que la especie humana está orientada para poseer una gran movilidad.

El músculo esquelético, elemento básico de la movilidad, es el responsable de la cuarta parte de la actividad energética del organismo. Además, es el único que puede alterar su tasa metabólica en mayor grado que otros tejidos, pudiendo aumentar sus procesos oxidativos hasta 50 veces en relación al nivel de reposo (Asmussen y col., 1939). Durante la contracción, el músculo genera una fuerza, realiza un trabajo y permanece bajo tensión. Esa contracción tiene una característica principal: transforma la energía química en energía

dinámica. Pero cuando los músculos inician una actividad contráctil muy vigorosa, la capacidad para mantener el equilibrio interno, indispensable para continuar el trabajo físico, depende de los sistemas que abastecen a los músculos, éstos son los sistemas respiratorio y circulatorio, si bien intervienen, además, otros tan importantes como el hígado.

La definición de ejercicio o actividad física considera que es una ejecución sistemática de acciones motrices con el objeto de mejorar la respuesta o el nivel de rendimiento funcional sin modificación morfológica perceptible.

Por el contrario, el entrenamiento físico es una repetición sistemática de tensiones musculares en función de objetivos precisos, cuyo fin es estimular la adaptación morfológica, estructural y funcional de los órganos implicados, directa o indirectamente y mejorar la capacidad de rendimiento físico.

Las actividades deportivas que caracterizan a una competición representan el límite de las posibilidades y potencialidades orgánicas que determinan su capacidad de rendimiento. (Weineck, 1982; Hollmann y Hettinger, 1980). Esto significa que ejercicio físico, entrenamiento y competición o capacidad física presentan diferencias en función tanto del grado de intensidad de esfuerzo como en el tipo de esfuerzo (acondicionamiento físico).

Los términos definidos en la literatura como actividad física o ejercicio físico, entrenamiento físico o deportivo, y forma física, condición física o aptitud física, aunque están muy relacionados entre sí, representan conceptos y entidades completamente separadas (Caspersen y col., 1985).

1.3.1. Actividad física.

El metabolismo basal se puede definir como todos aquellos procesos metabólicos que ocurren en un régimen de inactividad muscular pero de actividad vital. Dependiendo de las condiciones metabólicas basales de cada individuo, será más alto o más bajo e implica un mayor o menor consumo de oxígeno y utilizará más o menos sustrato (grasas, hidratos de carbono y/o, en último caso, proteínas).

Por otra parte, también se define la actividad física como cualquier movimiento corporal producido por la musculatura esquelética que supone un consumo o gasto energético. Por tanto, la actividad física o ejercicio físico es una conducta compleja que resulta difícil de cuantificar. Las actividades de nuestra vida se puede clasificar en ocupacionales, tareas domésticas y cotidianas, laborales, de acondicionamiento general, práctica ocasional de deportes, deporte de competición, etc.

También el impacto del ejercicio y la restricción dietética sobre el gasto energético diario fueron estudiados por Poehlman y col. (1991). Comprobaron que, además del gasto energético directo producido por la actividad física, el ejercicio puede influir sobre dicho coste energético en reposo de tres maneras diferentes:

- Una de ellas sería mediante un incremento prolongado del nivel metabólico post-ejercicio después de un ejercicio agudo.
- Otra forma es a través de un incremento crónico del nivel metabólico basal asociado al entrenamiento.
- La tercera forma se produce mediante un incremento en el gasto energético durante el tiempo de reposo.

Parece que la combinación de una gran cantidad de ejercicio físico supone importantes modificaciones del equilibrio homeostático corporal, incidiendo decisivamente sobre los aspectos funcionales y metabólicos: mayor consumo de oxígeno, mayor gasto cardíaco y mayores requerimientos metabólicos musculares. Para poder abastecer a estas nuevas necesidades, es preciso iniciar un complicado y coordinado sistema de respuesta funcional que incluye los súbitos y temporales cambios provocados en un organismo sometido a un ejercicio físico.

También el impacto del ejercicio y la restricción dietética sobre el gasto energético diario fueron estudiados por Poehlman, E. T. y col. en 1991. De esta forma comprobaron, que además del gasto energético directo producido por la actividad física, el ejercicio puede influir sobre dicho coste energético en reposo de tres maneras diferentes. Una de ellas sería mediante un incremento prolongado del nivel metabólico post-ejercicio después de un ejercicio agudo. Otra forma es a través de un incremento crónico del nivel metabólico basal asociado al entrenamiento y la tercera forma se produce mediante un incremento en el gasto energético durante el tiempo de reposo. Parece que la combinación de una gran cantidad de ejercicio aeróbico con una dieta baja en calorías produce una sustancial pérdida de peso que podría acelerar la disminución en el nivel metabólico en reposo.

1.3.2. Entrenamiento físico.

Mediante el entrenamiento se pretende incrementar el potencial físico, desarrollando las cualidades físicas en la mayor medida posible y de la manera más adecuada para cada sujeto y circunstancia. Se define el entrenamiento como la serie de actividades físicas realizadas de una manera continua con el objeto de incrementar la eficiencia física, para lo cual debe ser sistemático, regular y progresivo. El entrenamiento físico también puede ser considerado como el aumento de la capacidad funcional obtenido a través de la función misma y referido a todo el organismo o a algunos órganos del mismo.

Todo entrenamiento físico implica una adaptación al esfuerzo que requiere un incremento paulatino de las cargas de trabajo. Éstas podrán regularse en calidad y variabilidad, pero que normalmente crecen cuantitativamente con el paso de los años, hasta alcanzar niveles óptimos en cada caso, momento en el cual la intensidad de los estímulos se convertirá en el factor clave para determinar la pauta de entrenamiento.

La persistencia en los estímulos de ejercitación física implica cambios duraderos en la función y/o estructura de los órganos sometidos a un ejercicio crónico, que normalmente capacitan al organismo para responder de forma más fácil a subsiguientes estímulos producidos por el ejercicio físico, principio biológico conocido como adaptabilidad (Israel, 1983), y manifestado como supercompensación. El tiempo necesario para que se produzca una respuesta o adaptación es variable según la naturaleza, intensidad, duración y frecuencia de los estímulos y diferente según los individuos. Asimismo, el período de tiempo durante el cual pueden continuar los incrementos en la eficiencia funcional, así como el tipo de mejora, presentan una gran variabilidad individual. En resumen, está en relación con muchos factores como son las condiciones constitucionales o innatas, la edad y el grado o nivel de entrenamiento o acondicionamiento físico. Por esta razón, un mismo entrenamiento podrá producir efectos beneficiosos o perjudiciales, según a quien se aplique. Es, por tanto, fundamental personalizar el entrenamiento, puesto que las respuestas a cada trabajo pueden ser completamente distintas.

1.3.3. La forma, condición o aptitud física.

Entre las definiciones generales de aptitud, hay que señalar aquella que se refiere a la capacidad de llevar a cabo un trabajo muscular satisfactoriamente o la habilidad de tolerar la ejecución de trabajo físico (Miller, 1991). En relación a la salud se puede definir aptitud como un estado asociado con un bajo riesgo de desarrollo de enfermedades y/o impedimento funcional (American College of Sport Medicine, 1991). Pero sin duda, el más interesante de todos, es el concepto de aptitud relacionado con la capacidad para el desarrollo de la actividad deportiva. Se puede definir como la habilidad de tolerar la ejecución de un tipo específico de actividad física (Miller, 1991).

El American College of Sport Medicine define la forma física como la capacidad para realizar actividad física a niveles de moderados a vigorosos, sin que aparezca fatiga, y la capacidad de mantener tales posibilidades durante toda la vida (Caspersen, 1985). Su grado puede ser cuantificado mediante test específicos. Es decir, la forma es algo más que la capacidad para hacer frente a las demandas de la vida cotidiana; es el óptimo funcionamiento de diversos sistemas fisiológicos del organismo, especialmente el aparato cardiovascular, el aparato respiratorio, el sistema nervioso y el sistema musculoesquelético.

La forma física también denominada condición física, aptitud física o “physical fitness” son un conjunto de parámetros fisiológicos mientras que el ejercicio o actividad física es una conducta o hábito. No existe una aptitud física universal. La diferencia de aptitud física interindividual o intraindividual (evolución de ella en un mismo sujeto), depende de muchos y diversos factores o elementos ya sean constitutivos (genéticos, edad, sexo, etc.), ligados al entorno o ambiente (entrenamiento, nutrición, etc.) o al propio envejecimiento o involución biológica (Monod, 1980). Aptitud se define como la relación adecuada entre la tarea que se tiene que realizar y la capacidad del individuo para realizarla.

Las razones para mantener una correcta forma física se pueden resumir en dos apartados. Por una parte, el ejercicio físico de suficiente intensidad produce una mejora del funcionamiento del aparato locomotor, cardiovascular y respiratorio lo que implica que la persona en forma se ajusta mejor al incremento de las demandas físicas necesarias para las actividades cotidianas y se recupera antes que la persona que no lo está. Por otra parte, estas personas físicamente en forma, realizan el trabajo diario con más facilidad y mayor competencia sin acumular fatiga.

1.3.4. Capacidad física: funcional y metabólica.

La capacidad de rendimiento físico es una entidad compleja en la que intervienen tres componentes principales: capacidad para generar energía (aeróbica y anaeróbica), función neuromuscular (técnica, coordinación, etc.) y factores psicológicos (motivación, táctica, etc.) (Eriksson, 1972; Astrand, 1960).

Si la actividad física ha estado siempre ligada antropológicamente a la evolución del ser humano, no se pueden restringir los estudios fisiológicos y clínicos sobre los seres humanos a una condición de reposo o basal, pues sólo se puede evaluar la capacidad funcional de un órgano cuando éste es sometido a cargas funcionales. Entonces, se hace necesario no sólo estudiar los efectos de actividades y factores ambientales sobre las distintas funciones de los órganos, sino también investigar la capacidad de los individuos para satisfacer los requerimientos que se les imponen y determinar de qué manera el entrenamiento puede influir en esta capacidad (Astrand, 1986). Para este autor, y en un sentido muy amplio, el desempeño o la aptitud de carácter físico están determinados fundamentalmente por la capacidad de producción de energía del individuo (procesos aeróbicos y anaeróbicos, transporte de oxígeno) al igual que por la función neuromuscular entre otros. El desempeño físico de un individuo es, por tanto, el resultado combinado del esfuerzo y de la integración coordinada de una diversidad de funciones.

En cualquier esfuerzo físico se produce la transformación de una energía química en una energía mecánica más producción de calor, que se manifestará en un trabajo mecánico

externo. Esta transformación en energía mecánica es una capacidad física dependiente de la cantidad y de la calidad de los substratos almacenados en los tejidos así como de los cofactores que se precisan para ello. Entre éstos se encuentran el oxígeno, los enzimas, etc. Este potencial energético químico diferencia las cualidades de los individuos. De esta forma, entre los sujetos que tienen genéticamente una mayor cualidad aeróbica, no todos la producen a la misma velocidad (potencia) ni tienen la misma capacidad. Al margen de las cualidades del tejido muscular, esta transformación depende también de factores anatómicos, biomecánicos, ambientales, etc. El entrenamiento como tal, se basa en la potencialización de cada una de las cualidades que intervienen en las diferentes actividades físicas.

Durante mucho tiempo, valorar la dimensión fisiológica del ser humano en movimiento se basó en medir las respuestas y adaptaciones de los sistemas cardiorrespiratorios al esfuerzo físico. Con la biopsia muscular introducida por Bergstrom en 1962, los avances en técnicas histoenzimáticas y bioquímicas (Gollnick y col., 1982) y el empleo del microscopio electrónico se ha facilitado el acceso a un mejor estudio y comprensión de los mecanismos más íntimos del funcionamiento muscular y orgánico.

Para su funcionamiento, el músculo precisa ATP, oxígeno y un sistema de regulaciones nerviosas, hormonales y metabólicas. Para su contracción, se producen además gran cantidad de reacciones de óxido-reducción para transformar la energía química potencial en energía mecánica, y la evaluación de la capacidad fisiológica de la motricidad implica medir directamente, o estimar indirectamente, las reservas energéticas disponibles (o potencial bioenergético) y sus posibilidades de movilización, transporte y utilización (metabolismo oxidativo) en el desarrollo del esfuerzo físico (Cazorla, 1982).

Por tanto se define la capacidad física como el conjunto de potencialidades de los diferentes factores musculares, bioenergéticos, biomecánicos y fisiológicos que en interacción con el entorno o medio ambiente, determinan la acción motriz (Cazorla, 1982). El desarrollo excesivo de una o de muchas de esas potencialidades, con el objeto de obtener un rendimiento deportivo, define la buena capacidad física específica de un deportista.

Según las motivaciones individuales y las exigencias requeridas para la actividad física se puede admitir que no existe un concepto universal de capacidad física, ya que posee muchos significados posibles. Existe una diferente capacidad de adaptación o adaptabilidad que atiende a las interacciones entre el organismo y su medio, y que está sustentada en unas características hereditarias o genéticas.

La velocidad de adaptación tras estímulos eficaces y repetidos de entrenamiento es diferente para diversos sistemas funcionales, y depende de su grado previo de forma física.

En este marco, el sistema muscular es un ejemplo de una capacidad rápida de adaptación, mientras que el VO_2 máx es un sistema de adaptación específica al entrenamiento físico, manifestada por cambios específicos en los grupos musculares más afectados por la actividad física concreta y una adaptación general, común para todas las disciplinas de resistencia aeróbica de base en todos los sistemas funcionales participantes en ella.

Para Hollman y Hettinger (1980), los límites en la capacidad de adaptación del organismo humano sometidos a un entrenamiento deportivo de alto rendimiento físico dependen del tipo de cualidad física a mejorar; para adultos no entrenados puede ser de hasta un 40% en el VO_2 máx (índice que traduce el nivel de resistencia aeróbica dinámica general) y de hasta un 100% respecto del metabolismo oxidativo muscular (índice de resistencia aeróbica dinámica local), siendo ésta la capacidad física humana que más se puede mejorar. Clásicamente la capacidad de resistencia aeróbica se ha valorado a partir de la determinación del VO_2 máx y últimamente a través de la identificación del VO_2 , de la frecuencia cardíaca o de la intensidad del esfuerzo correspondiente al denominado umbral anaeróbico.

1.3.5. Acondicionamiento físico.

La forma física se asienta en unas capacidades que permiten al individuo ejecutar múltiples opciones de movimiento. En cada caso, según el tipo de actividad, el porcentaje empleado en esas cualidades varía, de forma sustancial en unos casos y ligeramente en otros, pero siempre cualquier ejercicio se apoya en ellos. Cada uno de los practicantes de una especialidad deportiva posee o alcanza, mediante el entrenamiento, un determinado nivel de desarrollo, capacitación o condición física diferente al de los demás. Esto ocurre porque, a pesar de la gran diversidad de capacidades funcionales, todas ellas dependen a la vez de aptitudes o potencialidades iniciales genéticamente predeterminadas, y que según su grado de desarrollo o expresión no sólo pueden modular la acción motriz sino también influenciar el comportamiento global, delimitando las esferas de la capacidad orgánica funcional (Hamel y col., 1986).

Está aceptado ampliamente en la actualidad que el término forma física se inscriba dentro de un amplio contexto que incluya el buen estado cardiovascular y respiratorio, la estructura corporal, la función motriz y diversos factores histoquímicos y bioquímicos. También se admite que la respuesta adaptativa al entrenamiento es compleja y que abarca factores periféricos, centrales, estructurales y funcionales. Aunque existen trabajos científicos sobre muchas de estas variables, y sobre su respuesta adaptativa al entrenamiento, la insuficiencia de datos detallados y comparativos sobre la frecuencia, la intensidad y la duración del entrenamiento, así como la variabilidad en el potencial físico individual, expresado en el tiempo con un distinto nivel o grado de acondicionamiento físico, impide utilizarlos como modelos comparativos, al menos en estudios transversales.

Una buena forma física lleva consigo una reserva energética que permita cumplir con las actividades cotidianas, domésticas, profesionales y lúdicas sin acumular fatiga. La capacidad muscular para realizar ejercicios de larga duración depende, entre otros factores, del aporte suficiente de oxígeno y nutrientes. Por tanto el acondicionamiento físico, dependerá de la cantidad de oxígeno que se puede aportar a los músculos, de la calidad metabólica de los mismos, de la masa corporal total y de otros múltiples factores y mecanismos reguladores. Concretamente, el acondicionamiento dirigido hacia una aptitud de esfuerzo prolongado o de resistencia orgánica reflejará, desde una perspectiva central, un grado de capacidad aeróbica que estará en relación al estado del sistema cardiovascular, respiratorio y/o de transporte de oxígeno, así como, desde un punto de vista periférico, la tensión muscular y el tiempo durante el cual esta tensión puede ser mantenida atendiendo al estado metabólico celular. El tipo de contracción muscular y el grado de carga desempeñan un papel relevante en el proceso metabólico que sustentan el tipo de acondicionamiento muscular (Saltin, 1992).

1.3.5.1. Bases del acondicionamiento físico aeróbico.

La ruptura de las moléculas de ATP con liberación simultánea de energía constituye la base de la contracción y relajación muscular. Sin embargo, los depósitos de ATP a nivel de la célula muscular son muy escasos, siendo insuficientes para ejercicios de demandas contráctiles musculares mayores de 2 a 5 segundos de duración, lo cual depende a su vez de la intensidad contráctil. De igual forma se comporta el creatín-fosfato, aunque sus concentraciones musculares sean 3 ó 4 veces superiores a las de ATP y su biodisponibilidad inmediata, permitiendo su hidrólisis durante 6 a 10 segundos de ejercicio muscular máximo. En situaciones especiales de demanda muscular continua intensa pueden perderse casi por completo sus reservas (Astrand, 1986). La restauración de los niveles de fosfágenos se produce rápidamente en un período de 2 a 3 minutos. El período para el reabastecimiento del 50% de fosfágeno es de 20 a 30 segundos. Esta reposición se puede repetir varias veces pero no es un proceso inagotable.

La resíntesis y, por tanto, el restablecimiento de los depósitos de fosfatos de alta energía se puede lograr bien por procesos metabólicos anaeróbicos, sin la ayuda de oxígeno, a través de reacciones oxidativas de deshidrogenación que suceden extramitocondrialmente en el citoplasma celular (vía hidrólisis anaeróbica de los carbohidratos en lactato o glucólisis), o bien por procesos metabólicos aeróbicos, mediante la oxidación de los nutrientes en las mitocondrias celulares (metabolismo oxidativo intramitocondrial).

El mecanismo de aporte energético anaeróbico del ácido láctico supone la resíntesis de ATP en cuanto las concentraciones de sus metabolitos ADP y AMP activan la

fosfofructokinasa y la glucógeno-fosforilasa y se realiza la conversión de glucógeno y/o glucosa en lactato. El trabajo mecánico que puede obtenerse a partir de esta vía queda limitado por el acúmulo de lactato en la musculatura en ejercicio y por la acidosis asociada en todo el organismo. Di Prampero (1981), estima que cada mmol/l de lactato plasmático acumulado se considera equivalente a cubrir un déficit de oxígeno entre 2.8 y 3.3 ml de O₂/kg. El sistema metabólico de aporte de energía anaeróbico láctico se realiza a través de la reducción del piruvato a lactato tomando átomos de hidrógeno del NADH₂ extramitocondrial. El NAD oxidado puede actuar de nuevo como aceptor de hidrógenos permitiendo que el glucógeno y/o glucosa se oxide más y ceda más energía de resíntesis de los fosfatos de alta energía.

El potencial de esta vía energética se estima valorando que las lactacidemias máximas durante un ejercicio dinámico máximo se alcanzan a los 45 seg de duración, tolerándose un promedio entre 16 y 20 mmol/l de lactato en sangre (Karlsson y Saltin, 1970).

La importancia del acondicionamiento físico aeróbico se hace mayor al prolongarse la duración del ejercicio. El suministro energético de resíntesis se establece a través de la capacidad metabólica aeróbica (respiración celular) basada en la refosforilación oxidativa de la cadena respiratoria mitocondrial, a través de la oxidación del hidrógeno. Mediante el ciclo de Krebs las fracciones de carbohidratos (piruvato) y de ácidos grasos libres, ceden sus hidrógenos y eliminan sus carbonos restantes en forma de CO₂. El hidrógeno prosigue a lo largo de la cadena respiratoria en forma de las coenzimas reducidas NADH₂ y FADH₂ compuestas por lipoproteínas y diversos citocromos y metales.

El flujo de dos electrones a través de la cadena proporciona la energía para la formación del ATP; al final de la cadena respiratoria cada par de electrones se une a dos protones y al O₂, el cual entra en las células musculares a través de la respiración celular. Dada la sensibilidad de la cadena respiratoria mitocondrial, incluso a la mínima defosforilación del ATP, teóricamente queda garantizado un ajuste práctico de la respiración en proporción a las demandas de energía celular, cuando opera a un nivel por debajo del ejercicio dinámico máximo (Knuttgén y Saltin, 1972).

Ambos metabolismos energéticos se realizan simultáneamente. Sin embargo, la fosforilación oxidativa tiene prioridad sobre la glucólisis y, más aún, cuando es condicionada por un entrenamiento aeróbico. Por otra parte, el lactato que se forma en la musculatura en ejercicio pasa, en su mayoría, al torrente circulatorio, de manera que la musculatura en reposo, que no interviene en los ejercicios, puede captar el lactato de la

sangre arterial y oxidar una parte. Otros órganos y vías para la eliminación del lactato son la modificación química en el hígado, en el músculo cardíaco y en los riñones así como la eliminación por la orina y el sudor.

Está demostrado que existe una transferencia aumentada de lactato desde la musculatura activa a la sangre en forma casi lineal con la producción intramuscular de lactato; la contribución del hígado a este metabolismo oxidativo es mayor cuanto mayor sea la intensidad y la duración del esfuerzo, contribuyendo a determinar el grado o nivel de acondicionamiento físico de una persona.

El tipo de sustancia nutritiva que va entrar en combustión dependerá de la calidad y cantidad de ejercicio, de la nutrición y del nivel de entrenamiento. Cuanto mayor sea el nivel de entrenamiento y el acondicionamiento físico del sujeto, mayor será el porcentaje de grasas oxidadas, con un efecto de ahorro sobre los depósitos de glucógeno. No obstante, siempre existe una contribución por parte del glucógeno hepático para cubrir parte de la demanda de glucosa muscular.

A través del entrenamiento se puede aumentar la capacidad metabólica del sistema oxidativo atendiendo al aumento descrito en el número y tamaño de las mitocondrias y mediante el aumento de la actividad de algunas enzimas anaeróbicas y, fundamentalmente aeróbicas. Además aumenta la contribución oxidativa de los ácidos grasos libres con una demanda reducida en unos mayores depósitos de glucógeno.

El aumento en el transporte de sustratos y de O_2 a los músculos implica mejoras en el gasto cardíaco, volumen minuto respiratorio, redistribución sanguínea y en el sistema capilar muscular (Howald, 1982). Durante cualquier tipo de esfuerzo físico submáximo mantenido en el tiempo, el aporte de O_2 se corresponde con la intensidad del ejercicio, estabilizándose tanto el VO_2 como la tasa de lactacidemia, al igual que la frecuencia cardíaca y la ventilación. En las personas no entrenadas aeróbicamente, sólo aparece un estado casi estable por debajo del 50% de la capacidad máxima de rendimiento; a una intensidad mayor al 50% del $VO_{2m\acute{a}x}$, la lactacidemia comienza a elevarse en relación directa a la intensidad del ejercicio. En sujetos entrenados, con una gran condición física aeróbica, esto no ocurre hasta intensidades cercanas al 80%-90% del $VO_{2m\acute{a}x}$.

El $VO_{2m\acute{a}x}$ depende de la capacidad cardiopulmonar (central) y metabólica (periférica); su valor viene determinado por el gasto cardíaco, la utilización periférica o $Da-vO_2$ y la capacidad aeróbica celular en ejercicio (Sutton, 1992). Se alcanza su valor máximo hacia los 18 años, permaneciendo prácticamente invariable hasta los 30 años, edad en la que empieza a disminuir en las personas no entrenadas. Mediante el entrenamiento de resistencia aeróbica puede aumentarse el $VO_{2m\acute{a}x}$ en un 20 ó 30%.

Según las investigaciones desarrolladas por Bouchard y col. (1986) se pueden diferenciar 4 categorías de personas (tabla 1) que realizan entrenamientos de resistencia aeróbica.

TIPO	VALOR INICIAL	ENTRENABILIDAD
1 ^a	Bajo	Baja
2 ^a	Alto	Baja
3 ^a	Bajo	Alta
4 ^a	Alto	Alta

TABLA 1. Sistematización de los sujetos que realizan entrenamientos de resistencia aeróbica (Bouchard y col., 1986)

Los deportistas situados en la última categoría son especialmente capaces de alcanzar valores de VO₂máx alrededor del 100% por encima de los valores normales. Aproximadamente, el 80% de la capacidad aeróbica viene determinada genéticamente. Los valores se sitúan entre los 3 y 3.5 l/min, y en los deportistas de resistencia entre los 5.5 y 7 l/min, aunque es preferible establecer estos valores de forma relativa al peso corporal en kg y mejor aún respecto a la masa magra, ya que las personas con cantidades claramente superiores de tejido graso también muestran un aumento absoluto del VO₂ si el peso corporal se excluye como factor.

Como se puede apreciar en la figura 1, la actividad física y la forma física cardiovascular valorada por el VO₂máx obtenido por ergoespirometría de esfuerzo, que es un índice de eficiencia circulatoria, están íntimamente relacionadas (Saltin y Strange, 1992). En ella se puede comprobar la existencia de diferentes grupos de individuos dentro de una población, y como a medida que sus ocupaciones requieren una mayor actividad física, resulta también más alta su forma física cardiovascular.

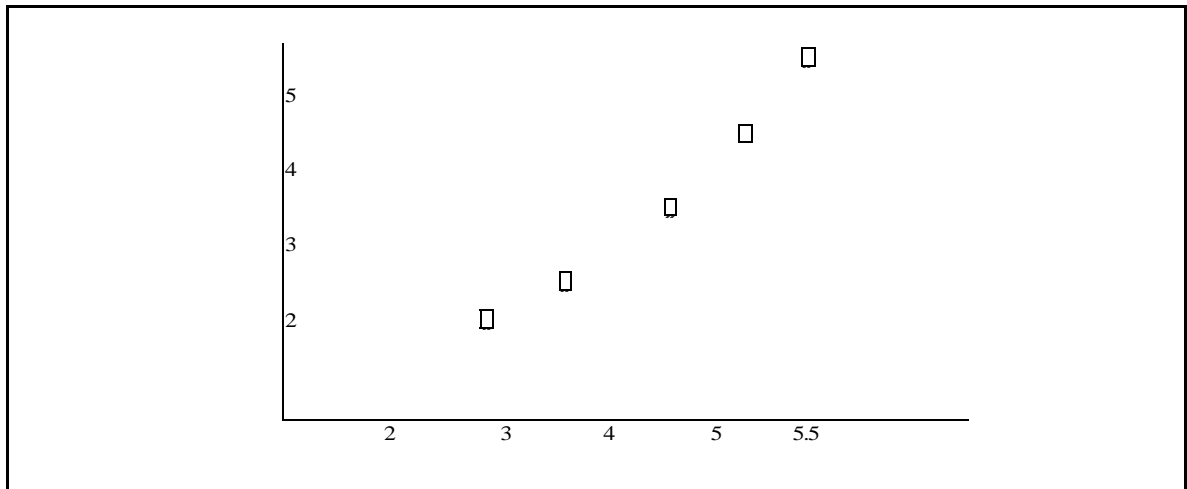


FIGURA 1. Relación entre el consumo máximo de oxígeno y la capacidad máxima de transporte de oxígeno (Saltin y Strange, 1992)

1.4. METABOLISMO OXIDATIVO EN EL EJERCICIO MUSCULAR.

Existen muchos trabajos científicos ya publicados, donde se estudian los sistemas que están implicados en facilitar la cantidad de energía necesaria para producir la contracción muscular mediante la oxidación de los substratos energéticos.

El flujo de ATP es la variable regulada durante el ejercicio físico. Esto se deduce del estudio de los procesos bioenergéticos celulares realizados por Connett y col. (1990), quienes establecieron que, dado que la mayor parte de la energía que utiliza la célula procede de la hidrólisis de enlaces fosfato de alta energía, la tasa de utilización de ATP debe ser compensada por una tasa equivalente de síntesis de ATP. Se crea así, un equilibrio entre la demanda y el aporte de ATP, que dependerá de la interacción de los sistemas celulares que vienen representados por la glucogenolisis, la glucólisis, el estado de óxido-reducción del citoplasma, el estado de óxido-reducción mitocondrial, la cadena de transporte de electrones, las enzimas transfosforilantes y el ciclo de Krebs.

La demanda de energía repercutirá sobre el sistema energético de los fosfágenos, que incluye enzimas como la creatinquinasa, acúmulos citoplasmáticos de creatina, nucleótidos de adenina, así como las interacciones de los grupos fosfato con hidrógeno, potasio y magnesio (Connett, 1988), y esa demanda dependerá de la velocidad con la que se producen esas interacciones actomiosínicas y de la tasa de actividad adenosintrifosfatasa vinculada a las funciones de transporte.

Cuando se produce un equilibrio entre la demanda y el aporte de energía el estado de fosforilación permanece estable y, por tanto, el contenido total de enlaces de fosfato de alta energía no varía. La fosforilación oxidativa mitocondrial, el ciclo de Krebs y la glucólisis son los sistemas productores de ATP cuya actividad depende de la disponibilidad de substratos energéticos y de su adecuada distribución. Según escribe Connett (1990), fue Keilin quien demostró a comienzos del siglo XX, que la oxidación de los substratos de glucosa, ácido láctico y aminoácidos intervienen en reacciones oxidativas, ya sean de deshidrogenación como de oxidación por el oxígeno, llegando a la conclusión que, existe una cadena respiratoria que iniciándose en las reacciones de deshidrogenación, termina en transferencias de electrones sobre el oxígeno. Esta cadena respiratoria, precisa la utilización de diferentes tipos de enzimas (deshidrogenasas), coenzimas (NAD/NADH₂, NADP/NADPH₂, FAD/FADH₂), e intermediarios (ubiquinona, citocromos), que catalizan las transferencias de hidrógeno o las de los electrones. Dentro de este proceso de respiración celular, intervienen los citocromos que son unas heteroproteínas capaces de realizar el transporte de electrones gracias a la presencia del ión hierro.

En estas oxidaciones celulares y a lo largo de la cadena respiratoria se produce una liberación de energía en forma de ATP a partir de ADP. Este cociente ATP/ADP regula la intensidad de la respiración celular. La relación entre la síntesis de ATP y el consumo de oxígeno se llama fosforilación oxidativa y es un proceso que se desarrolla en las mitocondrias de la célula.

1.4.1. Interrelación entre los sistemas oxidativos de obtención de energía.

En los comienzos del siglo pasado, Hill (1911) comprobó que existía una fase aeróbica y una fase anaeróbica de la contracción muscular. Posteriormente, en el año 1924 demostró que durante el ejercicio, se producía un aumento del lactato debido a la ausencia de oxígeno disponible para la obtención de energía. En definitiva, se comenzaba a demostrar que la producción de ácido láctico estaba en relación con la insuficiencia en el aporte de oxígeno.

En el año 1927, Douglas comprobó, que cuando se sometía al músculo a una serie repetida de cargas de trabajo, éstas se realizaban sin cambios en la concentración plasmática de lactato hasta un punto en el que si se continuaba el aumento de dichas cargas, la concentración se elevaba. Un año mas tarde, Jervell (1938), dijo que existía una relación directa entre el aumento de la lactacidemia y la caída de la reserva alcalina sanguínea durante el esfuerzo. En 1929, Herbst dedujo que los hidrogeniones procedentes del ácido láctico, parecían condicionar la capacidad de resistencia al esfuerzo dado que cuanto más aumentaba la producción de ácido láctico acumulado durante el ejercicio, antes del agotamiento, mayor era el nivel de resistencia. Posteriormente, Holmgren y Strom (1959), demostraron que ante esfuerzos idénticos, los sujetos entrenados mostraban lactacidemias menores y consumos de oxígeno mayores que los no entrenados. Otros trabajos estudian la intensidad del esfuerzo que corresponde al inicio del metabolismo anaeróbico y que determina el llamado “punto de eficiencia ventilatoria optima” (Hollmann, 1959), que es el momento en el cual la ventilación aumenta de forma más marcada que el VO_2 , coincidiendo los cambios entre la ventilación y el lactato arterial. Este punto, ha sido aceptado universalmente como “umbral anaeróbico” desde su definición en el año 1964 por los estudios de Wasserman y McIlroy.

1.4.2. Consumo de oxígeno y capacidad aeróbica.

Se define el consumo de oxígeno como un parámetro fisiológico que traduce la cantidad de oxígeno que utiliza o consume el organismo. Cuando lo medimos durante el esfuerzo físico, se cuantifica el metabolismo energético dado que el oxígeno se utiliza como comburente en las combustiones que tienen lugar a nivel celular. El oxígeno consumido por una persona en situación de reposo absoluto es un índice de metabolismo basal que corresponde aproximadamente a 3.5 ml O_2 /kg/min. Este valor equivale a 1 MET o unidad metabólica y refleja el gasto energético que un organismo necesita para mantener sus constantes vitales.

Algunos autores como Hill y Lupton en 1923, comprobaron que el VO_2 se incrementaba de forma directamente proporcional y linealmente a la intensidad del esfuerzo hasta alcanzar un nivel a partir del cual aumentando la intensidad, el VO_2 no aumenta, y se produce un aplanamiento en la relación VO_2 /intensidad. Este “punto” se define como $\text{VO}_{2\text{máx}}$ y hace referencia a la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede captar, transportar y utilizar por unidad de tiempo.

Los factores determinantes del VO_2 serán el gasto cardíaco y la diferencia arteriovenosa de O_2 ($\text{VO}_2 = Q \times \text{Da} - \text{vO}_2$). Es muy variable entre sujetos y depende de la dotación genética, edad (se alcanza el valor máximo entre los 18 y 25 años), sexo (es mayor en el hombre), peso corporal (relacionado directamente con la masa magra) y grado de entrenamiento o condicionamiento físico. Según Saltin y Strange (1992), la condición aeróbica viene determinada en gran parte por la herencia (hasta el 70% del $\text{VO}_{2\text{máx}}$), dependiendo sólo un 20-30% del entrenamiento. También, estos autores comprobaron que el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ depende de la cantidad máxima de O_2 que llega a las mitocondrias y de la capacidad oxidativa máxima del músculo esquelético periférico que, a su vez, está en relación con el número y tamaño de las mitocondrias y con las enzimas oxidativas correspondientes. Pero, para que la llegada de O_2 hasta la mitocondria sea correcta es preciso la acción de varios eslabones integrados por el aparato respiratorio, el aparato circulatorio, la concentración y afinidad de la hemoglobina, y la circulación periférica muscular (tabla 2).

1º Ventilación	2º Hemoglobina	3º Gasto Cardíaco	4º Circulación Periférica	5º Metabolismo Muscular
Ventilación	Afinidad O_2	Volumen Sistólico	Flujo Sanguíneo Tisular	Substratos
Perfusión		Frecuencia Cardíaca	Densidad Capilar	Masa Muscular
Difusión		Presión arterial	Difusión	Número y Tamaño fibras
			Extracción de O_2	Almacén Energético
				Mioglobina
				Mitocondrias

TABLA 2. Elementos que intervienen en el sistema de transporte de oxígeno (Sutton, 1992)

Está demostrado que el tamaño del corazón, el volumen telediastólico y el volumen sistólico correlacionan intensamente entre sí y con el $\text{VO}_2\text{máx}$ y que también existe estrecha relación entre la capacidad máxima de transporte y el gasto cardíaco (Fig.1). La variabilidad del $\text{VO}_2\text{máx}$ en un principio se atribuyó, exclusivamente a la magnitud del volumen sistólico máximo y a la función de bomba que desarrolla el corazón, ya que con el entrenamiento no se alteraba la frecuencia cardíaca máxima ni el contenido de O_2 de la sangre arterial, ni la fracción utilizada del O_2 transportado a los tejidos en esfuerzos máximos.

Sin embargo, Morgan y col. en 1991 demuestran la gran plasticidad que el músculo esquelético presenta en su adaptación al entrenamiento respecto a la capacidad enzimática oxidativa muscular. Aquí aparecen las primeras mediciones de la capilaridad muscular y se comienza a considerar que tanto la variabilidad individual en el $\text{VO}_2\text{máx}$ como los cambios que experimenta con el entrenamiento dependen, fundamentalmente, del propio músculo.

Cuando el organismo está en reposo, extrae de la sangre arterial unos 5 ml de O_2 por 100 ml de sangre que aumentan durante el ejercicio a 15 ml en el sujeto normal y a 17 ml de O_2 en el entrenado. Entre los factores arteriales de esta diferencia arterio-venosa está la pO_2 , la hemoglobina, la volemia, los ajustes ventilatorios y la redistribución de flujos pulmonares y sistémicos que derivan la circulación desde los territorios inactivos a la circulación general y a los territorios activos. Sin embargo, entre los determinantes venosos de la diferencia arterio-venosa de oxígeno están la capacidad de extracción de O_2 por los tejidos, la redistribución de flujos periféricos, la masa muscular y el estado de las miofibrillas, la temperatura y el pH. Sobre ellos puede influir de manera importante el grado de entrenamiento o condicionamiento físico que puede mejorar la Da-vO_2 hasta un 10% sin la intervención de mecanismos centrales.

La capacidad del músculo esquelético activo para extraer el O_2 que llega a través del sistema arterial es un factor fundamental en la capacidad global del organismo para consumir el O_2 . La capilarización muscular, el predominio de fibras musculares tipo I o II, la masa mitocondrial, y los complejos enzimáticos de la fosforilación aeróbica (ciclo de Krebs y cadena respiratoria) son los factores importantes a la hora de valorar la capacidad de utilización del O_2 por los músculos que intervienen durante el ejercicio.

La capacidad física traduce la posibilidad que posee un sistema muscular activo de generar, por la glucólisis anaeróbica y/o por la fosforilación oxidativa, la energía necesaria para producir el máximo trabajo mecánico posible y mantenerlo durante el mayor tiempo posible. Esta capacidad aumenta mediante el entrenamiento deportivo. Para medir la capacidad aeróbica, se emplea la medición del $\text{VO}_2\text{máx}$, que caracteriza el funcionamiento y capacidad de todo el sistema de transporte de O_2 , incluyendo su captación, transporte y utilización.

Existe una relación importante entre el valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ y el nivel de forma fisicodeportiva, especialmente cuando se comparan individuos entrenados y no entrenados. Además, la medición de este parámetro tiene gran importancia en los deportes de resistencia, aunque un $\text{VO}_2\text{máx}$ más elevado no tiene por qué significar un mejor nivel de forma deportiva.

Los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ en deportistas de elite de diferentes especialidades (ciclistas, esquiadores de fondo, triatletas, maratonianos, medio-fondistas, etc.) están en torno a 70-85 ml/kg/min. A pesar que los métodos de medición son cada día mejores, el $\text{VO}_2\text{máx}$ se ha modificado muy poco en los últimos años e incluso se ha ido reduciendo a pesar que han ido mejorando las marcas en deportes de resistencia. Esto indica que tal mejora no es debida a un aumento del $\text{VO}_2\text{máx}$ sino a una mejor utilización muscular del O_2 disponible quizás en relación con una mejora de los métodos de entrenamiento y con la valoración de las intensidades del mismo en lo que se refiere a fracciones de VO_2 .

En el año 1973, Wasserman y col. comprobaron que los sujetos poco entrenados comienzan empleando el metabolismo glucolítico a fracciones del 60% del $\text{VO}_2\text{máx}$. Por el contrario, en los sujetos entrenados en pruebas de resistencia lo hacen a fracciones del 85% del $\text{VO}_2\text{máx}$ e incluso en los maratonianos, ejemplo del grado máximo del entrenamiento físico, llegan a utilizar hasta el 90-95% de su $\text{VO}_2\text{máx}$.

1.4.3. El umbral anaeróbico.

En la actualidad se considera como el mejor índice de resistencia aeróbica del sujeto. Para su evaluación, es preciso determinar la intensidad de esfuerzo correspondiente al inicio del metabolismo anaeróbico, siendo definido por Wasserman y McIlroy como la tasa de trabajo o VO_2 a partir del cual se instaura una acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso.

1.4.3.1. Cambios respiratorios y bioquímicos en la transición metabólica en un esfuerzo progresivo incremental.

Para describir la transición del metabolismo aeróbico al metabolismo anaeróbico durante la realización de un ejercicio progresivo incremental con escalones de baja intensidad, Skinner y McLellan (1980), propusieron un modelo trifásico. En la fase 1, que coincide con el inicio del esfuerzo, con intensidades bajas, aumenta la cantidad de O_2 extraída por los tejidos, por lo que en el aire espirado disminuye la concentración fraccional de O_2 (FEO_2). Además la producción de CO_2 es moderada por lo que la elevación de la concentración fraccional de este gas en el aire espirado es paulatina (FECO_2). La producción de lactato en esta fase es escasa. Los autores consideran que esta fase utiliza fundamentalmente el metabolismo aeróbico.

En la fase 2, la intensidad del ejercicio se incrementa alcanzando una intensidad aproximada del 40-60% del $\text{VO}_2\text{máx}$ y la lactacidemia aumenta a 2 mmol/l (el doble del valor de reposo). Los iones H^+ que se producen son amortiguados por el sistema bicarbonato originándose un incremento continuo de la FECO_2 ; además, el centro respiratorio se estimula y se produce un primer incremento de la ventilación que suele ser muy efectivo. A pesar de este incremento, el organismo no consume más O_2 que el necesario para resintetizar el ATP utilizado y por ello, el incremento ventilatorio provoca una menor extracción de O_2 por volumen de aire ventilado que se manifiesta como un aumento de la FEO_2 . Es decir, en esta fase se aprecia un incremento no lineal en el VCO_2 y en la ventilación, un aumento de la FEO_2 sin disminución adicional en la FECO_2 y una elevación de la lactacidemia ($>2\text{mmol/l}$).

En la fase 3, a medida que la intensidad del esfuerzo se incrementa hasta alcanzar el 75-85% del $\text{VO}_2\text{máx}$. y la lactacidemia los 4 mmol/l, la progresión del esfuerzo dispara este producto metabólico. Como consecuencia de ello, la ventilación se intensifica y se produce un aumento continuo en el VCO_2 a fin de compensar la lactacidemia y la caída del pH. Pero se alcanza un punto en el cual la ventilación no es capaz de compensar; de esta forma el CO_2 se acumula en sangre y por ello se observa una caída en la FECO_2 mientras que la FEO_2 continua aumentando como consecuencia del aumento desproporcionado de la ventilación en relación a la extracción de O_2 por los tejidos periféricos. Es decir, en esta fase se aprecia un aumento brusco de la lactacidemia ($>4\text{ mmol/l}$), una disminución de la FECO_2 con una nueva hiperventilación (segundo incremento ventilatorio).

Así mismo, estos autores mencionados al inicio de este apartado, comprobaron que el aumento inicial de la lactacidemia ($>2\text{ mmol/l}$), junto con el incremento no lineal de la ventilación, ocurre en un momento donde hay mayor reclutamiento de fibras musculares tipo-I y aparece menos ligado a un metabolismo anaeróbico y lo llamaron umbral aeróbico. Por el contrario, denominaron umbral anaeróbico al “punto” en que coincidente con el incremento abrupto en la lactacidemia ($>4\text{ mmol/l}$) conjuntamente con el segundo incremento ventilatorio, se produce un mayor reclutamiento de fibras musculares tipo-II; es decir, relacionado con una situación de metabolismo anaeróbico. Por ello, definieron el umbral ventilatorio-2 (VT2) o umbral anaeróbico como *“la intensidad de trabajo a partir de la cual existe una marcada hiperventilación que resulta en una disminución de la $p\text{CO}_2$ en el aire del final de la espiración”*. Wassermann y col. (1986), definieron a este punto como *“punto de compensación respiratoria”* por acidosis metabólica.

1.4.3.2. Determinación del umbral anaeróbico.

De acuerdo al carácter más o menos invasivo de las técnicas empleadas para poder determinarlo, que están orientadas al cálculo de las intensidades de esfuerzo que delimitan

los límites de las fases descritas por Skinner y McLellan (1980), los métodos existentes se clasifican en:

- 1º) Métodos invasivos o cruentos: determinan los umbrales lácticos.
- 2º) Métodos no invasivos o incruentos: determinan los umbrales ventilatorios.

Los métodos empleados para su determinación son muy diferentes según los diversos autores, y aunque genéricamente se hable de umbral anaeróbico, hay que especificar sobre qué se fundamenta, qué material es el utilizado, de qué forma se consiguen los datos y tratamiento de los resultados.

1.4.3.3. Determinación del umbral ventilatorio.

Dentro de las determinaciones no invasivas el método más fiable es el cálculo del umbral ventilatorio por medio del análisis de gases del intercambio respiratorio. Debido a que en la actualidad se dispone de modernos analizadores de gases que obtienen determinaciones respiración a respiración de las concentraciones de O₂ y CO₂ en el aire espirado, y a que los modernos procesadores permiten un análisis de estos datos o variables en forma de gráficos y en tiempo real durante la prueba, este método resulta cada día más fiable. Todas estas técnicas ergoespirométricas no invasivas para la determinación del umbral anaeróbico se apoyan en puntos de inflexión en las respuestas de la ventilación (VE), producción de CO₂ (VCO₂), cociente respiratorio (RER), equivalente respiratorio para el O₂ (VE/VO₂) y equivalente respiratorio para el CO₂ (VE/VCO₂). Para algunos autores el error que se atribuye a tales puntos oscila entre el 5% y el 10% (Davis y col., 1979).

Para obtener una determinación más objetiva del umbral anaeróbico, se debe emplear una variable que disminuya o se mantenga relativamente inalterable, en un número determinado de cargas de trabajo antes de empezar a elevarse (Davis, 1985). Durante un ejercicio incremental, estas características son cumplidas por dos variables: el VE/VO₂ y la presión telespiratoria (end-tidal) de O₂ (PETO₂). Durante las primeras cargas de trabajo, estos parámetros decrecen debido entre otras razones a que el espacio muerto fisiológico disminuye en relación al volumen corriente. Esta disminución se hace menos marcada a medida que la tasa de trabajo continua aumentando, hasta llegado un momento en el que el VE/VO₂ y la PETO₂ comienzan sistemáticamente a elevarse. Además, como durante la realización de un protocolo incremental con escalones pequeños y cortos de trabajo, la VE y el VCO₂ aumentan en la misma cuantía, durante un determinado número de cargas de trabajo, después de haber superado el fenómeno umbral, el VE/VCO₂ no aumenta en el punto donde se produce el umbral ventilatorio.

Este método tiene la ventaja de presentar una alta reproducibilidad, es decir, una alta correlación test-test y además permite determinar un VE/VO_2 de cálculo fácil al margen de exhibir una respuesta trifásica que facilita la identificación y detección del umbral ventilatorio, por ser doble el criterio utilizado para su determinación ($VE/VO_2 + VE/VCO_2$) (Davis, 1985).

1.5. EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA AERÓBICA.

El entrenamiento aeróbico provoca gran cantidad de adaptaciones cuyos efectos dependen de varios factores: características del entrenamiento (tipo, intensidad, frecuencia y duración del mismo) y características de la persona que lo lleva a cabo (cualidad genética y grado de aptitud o condición física).

Para valorar los cambios o efectos producidos por un entrenamiento de resistencia en el acondicionamiento físico aeróbico del sujeto, se tiene en cuenta la evaluación conjunta de parámetros como el $VO_{2\text{máx}}$, el umbral anaeróbico, la estimación de la masa corporal total (fraccionado en su peso o porcentaje graso y muscular), la capacidad oxidativa muscular, etc. A pesar que existen diversos tipos de entrenamientos aeróbicos, es posible cuantificar la cantidad total de entrenamiento realizado y/o el coste energético total de los mismos, constituyéndose como el factor más importante en el desarrollo y mantenimiento de la condición física aeróbica. Otro importante factor que puede influir en dicha condición física es la interrupción continuada y/o prolongada del entrenamiento que supone, a veces, la reducción hasta de un 50% en la forma física cardiorrespiratoria tras una interrupción de 4 a 12 semanas. Asimismo se considera la 2ª década de la vida como la más adecuada para el desarrollo de la resistencia aeróbica, y la 3ª y 4ª semanas, las óptimas para alcanzar su máxima expresión, referenciada como rendimiento físico.

Por tanto el entrenamiento de resistencia aeróbica provoca una serie de adaptaciones fisiológicas y bioquímicas que soportan el grado de acondicionamiento físico aeróbico y que se traduce en los aumentos siguientes (Howald, 1982):

- De la densidad capilar que irriga a las fibras musculares.
- De la densidad mitocondrial.
- De las modificaciones en los substratos utilizados para el metabolismo aeróbico.
- En la actividad enzimática que interviene en las reacciones oxidativas.
- Del contenido de mioglobina muscular y posibles cambios en los patrones de distribución de los tipos de fibra muscular.

Todos estos cambios se pueden resumir en los siguientes doce apartados:

1-. El aumento del VO_2 máx indica una mayor capacidad mitocondrial para consumir O_2 . En general, los atletas y, especialmente, los de resistencia tienen valores de VO_2 máx, más altos que las personas menos activas y/o sedentarias. (Astrand y Rodahl, 1986).

2-. Valores favorables del umbral anaeróbico. Como consecuencia del entrenamiento aeróbico se produce un cambio en la intensidad, absoluta y porcentual, del VO_2 máx. El umbral anaeróbico es el mejor indicador de la capacidad de los individuos en el rendimiento de resistencia aeróbica (Sjödín y Jacobs, 1981; Davis, 1985).

3-. Dentro de los cambios cardiovasculares que se producen por el entrenamiento, hay que destacar aquellos que afectan a las variables de las que depende el VO_2 . Es decir, el gasto cardíaco (volumen sistólico por frecuencia cardíaca) por diferencia arterio-venosa de O_2 . Los volúmenes sistólicos son mayores en reposo y en ejercicios máximos y submáximos, pudiendo ser responsables de la mitad del aumento del VO_2 máx. La otra mitad es debida a la mejora de la diferencia arterio-venosa de O_2 (Sutton, 1992). Sin embargo, la frecuencia cardíaca se reduce en reposo y en todos los niveles submáximos de ejercicio, mientras que la frecuencia cardíaca máxima no varía o disminuye discretamente como resultado del entrenamiento aeróbico (Sutton, 1992).

4-. Andersen y Henriksson en 1977, comprobaron el aumento del número de capilares sanguíneos por unidad de fibra muscular, haciéndose más tortuosos en su trayecto y por tanto aumentando su área transversal, lo que facilita un mejor transporte de O_2 y substratos energéticos especialmente de ácidos grasos libres a las mitocondrias.

5-. El entrenamiento de resistencia aeróbica influye de forma determinante y variada sobre algunas enzimas. Así, disminuye la actividad de la láctico deshidrogenasa y apenas tiene efectos significativos sobre las enzimas glucolíticas, especialmente sobre la CPK. Por el contrario, el entrenamiento aumenta la actividad de la hexoquinasa, facilitando la entrada de glucosa desde la sangre a la célula muscular. También aumenta la actividad de la glucógeno-fosforilasa o enzima inicial de la glucogenolisis, que es activada tanto por el aumento de la concentración de calcio sarcoplásmico así como por la adrenalina que activa el cAMP (Gollnick y Saltin, 1982).

6-. Holloszy y Coyle (1984), refieren que en la rata (10 semanas de entrenamiento), aumenta tanto el número como el tamaño de las mitocondrias y se incrementa su contenido enzimático en un 35-100%. Se comprueba el incremento en la actividad de las enzimas del ciclo de Krebs (citratosintetasa, isocitrato-deshidrogenasa, succino-deshidrogenasa), de la

cadena respiratoria y de la beta-oxidación de los ácidos grasos (palmitil Coenzima A sintetasa, carnitina palmitil transferasa, palmitil Coenzima A deshidrogenasa), que pueden doblar su actividad. Este incremento de la masa mitocondrial se relaciona con la mayor capacidad de utilización de grasas como fuente de energía.

7-. Además el entrenamiento de resistencia se asocia a un aumento de la sensibilidad beta-adrenérgica en el tejido adiposo, respecto a los sedentarios. Estos aumentos alcanzan el 70% de la actividad de la lipoprotein-lipasa del tejido adiposo en entrenados (pero no en músculo esquelético), lo que origina una mayor oxidación de ácidos grasos como fuente de energía, especialmente, en las fibras musculares oxidativas o tipo-I, reclutadas y activadas durante los ejercicios de intensidad moderada. También, se han descrito incrementos de los depósitos intramusculares de triglicéridos en deportistas de resistencia respecto a individuos sedentarios, lo que explica que se constituyen en un substrato energético muy importante en los deportes de fondo (Holloszy y Coyle, 1984).

8-. El músculo es capaz de aumentar su capacidad de almacenamiento de glucógeno, ya que el incremento de la tasa de oxidación de los ácidos grasos provoca una menor utilización de glucógeno en el músculo entrenado (Coyle y col., 1986).

9-. El entrenamiento de resistencia aumenta la tasa de producción de energía a partir de la oxidación de substratos, especialmente de la grasas.

10-. Los programas de resistencia aeróbica provocan una reducción de la masa corporal total y del peso graso, mientras que el peso muscular se mantiene constante o aumenta ligeramente (Carter, 1969).

11-. El entrenamiento de resistencia es capaz, también, de provocar que el corazón, hígado, riñones y los músculos esqueléticos (activos o no durante el ejercicio) utilicen como substrato energético el lactato producido. Esta adaptación contribuye a explicar la menor acumulación de lactato en entrenados durante un esfuerzo submáximo (Ivy y col., 1981).

1.6. LA CONDICIÓN FÍSICA EN EL ÁMBITO MILITAR.

Todo el contenido que se escribe a continuación se fundamenta en el Manual M-O-3-20 de 1994 y en el Manual MI7-007 de 1996. La formación integral para el combatiente incluye tres apartados fundamentales: la instrucción técnica, moral y física. La instrucción

técnica permite la formación para la lucha, la moral, supone el valor y la voluntad para vencer y finalmente, la física añade la energía para el combate. A pesar que el armamento y la mecanización crecen día a día en sofisticación, la eficacia y operatividad de las unidades para el combate dependen de un adecuado entrenamiento físico, tanto de los cuadros de mando como de la tropa.

Este entrenamiento físico no debe ser entendido sólo como la práctica de la educación física y el deporte en sentido riguroso, sino como la realización de numerosos ejercicios tácticos que exigen de cada soldado unas altos niveles de resistencia, velocidad, fuerza y elasticidad.

La condición aeróbica es necesaria para realizar ejercicios de baja a moderada intensidad y de larga duración tal como se requiere en las marchas. La fuerza muscular interviene de forma esencial en el desarrollo de ejercicios repetidos y ejercicios de cierta intensidad como lanzamiento o levantamiento de pesos. Finalmente, la condición anaeróbica es precisa cuando los sujetos realizan ejercicios repetidos de alta intensidad, tales como cargas muy pesadas, elevaciones repetidas, carreras rápidas, asaltos a una cota, etc.

1.6.1. Instrucción física militar.

La instrucción física militar (IFM) se define como aquella parte de la instrucción del militar cuyo objetivo es la preparación física para el cumplimiento de su misión. Está constituida por un conjunto de principios, procedimientos y normas de actuación para la realización de esta instrucción. El medio utilizado es el ejercicio físico, entendido como la actividad física sistemática, ordenada racionalmente para conseguir la mejora de la condición física y psíquica.

1.6.1.1. Contenidos de la instrucción física militar.

Los contenidos básicos en los que se apoya la IFM son cinco grandes grupos de actividades físicas regladas que se describen de la siguiente forma: actividades físicas sistemáticas, deportes, juegos, deportes militares y varios.

Las actividades físicas sistemáticas, son el conjunto de ejercicios metódicos y ordenados para el desarrollo equilibrado del organismo y las cualidades motrices del militar; tiene como objetivo, posibilitar y favorecer el cumplimiento de las misiones que le son propias, tanto en la instrucción como en el combate. De esta forma, se obtiene el máximo rendimiento físico del conjunto en beneficio de la operatividad de su unidad, es decir, el adiestramiento físico de la unidad.

Los deportes tienen por finalidad complementar las actividades físicas sistemáticas desarrollando las cualidades físicas y psíquicas específicas de cada deporte. Su reglamentación, a diferencia de los juegos, es compleja; utiliza grandes períodos de tiempo y movilizand o cualidades motrices y volitivas.

Los juegos son ejercicios sencillos y de distinta naturaleza que desarrollan el aparato psicomotor y despiertan el interés por la competición. Se diferencian de los deportes, en que su reglamentación es sencilla, su duración es breve y además movilizan las cualidades motrices y volitivas de forma limitada.

Los deportes militares son de carácter o aplicación militar en los que la función motora se desarrolla dentro de un marco codificado e institucionalizado, introduciendo por tanto, el factor competición.

En el apartado de varios se incluyen aquellas actividades desarrolladas en las unidades que tienen un carácter físico, pero que no tienen como prioridad el incremento de la condición física del soldado, sino un predominio del aspecto lúdico-recreativo.

1.6.1.2. Objetivos de la instrucción física militar.

Este tipo de instrucción física tiene como objetivo lograr que todo el personal de las fuerzas armadas estén física y psíquicamente preparados y capacitados para el cumplimiento de la misión, tanto en tiempo de paz como en guerra, en otras situaciones de conflicto y, en general, en toda clase de ambientes y circunstancias desfavorables.

Además, existe otro objetivo más específico destinado a desarrollar en el combatiente de una fuerza suficiente capaz de la realización de sus tareas específicas y el aumento de la resistencia que le permita ser capaz del mantenimiento de su actividad durante un largo período de tiempo, y en todo tipo de terreno. Otro objetivo es el aumento de la eficacia y la economía en aquellos gestos físicos de aplicación militar de los que dependerá, en muchos casos, la eficacia en el combate y la seguridad personal (agilidad con predominio de la coordinación). Otro objetivo específico es el desarrollo de otras cualidades físicas como la flexibilidad, velocidad de desplazamiento y reacción, postura adecuada y control en el peso. También, permite el desarrollo del carácter del combatiente en una serie de valores como la confianza en sí mismo, la tenacidad y el espíritu de sacrificio, agresividad, compañerismo y espíritu de equipo.

1.6.2. Principios metodológicos de la instrucción física militar.

Para conseguir los objetivos citados anteriormente es preciso aplicar los siguientes principios:

Progresión: La intensidad en las primeras sesiones de trabajo debe ser moderada y se incrementará en cantidad de una manera gradual mediante el progreso escalonado del número de repeticiones por ejercicio, del número de series, del ritmo de ejecución y la disminución de las pausas.

Sobrecarga: En las primeras etapas de trabajo los ejercicios seleccionados deberán ser sencillos, tanto en la intensidad del esfuerzo requerido para su ejecución como en la dificultad de realización. Después, en etapas sucesivas, se irá aumentando paulatinamente la dificultad e intensidad de los mismos.

Variedad: Algunos programas se vuelven ineficaces a fuerza de hacerse rutinarios, provocando, además, la desmotivación de los ejecutantes. Un programa eficaz debe ser variado, a saber, tablas, circuitos, gimnasia de aplicación, deportes, etc.

Equilibrio: Toda sesión de IFM que se ejecute en la unidad militar deberá ser equilibrada para englobar actividades, grupos de ejercicios, que desarrollen respectivamente las cualidades anteriormente citadas.

Regularidad: No existe ninguna posibilidad de desarrollar físicamente a los mandos y soldados del ejército, si no es por el entrenamiento regular, a ser posible diario. Esta meta debe ser alcanzable y puesta en práctica.

Especialidad: Una vez conseguida una buena base física, el entrenamiento debe ser específico, es decir, dirigido a las cualidades principales que se desean desarrollar, dependiendo de la clase de personal a quien va dirigida y de los objetivos que se quieren conseguir.

Relación: Existe una interrelación entre todas las cualidades físicas de manera que cuando se inicia el entrenamiento físico, todas ellas se benefician de la actividad. No obstante, superada esta fase, y al acometerse un entrenamiento más específico, es preciso buscar y conseguir el efecto favorable de esa relación entre los sistemas de entrenamiento.

Motivación: Para el mantenimiento de un adecuado nivel de entrenamiento es preciso ejercitar la voluntad, ya que el organismo opone cierta rebeldía a la exigencia de un esfuerzo mayor. En consecuencia, se tendrá que incrementar la motivación y aceptar el entrenamiento físico con una actitud positiva.

Individualización: Los procesos de adaptación física al ejercicio varían en cada individuo, y el entrenamiento deberá tener carácter individual aunque se realice en grupo; se

trabajará con grupos de nivel físico homogéneo, tratando de individualizar al máximo el entrenamiento.

1.6.3. La preparación física del militar.

La sesión es la base de cualquier programa de IFM y deberá estar formada por un sistema organizado de ejercicios corporales con el fin de alcanzar los objetivos propuestos. Los ejercicios deberán tener carácter múltiple, atendiendo a un desarrollo general armónico y equilibrado de todas las funciones orgánicas. Las sesiones tienen que ser activas, progresivas, disciplinadas, intensas y encaminadas a alcanzar los objetivos previstos en el programa de IFM. La duración de cada sesión será de 60 minutos, y la frecuencia será de 3 veces por semana.

La flexibilidad del método utilizado en la preparación física del militar permite llevar a cabo cualquier tipo de sesión, combinando actividades y tiempos. Los tipos de sesión que se realizan son los más idóneos para los objetivos que persigue la IFM, y son: sesión tipo de IFM, sesión de endurecimiento y sesión de combate.

1.6.3.1. La sesión tipo de la instrucción física militar.

La sesión tipo de la IFM se divide en tres partes, de forma que cada una de ellas se realiza en 15 minutos, dejando 5 minutos para la vuelta a la calma, quedando completados los 50 minutos útiles de la sesión. Los restantes 10 minutos, que completa los 60 de la sesión, se emplean para traslados, cambio de ropa, duchas, etc.

La primera parte se dedica al “calentamiento” y flexibilidad cuya finalidad es ejecutar la preparación, activando la circulación y provocando un efecto estimulante en el individuo así como la flexibilización del sistema muscular e incremento de la movilidad articular. En la segunda parte, se realizan los ejercicios de formación corporal, cuyo objetivo es el desarrollo y la formación de los grandes segmentos musculares y articulaciones, aplicando ejercicios para el desarrollo de la fuerza en sus diferentes clases. La tercera parte, se dedica al trabajo de coordinación funcional, mediante ejercicios de carácter generalizado y de ejecución más compleja cuya finalidad es, el desarrollo de la coordinación, la resistencia cardiorrespiratoria, la velocidad y la agilidad, así como la aplicación funcional y utilitaria de las facultades así obtenidas.

1.6.3.2. La sesión de endurecimiento de la instrucción física militar.

La sesión de endurecimiento es aquella que va encaminada de forma prioritaria a desarrollar las resistencias aeróbica y anaeróbica del ejecutante. Se suele realizar en las

unidades militares como carrera continua durante 50 minutos. Presenta varios inconvenientes, la dificultad de su desarrollo en el caso de grupos heterogéneos y, también, el escaso entretenimiento que supone una actividad tan poco variada. Sin embargo, el mayor inconveniente es, la ausencia de trabajo de resistencia anaeróbica. Esta cualidad es fundamental y necesaria en el combatiente al tener, en momentos determinados, que realizar gestos físicos en condiciones de extrema fatiga como lanzar, franquear, transportar, reptar, etc. Dentro de las sesiones de endurecimiento, existen dos tipos de entrenamiento que se realizan con el presente método.

La sesión de entrenamiento total es una adaptación específica del “*Método de entrenamiento total*” de Raoul Mollet (1972). Sobre la base de carrera continua todo el grupo reunido realiza durante los primeros quince minutos unos ejercicios de calentamiento y flexibilidad. Durante los quince minutos siguientes se realiza un trabajo de velocidad con cambios de ritmo, sprints, cuestas, etc. El siguiente cuarto de hora se dedica al desarrollo de unos circuitos de fuerza. Finalmente los últimos cinco minutos estarán destinados a la realización de ejercicios de estiramiento y relajación.

La sesión de entrenamiento total de aplicación al combatiente es similar a la anterior pero con una serie de diferencias. La primera es que se realiza con fusil y uniforme de campaña. En los primeros 15 minutos, se realizan una serie de tablas con fusil. Durante el segundo tramo, se desarrolla la velocidad de desplazamiento y la velocidad de reacción mediante cambios de ritmo y series de saltos de unos 30 metros partiendo de la posición de reposo (cuerpo a tierra) y finalizando en la misma posición. Durante la tercera fase se realizará un circuito con intervalos de ejercicios de fuerza con fusil.

Con este tipo de entrenamiento total se desarrolla fundamentalmente la resistencia aeróbica, la flexibilidad, la fuerza, la velocidad y quizás lo más importante para el combatiente, la resistencia anaeróbica.

Los grupos de trabajo y actuación, deben ser formados con personal de semejante nivel físico. Esto permitirá ir graduando la intensidad de los ejercicios y de la carrera con lo que se conseguirá una adecuada progresión.

1.6.3.3. Deportes específicos de la instrucción física militar.

En primer lugar, las carreras de orientación reúnen para el entrenamiento castrense todas las ventajas, pues facilitan que el combatiente se oriente en el terreno y no sólo con la brújula y el plano, sino que tiene que apoyarse en una serie de puntos (controles) marcados en el terreno y en el mapa. Además, los recorridos favorecerán el endurecimiento y aumentarán la resistencia orgánica del individuo. Por otra parte, al ser una actividad física individual y evaluable, permite conocer de forma continuada la capacidad del quien lo practica.

El segundo deporte específico de la preparación militar es la pista de aplicación que, mediante ejercicios de salto de obstáculos específicos del combate, incrementa la resistencia muscular y mejora la potencia y la agilidad del combatiente.

Finalmente, el cross de campo a través, menos específico que los dos anteriores, que permite alcanzar una amplia base de resistencia orgánica para afrontar las condiciones del combate.

1.6.4. Entrenamiento físico del combatiente: sesión de combate.

Son aquellas sesiones en las cuales todos los ejercicios que se llevan a cabo en la misma son de “*gimnasia de aplicación militar*”, es decir, ejercicios en los que a través del método gimnástico de series y repeticiones, los ejecutantes adquieren la aptitud, coordinación y economía necesarias para la correcta ejecución de unos gestos físicos que posibilitan el cumplimiento de su misión tanto en la instrucción como en el combate, y de los que dependerá en muchas ocasiones su propia seguridad. Este tipo de entrenamiento se realiza con el fusil, uniforme de campaña y a menudo con el equipo de combate. El lugar de elección para su desarrollo es la pista de aplicación militar o, en su defecto, la pista de obstáculos. Si no hubiera ninguna de ellas, se lleva a cabo en el campo de maniobras o en el de instrucción aprovechando los obstáculos del terreno.

1.6.5. Evaluación del combatiente: test de condición física.

Los test físicos son el medio normal de evaluación objetiva de la condición física de la tropa y cuadros de mando. Esta condición se alcanza básicamente por el desarrollo y perfeccionamiento de tres componentes fundamentales que son la fuerza, la resistencia y la agilidad-coordinación. Otros componentes de la condición física que intervienen son la potencia, la velocidad, la flexibilidad, el equilibrio y el tono postural. En general los test permiten evaluar los tres componentes básicos de la forma física del militar.

Si el entrenamiento físico de la unidad militar se limita a la ejecución diaria de las pruebas de las que consta el test, el progreso obtenido en dichas pruebas será muy rápido, pero el método de entrenamiento será ineficaz. Por ello, dada la amplitud de ejercicios de los que consta el programa de IFM, y la dificultad de evaluarlos todos ellos, se seleccionan unas sencillas pruebas que permiten comprobar la consecución de unos buenos niveles de entrenamiento en esos componentes básicos.

Los test de condición física para la IFM constan de cuatro pruebas. La primera es la realización de un recorrido franqueando obstáculos; permite medir la agilidad-coordinación del ejecutante. La segunda prueba cuantifica la fuerza resistencia mediante el número de

abdominales por minuto. En la tercera prueba la realización del máximo número de extensiones de brazos en el suelo en un minuto, se valora la potencia extensora de los músculos de los brazos y hombros. Finalmente, la cuarta prueba consiste en una carrera de 2.000 metros o el test de Cooper (recorrer la mayor distancia en 12 minutos). En ambos casos se trata de medir la máxima capacidad funcional del sistema cardiovascular respiratorio así como la fuerza resistencia de los músculos de las piernas.

Los test de evaluación física en otros ejércitos han sido revisados por Lee y col. en 1990, observándose grandes diferencias entre todos ellos. La revisión se centra especialmente en los test comparativos entre el ejército canadiense y baterías de test de los ejércitos de Estados Unidos, Australia, Reino Unido y Suecia entre otros.

1.6.6. Beneficios del entrenamiento físico del combatiente.

En diferentes estudios se han descrito los efectos beneficiosos que produce el ejercicio militar intenso. Así, Domingo y col. en el año 1989, comprobaron que la mejoría de la capacidad física era más significativa en los reclutas más sedentarios y con nivel de esfuerzo más bajo, utilizando la ergometría para su valoración. De esta forma, la población militar estudiada aumentaba después de seis meses de entrenamiento militar intenso, el número de METS de 16.9 a 17.6. El aumento de la capacidad cardiorespiratoria se consigue manteniéndose el gasto cardíaco a expensas de una menor tensión arterial durante el esfuerzo a igualdad de esfuerzo realizado.

En el ámbito de las fuerzas armadas, el mantenimiento de la aptitud física sobre una sólida base de buen estado fisiológico y anatómico debe quedar fuera de toda duda. Una parte muy importante del período de instrucción, es la dedicada a la progresiva mejora de la aptitud física del soldado. García Alcón y col. en el año 1988, comprobaron los indudables beneficios producidos con una dieta adecuada y un ejercicio físico reglado, consiguiéndose una buena adaptación de los sistemas cardiovascular, muscular y metabólico con vistas a incrementar el trabajo aeróbico (Nilo, 1983).

En estudios realizados sobre dos parámetros como son, la frecuencia cardíaca y la presión arterial en 34 secuencias de marcha, para estudiar la adaptación cardiovascular al esfuerzo prolongado y mantenido, durante una expedición militar a la Patagonia Austral (Luengo y col., 1987), se pudo comprobar que la duración prolongada del esfuerzo muscular no interacciona con el funcionalismo y la adaptación cardíaca al mismo. Dicho esfuerzo es sensiblemente isotónico, aprovechando fundamentalmente el aumento de la frecuencia cardíaca y del doble producto para subvenir el aumento de la demanda cardíaca. Sin embargo, el sistema cardiovascular no mejora su capacidad de esfuerzo con los sucesivos

días de marcha sino que aparece un factor de fatiga acumulativa, que produce un mayor consumo de oxígeno para un mismo trabajo físico.

Por otra parte, el efecto del entrenamiento militar extenuante sobre el perfil sérico de las lipoproteínas en 73 reclutas recién incorporados al ejército israelí, fue estudiado por Rubinsteins y col. en 1995. Tanto el peso corporal, la dieta y el gasto energético eran anotados, así como eran recogidas muestras sanguíneas en tres fases. La primera se hacía durante la incorporación a filas y posteriormente a las 6 y a las 12 semanas. Se pudo demostrar, que existía un incremento significativo en las lipoproteínas de alta densidad unidas al colesterol (HDL) y un descenso en las lipoproteínas de baja densidad unidas al colesterol (LDL). Los autores concluyen que el ejercicio militar intenso está asociado con cambios favorables en el perfil lipoproteico de reclutas recién incorporados durante un período de entrenamiento de 12 semanas.

En una muestra de jóvenes pilotos de las fuerzas aéreas españolas, Moreno y col. en el año 1994 evaluaron la influencia de la dieta y el ejercicio físico sobre las concentraciones lipídicas en el plasma del colesterol total (CT), HDL-colesterol, triglicéridos y sobre el ratio CT/HDL colesterol. La muestra se dividió en tres grupos. Un grupo que realizaba una dieta incontrolada y un programa de ejercicio. Otro grupo que realizaba dieta controlada y programa de ejercicio y, finalmente, otro que realizaba dieta controlada y programa de ejercicio no controlado. Los resultados demostraban unos parámetros de HDL-colesterol más bajos y un ratio CT/HDL-colesterol más alto en el grupo de pilotos que realizaban ejercicio ilimitado.

Los efectos de un programa de 20 semanas de entrenamiento militar básico, sobre la composición corporal, VO_2 máx y nivel aeróbico en reclutas obesos fueron estudiados por Lim y col. en 1994. Se valoraron las medias de las variables citadas en tres ocasiones. De los resultados de este estudio, se concluyó que el programa de 20 semanas era efectivo para la reducción de la grasa corpora. El incremento de nivel aeróbico era también significativo ($p < 0.05$), aunque el aumento en el VO_2 máx era suave (4 ml/kg/min).

1.6.7. Efectos adversos del entrenamiento físico del combatiente.

En general, la práctica de un entrenamiento militar intenso tiene un elevado riesgo de producción de lesiones músculo-esqueléticas (Snood y col., 1994), algunas muy relacionadas con la instrucción del soldado (Jiménez y col., 1990). La condición física constituye un elemento de prevención de estas lesiones de manera que, cuanto mejor forma física presenten los soldados, menor es el índice lesional de esta población (Jones y col., 1992).

Estas lesiones implican, además, en la mayoría de casos, un elevado número de días de baja, lo que provoca una reducción en la operatividad de la unidad militar. Por tanto, la prevención de las lesiones debe ser primordial en cualquier programa de entrenamiento militar (Dahlstrom y col.,1990).

Entonces, se considera necesario la adopción de medidas preventivas para reducir la tasa de lesiones. Estas medidas incluyen la práctica de un “calentamiento” muscular previo para prevenir la aparición de lesiones mecánicas, la planificación en el desarrollo de los ejercicios graduando su intensidad de forma progresiva para evitar las lesiones por sobrecarga y, finalmente, evitar situaciones de riesgo que impidan la aparición de lesiones traumáticas. Resulta pues necesario, la identificación y reducción de los factores predisponentes de las lesiones (Armfield, 1994).

Otro elemento adverso consecuencia del entrenamiento militar intenso es la aparición de cuadros de sobreentrenamiento en centros y unidades especiales en los cuales la preparación física es muy exigente. Chicharro y col. en 1998, realizaron un estudio con reclutas españoles pertenecientes a un “*grupo de operaciones especiales*” en los que la intensa actividad física realizada podría provocar un cuadro de sobreentrenamiento.

Antes y después de un programa de entrenamiento de 8 semanas, en un grupo de 48 reclutas de los grupos de operaciones especiales del ejército español, valoró parámetros hematológicos, hormonales (FTCR), test aeróbicos y aneróbicos y test de fuerza y potencia. El estudio se hizo a partir del ratio testosterona libre/cortisol (FTCR), indicando que se producía dicho sobreentrenamiento cuando al menos se cumplían uno de estos dos criterios: un valor de FTCR menor de 0.00035 (testosterona libre en nmol/l y cortisol en mol/l); y otro criterio un descenso en el FTCR del 30% o mayor. Los resultados indicaron que un 23,8% del total reunían criterios de sobreentrenamiento comparando los datos pre y post programa de entrenamiento. Se concluía que además de alguna medición convencional de rendimiento, el índice FTCR podría ser utilizado para la monitorización del entrenamiento en unidades militares a fin de prevenir el sobreentrenamiento.

1.6.8. Programas de instrucción de otros ejércitos.

Los modelos de formación militar utilizados en la mayoría de los ejércitos modernos del mundo tienen una característica común, que es la existencia de unos programas de entrenamiento e instrucción del cadete y del soldado que detallan la formación militar específica que se lleva a cabo durante la transición de la persona que acaba de acceder al ejército y su primeras semanas de incorporación a filas. Tomamos como referencia el programa que se utiliza en la Academia Militar de los Estados Unidos (USMA)

(STP 21-1 SMCT, 1990), teniendo en cuenta que se establece el programa dividido en dos grandes apartados que ahora se detallan:

1.6.8.1. Entrenamiento básico del cadete.

Las misiones de este programa de entrenamiento del cadete son entrenar, instruir e inspirar a los nuevos cadetes para facilitar la transición de paisano a soldados y comenzar a inculcar los valores necesarios para la formación de “*líderes de carácter fuerte comprometidos con el servicio militar*”, y en el caso de los alumnos de la escala superior, proporcionar una experiencia de líder fuerte.

Estos “*Programas de entrenamiento básico del cadete*” instruyen a los nuevos soldados en las habilidades básicas del ejército y los prepara para la entrada en los “*cuerpos de cadetes*”. Los imbuje en la disciplina, el orgullo, la cohesión, la confianza y un sentido alto de deber.

La organización de este programa de instrucción, que tiene una duración de 6 semanas, está dividido en dos áreas de entrenamiento e instrucción con los siguientes temas:

- Entrenamiento militar, incluyendo, puntería con rifle, primeros auxilios, formación en guerra NBQ, etc.
- La educación física (educación física matinal, pruebas físicas, marchas a pie, etc.)
- El desarrollo moral, ético y profesional enseñando los valores del ejército, la instrucción de honores, el sistema disciplinario, etc.
- La tradición enseñando los valores que se transmiten a través de la historia.
- La preparación en la vida militar social como el programa de visitas de la familia, la actuación con etiqueta, etc.
- Formación académica, administrativa y logística.

El número total de jornadas de entrenamiento es de 49 días. Dentro de estos días se dedican a la preparación militar 184 horas detalladas de la siguiente forma:

Puntería con el rifle	27
Entrenamiento en vivac	50
Instrucción y ceremonias (orden cerrado)	2
Primeros auxilios	8
Granadas de mano	8
Técnica y táctica individual	11

Inspecciones	10
Curso sobre reacciones del líder	4
Alpinismo	8
Costumbres y cortesías militares	3
Entrenamiento en la defensa NBQ	8
Medicina preventiva	4
Entrenamiento táctico de la escuadra	13
Curso de asaltos y entrenamiento con rifle/bayoneta	4
Operaciones de guerra	24

La educación física tiene una duración de 105 horas con un programa específico que se detalla de la siguiente forma:

Periodo de entrenamiento físico matinal	45
Pruebas físicas y test de natación	6
Deportes de orientación	4
Instrucción del pelotón	22
Marchas a pie	20
Competiciones de ejercicios militares (obstáculos)	3
Estudio del cálculo de peso corporal	5

El resto del programa se dedica a la preparación de los otros capítulos que hemos descrito anteriormente como:

Desarrollo de moral, ética y valores	133
Tradiciones	17
Formación social	32
Formación académica, administrativa y logística	154
TOTAL	625

En definitiva se trata de un programa de instrucción que ofrece a los cadetes la posibilidad de actuar como cuadros de mando en un ambiente ideal para desarrollar las técnicas de líder básicas, que les permita asumir sus responsabilidades de dirección dentro del ejército (USCC CIR. 350-15; USCC CIR. 350-2).

1.6.8.2. Entrenamiento de campo del cadete.

El “*Entrenamiento de campo del cadete*” es un programa de 8 semanas de instrucción dividido en dos áreas que proporcionan entrenamiento e instrucción en las siguientes tareas:

- El entrenamiento militar
- La educación física
- El desarrollo moral, ético y profesional

El entrenamiento es realizado en el acantonamiento del Campamento el Buckner y en el área de entrenamiento de West Point. Los recursos de personal con los que cuenta este programa suponen una fuerza de apoyo al entrenamiento de aproximadamente 1000 soldados necesarios para ejecutar la misión de formación de estos cadetes. El ciclo de entrenamiento que dura 8 semanas incluye el periodo de entrenamiento de una semana en el Fuerte Knox, (Kentucky) donde se aprende la maniobra montada (USCC CIR. 350-4).

1.6.9. Diferenciación de los aspectos de preparación y condición física entre militares del ejército de tierra, armada y aire. Diferencias entre militares logísticos y militares combatientes.

Las diferencias en la capacidad física de cada una de las especialidades de los miembros que integran las fuerzas armadas viene determinada por las tareas específicas que tengan que llevar a cabo en el ejercicio de su misión. El tiempo dedicado a la preparación física militar en el infante es un axioma incuestionable. Sin embargo, los criterios de condición física que se deben mantener para la efectividad del combatiente en maniobras de desgaste no han sido suficientemente evaluados. La capacidad física del personal de las fuerzas de infantería ha sido estudiada en el ejército canadiense por Jetté y col. en 1989. En ese estudio, se diseñaba un curso de obstáculos en un recinto cerrado donde se simulaban las tareas específicas del militar de infantería. Cuarenta y tres soldados varones sanos con edades comprendidas entre los 21 y 31 años realizaron previamente unas pruebas físicas en laboratorio. Posteriormente corrieron tres veces separadamente a través de la pista de obstáculos con la ropa de combate. Los resultados indicaron que el rendimiento a través de esta pista de obstáculos permite evaluar los componentes básicos de la forma física para el desarrollo de las tareas militares, es decir, potencia aeróbica y anaeróbica, fuerza y resistencia muscular y composición corporal. Supone, pues, un buen test de campo para evaluar la condición física del militar de infantería y de otras unidades terrestres.

Además Song y col. en 1989, compararon las características antropométricas y la condición física entre un grupo de militares de infantería y otro grupo militares del batallón de servicios (personal militar de apoyo con tareas logísticas), siguiendo las normas de evaluación física del ejército canadiense. Estos soldados con edades comprendidas entre los 17 y 21 años, se caracterizaban por que el grupo de militares de infantería tenían una talla superior que la del grupo de militares de apoyo. Sin embargo no había diferencias significativas entre los dos grupos para el índice de masa corporal, pliegues cutáneos,

fuerza manual y máximo consumo de oxígeno. La flexibilidad y la resistencia muscular en el grupo de soldados de infantería era mayor que en el grupo del batallón de servicios que realizaban el apoyo logístico.

La dureza de las condiciones físico ambientales a las que se ven sometidos los soldados de infantería durante la maniobra, exige una preparación física excelente. Por ello, Knapik y col. en 1990, estudiaron una muestra de soldados de infantería del ejército alemán, antes, durante y después de 5 días de ejercicios de combate simulado. Durante el estudio, el rendimiento de los soldados era evaluado sobre el terreno por oficiales superiores. Antes del ejercicio, se medía directamente la composición corporal y el consumo máximo de oxígeno. Además, antes y después del ejercicio se realizaban unos test de forma física específicos del ejército y varias medidas de capacidad anaeróbica (test de Wingate y test de Thorstensson) así como de fuerza muscular (isométrica e isocinética). Los resultados indicaban que no hay una disminución significativa en el rendimiento de campo durante el ejercicio. La fuerza del tren superior y la capacidad anaeróbica demuestran ser muy importante en las operaciones de infantería presentando una tendencia a disminuir durante las operaciones de combate.

Por otra parte dentro de las fuerzas terrestres existen soldados que tienen que ejecutar un despliegue en un plazo mínimo de tiempo. Son las conocidas como fuerzas de acción rápida, que en el ejército de los Estados Unidos han sido estudiadas por Pope y col. en 1999. Este autor ha comprobado que estas fuerzas tienen que estar médicamente controladas y físicamente en forma para realizar una actuación eficaz. Para establecer estos criterios de eficacia, el militar tiene que reunir una serie de requisitos. Estos son: (a) desarrollar unas pruebas de forma física validadas; (b) desarrollar un nivel de forma física para hombres y mujeres en relación a las cargas de trabajo que tendrán que soportar; (c) superar un screening médico estadísticamente fiable y controles de salud y de forma física obligatorios y (d) realizar un reconocimiento médico común para todos los militares que realicen este tipo de servicio.

A diferencia del personal de infantería, la condición física de los pilotos de combate aéreo difiere de manera considerable con la preparación física de otros miembros de las fuerzas armadas. Para demostrar esto, Hoffman y col. en el año 1999, han estudiado 223 aspirantes a piloto, quienes voluntariamente fueron valorados las 1ª y 12ª semanas de la fase de instrucción. Esa valoración consistía en un test de potencia aeróbica (test de Astrand en cicloergómetro), un test de potencia anaeróbica (test de salto vertical) y una medición del porcentaje de grasa corporal. Además el perfil de actividad era establecido en base a un cuestionario de actividades. Todas las medidas de forma física eran correlacionadas con una puntuación de rendimiento basada en los criterios de selección de la fuerza aérea israelí para cada candidato. Como resultado de dichos tests, se pudo comprobar que todos los aspirantes que eran aceptados en la

escuela de vuelo, tenían una capacidad aeróbica más elevada y una potencia anaeróbica mayor en relación al peso corporal y al porcentaje de grasa corporal que los candidatos que eran excluidos. En definitiva, los resultados de este estudio sugieren que la forma física tiene una influencia positiva sobre el éxito de los aspirantes a pilotos para el ingreso en la fuerza aérea israelí.

Poco se conoce sobre el desarrollo de la fatiga muscular en el vuelo, cuando se realizan vuelos repetidos. Oksa y col. en 1999, realizaron un estudio para evaluar la fatiga muscular de diferentes músculos del cuello y del miembro superior durante varios ejercicios de combate aéreo. Para ello 6 pilotos de combate, realizaron 3 ejercicios de vuelo en un mismo día a la vez que se medía la actividad electromiográfica de diversos músculos de abdomen, espalda, cuello y cuello lateral. Se cuantificó la fuerza muscular media de cada músculo y los resultados indicaron que la fuerza isométrica máxima entre el primero y el último vuelo disminuía en la espalda, en el cuello, y en el cuello lateral. Además la fatiga que aparecía en los músculos del cuello y cuello posterior era superior que la que aparecía en los músculos de la espalda y en el abdomen. En definitiva, los ejercicios de vuelo repetido durante las maniobras de combate aéreo provocaban fatiga en cada músculo estudiado. La fatiga era mayor en el área del cuello, lo cual puede incrementar el riesgo de lesiones en el mismo y reducir la efectividad de la misión. La fuerza y resistencia muscular de los pilotos en el área cervical están sometidas a una elevada demanda especialmente si el ejercicio se repite varias veces. Por ello, la recuperación de la fatiga de estos músculos, después de estos ejercicios aéreos merece una atención especial.

En otro estudio realizado por Turnbull, G. J. en 1992 en el ejército aéreo del Reino Unido, se demuestra que la selección de pilotos militares es una compleja tarea que exige un enorme costo financiero y humano. El entrenamiento de estos pilotos incluye un aprendizaje con un costo estimado de 3 millones de libras y un tiempo de 3 años. En consecuencia es necesario que el éxito del entrenamiento sea máximo dado que el fallo en esa tarea supone una importante pérdida financiera y de recursos humanos. La alternativa de adquisición de técnicas de vuelo completamente real o experiencias de vuelo simulado aparecen como opciones muy caras. Se han revisado los métodos de selección y se demuestra que la evolución más eficaz se consigue a través de la conexión de la tecnología del ordenador con los test de aptitud.

La evaluación permanente de los miembros de las fuerza aéreas en el ejército americano exige la realización de unos test precisos que permitan evaluar la efectividad y la seguridad de los mismos. En este sentido, Sharp, J. R. en 1991, clasificó a 2130 miembros de las fuerzas aéreas americanas, en categorías de riesgo basadas en un cuestionario sobre sus hábitos de ejercicio y sobre sus factores de riesgo. El 30% de los sujetos estudiados deberían ser incluidos en el grupo de alto riesgo, pero después de realizar una entrevista

individual, sólo el 7.9% de ellos, deberían estar exentos de las pruebas físicas ante el conocimiento o sospecha de problemas cardíacos. Este procedimiento de screening sin duda aumenta la seguridad en la ampliación de los programas de instrucción física.

1.6.10. Perfil fisiológico del soldado.

Legg y col (1996), estudiaron los efectos del entrenamiento militar básico sobre la condición aeróbica, la fuerza y resistencia muscular de los reclutas del ejército británico. Examinaron a 62 reclutas veteranos de artillería, 95 reclutas soldados de infantería y otros 104 mandos de infantería que fueron estudiados antes y después de un periodo de 3, 5 y 11 meses respectivamente, de la fase de entrenamiento militar básico del ejército británico.

Antes del inicio de la fase de entrenamiento, la media del consumo máximo de oxígeno calculado mediante cicloergometría (VO_2 máx) para los veteranos de artillería era de 56.1 ml/kg/min; para los reclutas soldados de infantería era de 58.3 ml/kg/min y para el otro grupo de reclutas mandos de Infantería era de 58 ml/kg/min.

Después del período de entrenamiento básico, en los soldados de artillería había un incremento significativo en el peso corporal (+2.1%) y en el VO_2 máx (+3.6%) pero se producían respuestas variables en cuanto a la fuerza, resistencia muscular y en cuanto a la fatiga producida. Para los reclutas soldados de infantería, no se producían diferencias significativas en el peso corporal pero sí había una reducción significativa en el VO_2 máx (-2.4%) y una tendencia hacia el aumento de la fuerza muscular. Para los reclutas mandos de infantería, había un incremento significativo en el peso corporal (+4.9%), en el VO_2 máx (+3.0%) y en la fuerza muscular.

Estos resultados sugieren que el tipo y la intensidad de los 3 meses de entrenamiento militar básico para los veteranos de artillería, eran suficientes para mejorar su condición aeróbica pero no era efectivo para mejorar la resistencia y la fuerza muscular. La intensidad y la naturaleza del entrenamiento militar básico para los reclutas soldados de infantería, durante 5 meses era efectivo para incrementar la fuerza y resistencia muscular pero se producía un ligero descenso de su capacidad aeróbica, posiblemente relacionado con el alto grado inicial de condición física. Finalmente, el entrenamiento básico de 11 meses para los reclutas mandos, era eficaz en el incremento del peso corporal, capacidad aeróbica y fuerza muscular.

En un estudio realizado por Mojares en 1997 se valoran las adaptaciones fisiológicas sucedidas en el personal de una unidad de elite de las fuerzas armadas de España después del período de instrucción básico. Allí se pudo determinar que la ventilación máxima media tiene un valor de 131.3 ± 21.2 litros por minuto. El cociente de intercambio gaseoso (RER)

durante el ejercicio máximo tiene un valor de 1.2 ± 0.1 . La frecuencia cardiaca máxima media es de 194 ± 9 p.p.m. El consumo máximo de oxígeno absoluto (VO_2 máx) se evalúa en 3606.9 ± 515.7 ml/min. El consumo máximo de oxígeno respecto del peso corporal medio es de 51.2 ± 6.9 ml/kg/min. La producción de anhídrido carbónico (VCO_2) tiene cifras medias de 4007 ± 512.9 ml/kg/min. La tensión arterial sistólica final (TAS) tiene un valor al final del ejercicio máximo de 164.3 ± 21.6 mmHg y la tensión arterial diastólica final (TAD) tiene un valor al final del ejercicio máximo de 72.6 ± 13.5 mmHg.

En un estudio realizado en la Escuela de Educación Física del Ejército de los Estados Unidos (USAPFS) en Indiana, se determinaron los niveles de forma física a través de los test de actividad física del ejército. Se reunieron datos de 5346 soldados varones, 676 soldados mujeres y 60 militares especialistas, con edades comprendidas entre 17 y 52 años durante un período de 60 días. En este estudio, llama la atención el escaso nivel de resistencia orgánica del grupo de los más jóvenes (17-21 años). Entre las causas se incluyó la ausencia de un líder fuerte en el desarrollo de los entrenamientos además de un bajo nivel de automotivación entre los más jóvenes. Este estudio sugirió que la mayoría de los soldados, especialmente los más jóvenes, no poseen el suficiente nivel de preparación física para las necesidades del combate y de la guerra (O'Connor, 1990).

Dentro de las características fisiológicas del soldado hay que destacar la importancia de su capacidad física, de sus características psicológicas y de su respuesta cardiovascular ante situaciones de estrés propias del combate.

Czajkowski y col. en 1990, realizaron un estudio con 62 varones divididos, a partir de la realización de un test de esfuerzo previo, en 2 grupos, uno de elevada forma física y otro de menor capacidad física. Se midieron varias variables fisiológicas y psicológicas durante un ejercicio mental de aritmética y durante una tarea con un vídeo juego. Los sujetos con mayor forma física, presentaban un incremento significativamente menor en la presión arterial diastólica y en la frecuencia cardíaca al margen de que ellos mismos referían una menor ansiedad y un menor enfado que los sujetos del grupo de menor forma física. Estos datos parecen indicar que el grado de predisposición al enojo está inversamente relacionado con el nivel de forma física y con el incremento de la presión arterial diastólica durante situaciones de estrés.

La condición aeróbica en una población militar canadiense fue evaluada por Myles y col.(1979). Se estudiaron 3171 varones (edades comprendidas entre 17 y 55 años) y 610 mujeres (edades entre 17 y 29 años), que se encontraban realizando el servicio militar en las diferentes armas y servicios.

El máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx) se calculó por la frecuencia cardíaca medida durante un ejercicio submáximo. El estudio indicó que aquellos reclutas que entrenaban intensamente mejoraban su VO_2 máx tanto si eran hombres como mujeres, pero que una vez que finalizaban su fase de instrucción y eran asignados a sus diferentes dependencias, su nivel de forma física volvía a los niveles de preentrenamiento.

La relación entre la actividad diaria y el nivel de forma física aeróbica fue comparado entre los soldados pertenecientes al ejército de tierra, mar y aire. La vida activa de los jóvenes soldados de infantería se refleja en su VO_2 máx relativamente más elevado. La evidencia indica que a menos que sus obligaciones incluyan períodos de entrenamiento físico obligatorios (reclutas) o trabajos muy duros (soldados de infantería), el militar en Canadá tiene un nivel de forma aeróbica el cual no es marcadamente superior al de sus homólogos civiles.

El desarrollo de un modelo de condición física para los jóvenes que integran las fuerzas armadas canadienses fue estudiado por Stevenson y col. (1992), cuyo propósito era desarrollar un patrón mínimo de condición física basado en los criterios de las tareas que tienen que desarrollar los jóvenes con menos de 35 años de edad en el ejército canadiense.

Una muestra elegida al azar de 66 hombres y 144 mujeres, realizaron un test de ejercicio físico y además cinco ejercicios, físicamente exigentes, que simulaban tareas militares habituales. La puntuación del aprobado se consideraba como el punto en el cual el 75% del total de la muestra estudiada superaba esa tarea. Dado que había diferencias significativas entre ambos sexos tanto en el rendimiento de las tareas militares, como en la técnica de ejecución, los grupos fueron analizados separadamente. Los resultados indicaron un intervalo de varianza del 14 al 48%, entre el rendimiento en las tareas militares y la puntuación obtenida en los test de forma física. Esto sugiere que la medición de la forma física es un pobre predictor del rendimiento en las tareas militares. El percentil 5º de las puntuaciones de las pruebas físicas del grupo de aprobados, era el grupo propuesto como el mínimo patrón de forma física.

Hay que subrayar la influencia del entrenamiento militar básico sobre la capacidad en el manejo del material y sobre el rendimiento físico del soldado. En un estudio realizado en el ejército inglés por Williams y col. en 1999, se intentó evaluar la eficacia del entrenamiento militar básico en el rendimiento manual del material y sobre su forma física. Para ello, 47 varones y 10 mujeres fueron evaluados al inicio de la primera semana y al final de la última semana de un curso de entrenamiento básico de 11 semanas. Con este estudio se concluía que el entrenamiento militar básico en el ejército inglés produce algunas adaptaciones favorables en los reclutas, especialmente en términos de capacidad aeróbica. Sin embargo, el escaso desarrollo de la fuerza y de la capacidad en el manejo del material durante el entrenamiento no es válido para mejorar la habilidad del soldado en el desarrollo

simulado de tareas específicamente militares siendo, además, insuficiente para reducir el riesgo de lesiones mientras se realizan esos ejercicios militares.

Hofer y col. (1990) estudiaron la resistencia aeróbica y la composición de la fibra muscular por medio de la capacidad de rendimiento aeróbico ($\text{VO}_2\text{máx}$) y la composición ultraestructural del músculo en 18 sujetos sometidos a entrenamiento militar en el ejército suizo.

Dividieron la población estudiada en tres grupos seleccionados por la actividad física que desarrollaban. En el grupo S había sujetos que poseían una gran capacidad física previa y entrenaban regularmente tres veces por semana. El segundo grupo (grupo T) lo formaba sujetos que no habían tenido un entrenamiento militar previo y que además, estaban sometidos a un entrenamiento adicional personalizado de resistencia (tres veces por semana) durante el período de ocho semanas que duraba esta fase de servicio militar. El grupo control (C) no estaba entrenado previamente y realizaba sólo las obligaciones militares. El consumo máximo de oxígeno encontrado era significativamente superior en el grupo S al comienzo del servicio militar. Sin embargo, este $\text{VO}_2\text{máx}$ no cambiaba significativamente durante el período de servicio en ninguno de los grupos. El número de mitocondrias musculares indicaban un aumento significativo (+19%) sólo en el grupo T. La frecuencia cardíaca indicó que a pesar de la actividad militar extenuante, raramente alcanzaba niveles suficientes que demostrara un incremento en la capacidad de rendimiento aeróbico.

Dentro de la preparación y formación física de los soldados para el desarrollo de su misión hay que señalar la importancia de la evaluación permanente de su condición física para el desempeño de sus tareas dentro del teatro de operaciones. La exactitud y la validez de la valoración del consumo máximo de oxígeno como un criterio de capacidad física aeróbica mediante un test de caminata de 2000 metros, se estableció en 38 cadetes de un centro militar del ejército checo. La precisión del test fue muy alta durante estimaciones repetidas realizadas a lo largo de un curso de una semana encontrándose, un índice de correlación de ($r=0.82$, $p<0.001$). También se observa una estrecha correlación entre el tiempo invertido en recorrer 2000 metros andando y el tiempo en recorrer esa distancia a la carrera. ($r=0.67$, $p<0.001$). Un grupo de 18 estudiantes elegidos al azar entre los 38 del grupo estudiado fue examinado en el laboratorio en una prueba máxima sobre un tapiz rodante. Una estrecha correlación se encontraba entre los resultados del tiempo andando y el máximo consumo de oxígeno y también entre el tiempo de carrera y el $\text{VO}_2\text{máx}$. El error standart estimado de la media del consumo máximo de oxígeno de los 2000 metros andando es 3.4 ml/kg/min (5.7%) y del tiempo de carrera en la misma distancia 3.4 ml/kg/min (5.8%). Estos resultados justifican la conclusión de que el test de 2000 metros andando rápido (estilo normal) es una forma alternativa simple para estimar el máximo consumo de oxígeno y así también poder evaluar el nivel de capacidad aeróbica con una

exactitud similar a la conseguida cuando se hace el test corriendo esta misma distancia. (Bunc y col. 1992).

La evaluación de otro test como predictor de la capacidad aeróbica fue estudiado por Burger y col. en 1990. El test que utiliza el tiempo en recorrer una distancia de 2.4 km corriendo, es rutinariamente usado en los programas de entrenamiento militar como un indicador de capacidad aeróbica. Debido a que es posible mejorarlo, se realizó: (a) un intento para establecer una ecuación de regresión de $\text{VO}_2\text{máx}$ versus tiempo en recorrer una distancia de 2.4 km, en un grupo de 20 jóvenes voluntarios militares y (b) determinar si esta ecuación podría ser utilizada para predecir el $\text{VO}_2\text{máx}$ exacto a partir del tiempo en recorrer 2.4 km obtenido de otro grupo. Para ello, antes y después del entrenamiento, el $\text{VO}_2\text{máx}$ fue medido en todos los sujetos utilizando un test en tapiz rodante y el tiempo en recorrer 2.4 km fue determinado en el campo. La ecuación de regresión lineal utilizando el tiempo en recorrer 2.4 km como variable independiente, representaba el 76-92% de la varianza en $\text{VO}_2\text{máx}$, mientras que el error standart estimado variaba entre 2.2-2.9 ml/kg/min. Se concluye que en la población militar estudiada el tiempo invertido en recorrer una distancia de 2.4 km en pista predice de forma fidedigna el $\text{VO}_2\text{máx}$ medido durante la prueba de esfuerzo en el laboratorio.

La relación entre la forma física aeróbica y la recuperación después de un ejercicio de alta intensidad en soldados de infantería ha sido estudiada por Hoffman (1997), examinando una muestra de 197 soldados de ese arma. La forma física aeróbica fue determinada a través de una carrera de 2000 metros corriendo a una intensidad máxima. El ejercicio de alta intensidad se desarrolló en tres períodos de sprint continuo de 140 metros, con varios cambios de dirección. Se dejaban dos minutos de descanso pasivo separando cada sprint. El índice de fatiga se calculaba dividiendo el tiempo medio de los tres sprints por el tiempo más rápido. Los tiempos de la carrera de 2000 metros, eran convertidos dentro de una T score standarizada y separados en 5 grupos (el grupo 1 tenía el tiempo de carrera más lento y el grupo 5 el tiempo más rápido). Aparecían diferencias significativas entre el índice de fatiga del grupo 1 y los índices de fatiga de los grupos 3, 4 y 5. Parece, por tanto, que la recuperación después de un ejercicio de alta intensidad es mejor en aquellos soldados con niveles más altos de forma física aeróbica (tiempo más rápido para la carrera). Sin embargo, como el nivel de forma aeróbica supera la media de la población normal, no aparece beneficio añadido en el nivel de recuperación después de un ejercicio de alta intensidad.

Hay numerosas publicaciones y estudios epidemiológicos en los que se han estudiado los factores de riesgo y la incidencia de éstos sobre la aparición de lesiones. Se ha comprobado que hay un significativo riesgo de lesiones cuando se desarrollan tareas que impliquen una actividad física. Los factores de riesgo para la lesión pueden ser divididos en extrínsecos o ambientales y factores intrínsecos (personales). Se consideran de especial

importancia la existencia de varios factores de riesgo intrínsecos en la aparición de lesiones en el ámbito militar. Estos fueron revisados por Neely (1998), comprobando que entre la población militar (no entre la población civil), hay una aplastante evidencia que demuestra que la mujer, con edad superior a 24 años, con un alto índice de masa corporal o un alto porcentaje de grasa, bajo nivel de capacidad física al comienzo de un programa de entrenamiento y con antecedentes de patología lesional tienen un elevado riesgo de lesión.

1.6.11. Modo de vida del soldado y condiciones ambientales que implican la dificultad del combate y las maniobras militares.

Las diferentes unidades de tierra necesitan adaptarse al terreno para el desarrollo de sus misiones. En el caso de las unidades militares de montaña el entrenamiento y las condiciones de vida deben de realizarlas en altitud. Por ello, Perry y col. (1992), estudiaron el entrenamiento físico del personal militar estacionado en una altitud intermedia (elevación de 5280 pies) durante al menos un período de 1 año. De esta forma, fueron revisados para evaluar el efecto de la altitud sobre el rendimiento físico en una carrera a pie de 2 millas. Se comprobó que era necesario una media de 48 segundos (5%) más de tiempo para completar el recorrido comparando los tiempos de los mismos sujetos cuando realizaban la carrera a nivel del mar. El tiempo de carrera disminuía gradualmente durante los primeros 9 meses y posteriormente se estabilizaba hasta el resultado final. Estos datos indican que la aclimatación ocurre después de varios meses. Incluso con aclimatación, la pérdida de rendimiento se asocia con la residencia y el entrenamiento en altitud intermedia.

El efecto sobre el rendimiento físico en las operaciones militares realizadas en un terreno de altitud moderada, fue estudiado por Hackney y col. (1992). El propósito de ese estudio, fue examinar los cambios en el rendimiento físico durante el desarrollo de maniobras militares ejecutadas por marines del ejército de los Estados Unidos en un terreno de operaciones a una altitud moderada. Los 16 sujetos estudiados, completaron un test de potencia anaeróbica de Wingate, un test submáximo aeróbico en cicloergómetro, un test de fuerza manual y un test de salto ejecutados tres veces separadamente. Los test se realizaron a nivel del mar, en altitud después de 10 días del período de aclimatación (inmediatamente antes de realizar las operaciones de campo) y finalmente en altitud después de 4 días y medio sobre el campo de maniobras. La potencia anaeróbica se redujo significativamente, después de realizar las operaciones de campo en altura. Por el contrario, el gasto aeróbico debido al ejercicio submáximo se elevaba ligeramente después de los ejercicios de campo en altura. No había modificaciones significativas en el test de fuerza manual ni en el de salto. Los resultados de este estudio indican que las operaciones militares realizadas a altitud moderada, presentan variaciones ligeras, pero significativas, con un descenso en cuanto al rendimiento aeróbico y anaeróbico en la armada de los Estados Unidos.

Otra de las particularidades que presenta la actividad militar es que suele desarrollarse a la intemperie bajo condiciones climáticas muy variables, a veces con variaciones extremas de frío y de calor. Las variaciones en el gasto energético en soldados durante el desarrollo de actividades militares bajo condiciones climáticas de calor y frío fueron estudiadas por Burstein y col. en 1996. El estudio evaluó el estado energético de los soldados expuestos a actividades físicas intensas en ambiente frío y caliente. Treinta sujetos participaron en un estudio de 2 fases, una fase invierno, grupo A (n=18), y un grupo B (n=12) en la fase de verano. El gasto energético fue medido por el método de doble pesada acuática y la ingesta energética fue evaluada a partir del análisis detallado computarizado de todos los alimentos. El balance energético fue calculado estimando la diferencia entre la ingesta y el gasto de cada sujeto. El gasto energético estudiado en los grupos A y B en invierno y verano demuestra que viene primariamente determinado por el nivel de actividad física más que por las condiciones climáticas.

Recientemente Scott y col. (2000), han descrito un caso de un recluta de 20 años de edad que sufrió una crisis tónico clónica después de 9 horas de ejercicio moderado en ambiente húmedo y caluroso. El recluta había bebido al menos 5.8 litros de agua antes de la crisis y los estudios de laboratorio revelaron que la concentración de sodio en suero era de 113 mmol/L. El consumo excesivo de fluidos durante el ejercicio, puede precipitar una hiponatremia aguda, condición que potencialmente supone un riesgo de muerte. La inmediata corrección del nivel sérico de sodio en el caso de hiponatremia relacionada con el ejercicio militar intenso es importante para reducir el riesgo de secuelas neurológicas permanentes o de muerte. Las recomendaciones para la prevención incluyen, la ingesta de una cantidad correcta de líquidos en relación a la actividad realizada y un consumo de sales a través de la dieta o de bebidas con electrolitos.

Hay que considerar la importancia de la ausencia de horas de sueño durante los ejercicios militares de mantenimiento y las operaciones de desgaste. El rendimiento de los soldados en este tipo de situaciones fue estudiado por Haslam en 1984. Dos ejercicios tácticos de defensa fueron evaluados. En el primero se estudió y comparó el rendimiento físico de tres secciones de infantería con un horario de sueño de 0, 1.5 y 3 horas de sueño al día. El segundo, determinó si los soldados tenían posibilidad de mantener su efectividad militar durante un período de pérdida de horas de sueño seguido de un período con ausencia total de horas para dormir. El rendimiento, la forma física y el humor eran evaluados durante todo el tiempo que duraron los dos ejercicios. Los resultados indicaron que los efectos de la pérdida de sueño son psicológicos más que fisiológicos. Los soldados estudiados tienen más posibilidad de ser militarmente ineficaces después de 48-72 horas sin dormir.

Finestone y col. (1992) estudiaron la dureza de las condiciones del terreno y la dificultad que supone la adaptación al vestuario y al calzado militar utilizados en el medio

militar. Los autores completaron un estudio prospectivo sobre el efecto producido por un calzado de instrucción adecuado y los ejercicios de entrenamiento militar con el mismo, sobre la incidencia de lesiones por sobreuso entre los reclutas de infantería. Se encontró, que tres anchos de calzado por cada longitud en el tamaño de la bota, eran necesarios para acomodar adecuadamente la anatomía del pie de la población de reclutas. La ausencia de anchos de calzado disponibles, eran compensados con botas de mayor longitud. Sin embargo esta compensación no dio resultado, produciendo un incremento de lesiones por sobreuso. Además, los reclutas que entrenaban con botas de baloncesto tenían una incidencia menor de lesiones por hipersolicitación, que los reclutas que entrenaban con botas de infantería, pero en conjunto la incidencia de lesiones por sobreuso era la misma en ambos grupos.

La relación entre el entrenamiento militar intenso y las modificaciones en la arquitectura del pie, después de un período prolongado realizando tareas propias de la vida militar fueron estudiados por Jiménez y col. en 1991. El propósito de este estudio, era examinar las alteraciones aparecidas en la arquitectura del pie y producidas por el uso prolongado del calzado militar a través de una técnica sencilla como era el fotopodograma. La más clara conclusión obtenida fue, que se provocaba una disminución estadísticamente significativa del eje medio del pie, asociada a un descenso del número de pies cavos y a un aumento del número de pies normales. El aplanamiento del pie, estaba provocado por el uso de calzado militar (bota de instrucción), ya que la actividad física durante el período de estudio quedaba limitada al desarrollo de funciones y tareas propias de la vida militar, pero sin llevar a cabo un entrenamiento militar intenso.

La dureza de los programas de entrenamiento en la población militar implica un mayor riesgo de aparición de fracturas de estrés. El uso de medidas de evaluación de la actividad física para predecir las fracturas de estrés en jóvenes varones sometidos a un riguroso programa de entrenamiento físico fue estudiado por Shaffer y col. en 1999. Entre una población de reclutas del cuerpo de marina de los Estados Unidos, elegidos aleatoriamente, los autores desarrollaron un método de investigación para identificar aquellos individuos con alto riesgo de padecer fracturas de estrés cuando comenzaban un programa de entrenamiento físico intenso. Ellos demostraron que el riesgo de fractura de estrés durante el entrenamiento físico intenso está incrementado en aquellos soldados que presentan una deficiente condición física y unos bajos niveles de actividad física previamente a su entrada en el programa.

El modo de vida y a menudo las condiciones de trabajo extremas a las que se someten los soldados, obliga a que los exámenes de acceso de los civiles aspirantes a los centros militares sean muy exigentes. Por ello, Dignan en 1992, revisó los exámenes

médicos de 3886 civiles candidatos al ejército durante el período de 1980 a 1990. El ocho por ciento de los candidatos, fueron eliminados durante este examen. Las causas de eliminación más comunes fueron, los problemas de espalda y de rodilla, la mayoría asociados con traumatismo. Las siguientes causas en orden de frecuencia fueron la pérdida de audición, seguida muy de cerca por la miopía. Sólo la pérdida de audición y la miopía tenían más prevalencia que la espondilolistesis. Se considera fundamental, por lo tanto la investigación radiográfica rutinaria de todos los candidatos para descartar la espondilolistesis y la espondilolisis. No obstante, la incidencia de problemas médicos era baja. En la evaluación de la forma física del individuo para el acceso, tienen que considerarse los efectos del entrenamiento militar y el servicio en campaña sobre su capacidad funcional.

1.6.12. Particularidades de la vida militar.

La exigencia física de la vida militar implica un ejercicio permanente de prevención, control y vigilancia de todas aquellas lesiones relacionadas con el ejercicio y el entrenamiento físico militar. De esta forma, los atletas y soldados tienen que desarrollar y mantener un elevado nivel de preparación física para el cumplimiento de las misiones que tienen que desarrollar. Sin embargo, el plan de entrenamiento necesario para alcanzar y mantener este nivel físico, a menudo provoca una serie de lesiones relacionadas con estas actividades. Jones y col. en 1999, revisaron los datos de un sistemático programa de control de lesiones, desarrollado por el ejército de los Estados Unidos. Dicho control, requiere 5 pasos: (a) vigilancia para determinar el riesgo de la lesión; (b) estudios para determinar los factores de riesgo y causas de esas lesiones; (c) estudios para investigar si las actuaciones propuestas en la actualidad reducen las lesiones; (d) incremento de la efectividad de las actuaciones; y (e) monitorización para comprobar si las actuaciones tienen su efectividad. Los datos derivados del control y vigilancia médica del ejército de los Estados Unidos indican que las lesiones accidentales causan alrededor de un 50% de las muertes, 50% de incapacidades, 30% de hospitalizaciones y 30% de las visitas en consultas externas. El estudio epidemiológico indica que la incidencia de lesiones que precisan de consulta médica, durante las 8 semanas de la fase de entrenamiento básico del soldado en este ejército, supone un 25% para los hombres y un 55% para las mujeres. La incidencia de lesiones en los soldados de infantería, fuerzas especiales y unidades de elite suponen entre 10 a 12 lesiones por cada 100 soldados/mes. Por otra parte, de los días de baja acumulados por los soldados de infantería que acudían a consulta médica, un 80-90% eran consecuencia de lesiones derivadas del entrenamiento. Los estudios realizados al respecto indican que, existe un amplio número de factores de riesgo potencialmente modificables, los cuales incluyen exceso en el trabajo de carrera, bajos niveles de acondicionamiento físico previos, altos y bajos niveles de flexibilidad, estilo de vida sedentario y consumo de tabaco y de otras sustancias. Estudios dirigidos a actuar sobre estos factores concluyen que, limitando las carreras de larga distancia

se pueden reducir el riesgo de fracturas de estrés, que el uso de órtesis de tobillo puede disminuir la probabilidad de esguinces de tobillo durante operaciones aerotransportadas y que el uso de calzados que utilizan suela antichoque no reduce las fracturas de estrés durante el entrenamiento. El ejército de los Estados Unidos continua desarrollando un amplio programa de prevención de lesiones que incluye vigilancia, investigación, monitorización y prevención. Las conclusiones de este programa de control de lesiones tienen una amplia aplicación en programas de ejercicio y deportes civiles.

La forma física, el rendimiento y el riesgo de lesiones entre los cadetes del ejército británico, fueron estudiados por Harwood y col. en 1999. Los objetivos de su estudio fueron investigar la efectividad de un curso de adiestramiento para desarrollar y mantener patrones de forma física, evaluar la capacidad para desarrollar las funciones militares y determinar la relación entre forma física y riesgo de lesión, en una población de 106 cadetes de este ejército. La forma aeróbica, la fuerza muscular, la resistencia y la composición corporal fueron evaluadas regularmente. El rendimiento en el desarrollo de 4 tareas militares fue evaluado al final del curso. Todas las lesiones producidas durante este período fueron documentadas. Las mejoras en el nivel de forma física fueron ligeras y ambiguas. La condición aeróbica mejoró aproximadamente un 10% ($p < 0.01$), la fuerza aumentó de un 5% a un 9% ($p < 0.05$ a $p < 0.01$), y la resistencia muscular un 55% ($p < 0.01$). La reducción de la grasa ($p < 0.01$) y el aumento del peso magro ($p < 0.05$), variaron una media del 3%. Las mujeres presentaron una mejoría mayor que los hombres. La mayoría de los cadetes superaron las tareas militares aunque las mujeres en algunos oficios indicaron tener un mayor índice de fallos. Un 46% de los cadetes presentaron lesiones provocando un 5% de días de baja por hombre. En la incidencia de lesiones no se encontraron diferencias entre ambos sexos. En definitiva se demostró en este estudio la efectividad de este curso de adiestramiento para aumentar la forma física e incrementar la importancia del entrenamiento físico para maximizar el rendimiento en el desarrollo de las tareas militares.

Teniendo como objetivo la disminución del número de lesiones relacionadas con el entrenamiento militar, Hoffman. y col. en 1999, estudiaron los efectos de la fuerza muscular en piernas, condición aeróbica y perfil de actividad sobre la incidencia de las lesiones por sobreuso, concretamente las fracturas de estrés, en extremidades inferiores durante el período de entrenamiento militar. Fueron evaluados un total de 136 reclutas, durante un período de 9 semanas, en el cual realizaron entrenamiento básico. La fuerza máxima y la forma física fueron determinadas por un ejercicio máximo de press de piernas y por una carrera de 2000 metros respectivamente. El perfil de actividad fue determinado por la historia de actividad que presentaba cada recluta. Doce reclutas (8.8%) fueron diagnosticados de fractura de estrés. Aquellos reclutas que tenían una desviación standart por debajo de la población media en valores absolutos de fuerza relativa y peso corporal, tenían 5 veces mayor riesgo de fractura

de estrés ($p < 0.05$) que los reclutas más fuertes. La condición aeróbica deficiente no parece tener relación con el incremento de la incidencia de fracturas de estrés. Parece, sin embargo, que los reclutas con bajos niveles de fuerza corporal, dentro de una desviación estándar de la población media, tienen una reducida incidencia de fracturas de estrés durante el entrenamiento militar.

Otra particularidad de la vida militar es el desgaste físico producido durante las fases de entrenamiento militar intenso. Pope y col. en 1999, investigaron en un estudio, si el riesgo de lesión durante un programa de entrenamiento de los reclutas del ejército de Australia, se podía predecir a partir de la condición física, la fecha de alistamiento o el estado lesional previo de los reclutas. La muestra la formaban 1317 varones de este ejército, sometidos a 12 semanas de entrenamiento intensivo. La forma física era cuantificada utilizando un test de carrera y salto de 20 m en el cual la puntuación más alta, reflejaba un mayor nivel de condición física. De todos ellos, 276 reclutas presentaron lesiones en extremidades inferiores. Cien de estas lesiones, eran fracturas de estrés o periostitis. La puntuación en el test de 20 metros presentaba un rango entre 3.5 y 13.5. El análisis de los datos reveló, una fuerte asociación negativa entre el test y el riesgo de lesión ($p < 0.001$) y una asociación positiva entre la presencia de lesión en las extremidades inferiores y el riesgo de desgaste ($p < 0.001$). La edad y la fecha de alistamiento no tiene una asociación significativa con el riesgo de lesión. La forma física y los métodos de entrenamiento pueden ser importantes como factores de riesgo modificables para el desgaste.

La incidencia de la obesidad sobre la vida y el trabajo militar en una población de soldados ha sido estudiado por Troumbley y col. en 1990, comparando los factores de riesgo, el estado de salud, la automotivación, el estado psicológico y la forma física entre una población de soldados con sobrepeso y una población de soldados con peso normal. El propósito de este estudio, era analizar esencialmente la eficacia del “*Programa de control de peso del ejército*” y determinar si los factores de riesgo, el estado de salud, el estrés emocional, la automotivación y la forma física son diferentes en una población de soldados con sobrepeso o en otra con peso normal. La muestra la formaban 154 soldados hombres y mujeres de reemplazo, elegidos aleatoriamente de una lista única, asignados al distrito de Maryland y al área de Washington, de los cuales 77 soldados tenían un peso normal y 77 tenían sobrepeso. Los datos fueron analizados utilizando un análisis multivariable de la varianza (MANOVA). Entre el grupo de sobrepeso y el de peso normal había un mayor riesgo de enfermedad, un estado de salud más bajo y una condición física inferior en el primer grupo (sobrepeso). Sin embargo, entre los dos grupos no había diferencias en cuanto a la automotivación y al estado emocional. Estos resultados, apoyan el concepto de que la obesidad se asocia a un incremento de la morbilidad. Se precisan estudios futuros para examinar el mecanismo por el cual factores fisiológicos endógenos, contribuyen al desarrollo de la obesidad.

En un estudio en el que se investigan los parámetros que deberían predecir las posibilidades de éxito en un programa de entrenamiento de tres meses de duración en un grupo de fuerzas especiales del ejército belga, (Van Hoof y col. 1992) se describen las características y condiciones fisiológicas de los programas de instrucción. En dicho trabajo se estudiaron a 293 reclutas antes y después del período de entrenamiento militar intenso. Se evaluaron mediante cuestionario las actividades físicas, los hábitos de fumador, bebedor y dietéticos. Se anotaron las medidas antropométricas y mediante una muestra de sangre se hizo la determinación de colesterol sérico, colesterol de alta densidad (HDL-colesterol) y la gamma glutamil transpeptidasa (GGT). La capacidad física fue evaluada mediante una prueba de esfuerzo en cicloergómetro. Hubo 65 bajas de este programa por la aparición de traumatismo o enfermedad intercurrente. Del resto, hubo 132 reclutas que terminaron el programa completo (grupo S) y 96 que no lo superaron (grupo F). La mayoría de soldados del grupo S, habían participado previamente en actividades deportivas, y entre ellos había pocos fumadores. No había diferencias significativas entre los dos grupos en cuanto a peso, porcentaje de grasa, capacidad física y valores de colesterol sérico y GGT. Sin embargo la HDL-colesterol era más elevada en el grupo S que superaron el programa de entrenamiento.

La actividad permanente del soldado, especialmente en ambiente de combate influye de forma máxima sobre el rendimiento físico. Por ello, Knapik y col. en 1991, estudiaron la influencia de una marcha extenuante sobre el rendimiento físico y el estado de humor del soldado. De esta forma, 89 soldados desarrollaron un esfuerzo máximo durante una marcha por carretera de 20 km, transportando una carga de 46 kg. Comparando los valores de puntería alcanzados antes y después de la marcha, estos últimos disminuían en un 26% el número de tiros certeros en la diana y reducían un 33% la distancia al centro de la misma. La distancia máxima en el lanzamiento de granadas disminuía un 9%, pero no había diferencias en la altura máxima vertical alcanzada, durante estos lanzamientos. El cuestionario que estudiaba el estado de ánimo y humor revelaba que un 82% aumentaba la sensación de fatiga y un 38% disminuía su sensación de fuerza. Se comprobaba pues, un descenso significativo en algunos aspectos del rendimiento militar cuando los soldados realizan marchas rápidamente, sobre largas distancias con elevadas cargas de peso.

Finalmente hay que señalar otra particularidad de los hábitos militares que los diferencia de otras actividades físicas. En la vida militar gran parte de sus actividades se desarrollan en condiciones de privación de sueño y estrés. Por ello, Radomski y col. en 1992, estudiaron la relación entre condición física y respuesta hormonal a la privación prolongada de sueño y trabajo mental continuado. El estudio examinó la influencia de la capacidad física aeróbica sobre la respuesta hormonal bajo condiciones de agentes estresantes, privación de sueño y capacidad mental ininterrumpida. Seis mujeres con capa-

cidad aeróbica elevada (VO_2 mayor de 50 ml/kg/min) y seis mujeres con capacidad aeróbica media (VO_2 menor de 40 ml/kg/min), eran sometidas a un período de privación de sueño de 60 horas durante las cuales, ellas desarrollaban tareas mentales continuadas sin actividad física simultánea. Se tomaron muestras de sangre cada 12 horas a las 13.30 y a las 1.30 horas, en plasma y se analizaron los valores de cortisol, hormona de crecimiento (hGH), prolactina, tiroxina, triiodotironina y reverse triiodo tironina. Para el cortisol, ambos grupos presentaban un modelo de secreción alto, durante el día y bajo durante la noche de acuerdo al ritmo circadiano normal, con niveles significativamente más altos durante el período de privación. Las elevaciones normales producidas en los niveles de hormona de crecimiento y prolactina durante el período de sueño normal, se suprimían durante la fase sin dormir. Los efectos de la forma física no influían sobre las respuestas del cortisol, prolactina y hGH. Los niveles plasmáticos de hormonas tiroideas aumentaban significativamente durante la fase de privación de sueño en aquellos soldados que exhibían un alto nivel de condición aeróbica respecto a los que tenían una condición física media. Se sugiere que la forma física aeróbica, puede influir sobre el metabolismo periférico de la tiroxina durante la fase de privación de sueño, pero la forma física aeróbica no influye sobre la regulación de las clásicas hormonas de estrés durante la privación de sueño.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Son muchos los trabajos que han analizado el coste energético, gasto calórico y el esfuerzo que implica realizar distintas actividades físicas tan variadas como caminar, correr, o levantar pesas, tanto en poblaciones sedentarias, independientemente de la edad, como en la población deportiva, independientemente del sexo y tipo de actividad deportiva.

Sin embargo, son escasos los estudios que analizan a las poblaciones físicamente activas como la militar, no existiendo análisis de esfuerzo y coste energético que conlleva la realización de un combate con todo el equipo. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las exigencias actuales obligan a disponer de un ejercito mucho más operativo como consecuencia de la participación de forma activa en los numerosos conflictos internacionales en diferentes partes del mundo (Afganistán, Bosnia, etc.).

Esto implica la necesidad de llevar a cabo un estudio más profundo de la condición física de los soldados que necesariamente tienen que participar en estos conflictos bélicos.

Hay que señalar que en el ejército español no se ha realizado este tipo de estudio en el que se simula la realización de un combate con todo el equipo, integrado en su totalidad por la ropa militar, el armamento, la mochila de combate y el casco. Estos elementos suponen una carga añadida a la hora de la realización del ejercicio físico que se traduce en un incremento importante del gasto energético relacionado directamente con el esfuerzo a desarrollar.

Por ello el objetivo general de este novedoso trabajo es estudiar el coste energético y el grado de esfuerzo que supone la realización de una maniobra de ataque mediante una simulación en el tapiz rodante de un ejercicio ofensivo protocolizado de aproximación al combate en un grupo de soldados de ambos sexos de una compañía de infantería ligera.

Este análisis de los ejercicios específicos del combate con el vestuario propio del combatiente, permitirá estudiar los siguientes objetivos específicos:

- 1- Valorar la composición corporal y el patrón espirométrico del soldado.
- 2-. Determinar el VO_2 máx como índice de la capacidad de trabajo físico del soldado, y parámetro que refleja el grado de condición física en relación con la salud. Además, permite estimar el potencial de resistencia aeróbica en función de la identificación del umbral anaeróbico tras una ergoespirometría de esfuerzo máximo en tapiz rodante.
- 3-. Analizar la intensidad de esfuerzo, el coste energético y la contribución metabólica y cardio-respiratoria de cada una de las fases que constituyen la maniobra protocolizada de aproximación a las posiciones enemigas, que conlleva la maniobra ofensiva de una compañía de infantería ligera.
- 4-. Establecer las diferencias en función del sexo del soldado a la hora de afrontar la misma maniobra con el mismo equipo de combate.

5-. Evaluar la condición física del soldado y su nivel o grado de preparación tomando como base la condición aeróbica y la capacidad de recuperación a los esfuerzos del soldado durante la maniobra de aproximación y ataque de una compañía de infantería ligera.

6-. Determinar con precisión los niveles de actividad físico militar adecuados al programa de instrucción, teniendo en cuenta el coste energético del esfuerzo específico de cada una de estas actividades considerando que el desarrollo de las mismas se efectúa con el equipo y armamento individual necesario y propio del combate.

7-. Estudiar las repercusiones fisiológicas del ejercicio desarrollado durante la maniobra simulada de ataque de una compañía de infantería ligera. De esta forma se puede analizar la posible repercusión del grado de fatiga en el protocolo de la maniobra de ataque y comprobar si es adecuado para una correcta recuperación del soldado.

8-. Proponer posibles cambios en la maniobra o en el peso del equipo o en el entrenamiento o instrucción militar en función de los resultados obtenidos.

Objetivo particular o final o último:

Aportar un mayor grado de conocimiento sobre el esfuerzo de tales maniobras que suponen un éxito profesional y vital, que es el objetivo último y final del soldado y de la instrucción militar, para así contribuir a la mejora de la misma de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 44 de la Reales Ordenanzas para las F.F.A.A. que sobre la forma física del personal militar dice: "... es necesario una adecuada preparación física que le permita cumplir sus misiones con la debida competencia y actuar con eficacia en el combate".

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y SISTEMÁTICA DE ESTUDIO.

Se han estudiado 27 sujetos, 19 varones y 8 mujeres, todos ellos soldados profesionales destinados en una compañía del Batallón del Cuartel General de la Brigada de Infantería Mecanizada “Córdoba” X, ubicada en la Base de Cerro Muriano (Córdoba). Por esta razón, tenían el mismo horario de trabajo, las mismas horas de actividad dedicadas al ejercicio físico militar y la misma dieta (figura 1).

La parte experimental del trabajo fue realizada en el laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Departamento de Ciencias Morfológicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Córdoba. En este laboratorio se dispone de los medios y condiciones adecuadas para el desarrollo de pruebas de esfuerzo (ventilación, luminosidad, grado de humedad y temperatura necesarias), así como de las instalaciones accesorias precisas en estos casos (camillas de exploración, vestuarios, duchas, equipo de reanimación, etc.)

Al comienzo a todos y cada uno de los sujetos se les explicaba verbalmente y por escrito, el objeto y la metodología del estudio, enseñándoles en qué consistían las pruebas a las que debían someterse, cuales podrían ser los inconvenientes y los riesgos de su colaboración. Todos ellos se mostraron de acuerdo con este estudio.

Antes del desarrollo de las pruebas de esfuerzo, se les sometió a todos los sujetos del estudio a un reconocimiento médico deportivo completo, investigando la posible existencia de factores de riesgo para la práctica de ejercicio físico intenso tales como arritmias, palpitaciones, fatiga ante mínimos esfuerzos, etc., mediante el cuestionario de aptitud para la actividad física. (The physical activity readiness questionnaire en Thomas, S. y cols., 1992) (tabla 1).

<p>¿Le ha dicho alguna vez el médico que tiene algún problema cardíaco?</p> <p>¿Suele tener dolor o molestia en el pecho, garganta, mandíbula o brazo izquierdo?</p> <p>¿Suele tener mareos o ha perdido alguna vez el conocimiento?</p> <p>¿Le ha dicho alguna vez un médico que tuviera la tensión arterial alta?</p> <p>¿Le ha dicho alguna vez un médico que tenga problema óseo o articular que se pueda agravar con el ejercicio?</p> <p>¿Ha notado durante el último mes alguno de estos síntomas?</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sensación de falta de aire en reposo o con esfuerzos leves · Necesidad de dormir con más de 1 almohada por fatiga · Que se despierte por la noche con fatiga · Hinchazón de tobillos · Palpitaciones o taquicardias · Dolor de aparición súbita en una pierna al caminar cierta distancia · Fatiga o sensación de falta de aire con las actividades cotidianas <p>¿Existe alguna otra razón física no mencionada aquí por la que no debería seguir un programa de actividad física aunque lo deseara?</p>

TABLA 1: Cuestionario de aptitud para la actividad física
(The physical activity readiness questionnaire) (Thomas, S. y cols. 1992)

Se realizó también el estudio cineantropométrico y análisis de la composición corporal siguiendo el protocolo establecido por el ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría), tomando las variables para el estudio de la composición corporal.

Para el desarrollo de este estudio se aplicaron los siguientes criterios de selección:

1.- Estar en situación de servicio activo de manera que ninguno de los 27 soldados (19 varones y 8 mujeres) estaban rebajados por enfermedad o lesión durante las fechas previas al desarrollo del test ni durante los días del mismo.

2.- Como resultado de la anamnesis y exploración realizada, no presentar ningún defecto o afección que supusiera en el momento del estudio, ninguna contraindicación, absoluta o relativa para el desarrollo de las pruebas de esfuerzo o que pudiera alterar su rendimiento en ellas.

3.- No estar sometido a ningún tratamiento farmacológico que pudiera interferir la respuesta metabólica y cardiorespiratoria durante la realización de las pruebas de esfuerzo.

4.- Completar las pruebas de esfuerzo previstas según el protocolo marcado para este estudio.

Atendiendo a estos criterios de selección que se establecen, ninguno de los soldados elegidos causó baja a lo largo del estudio, pudiéndose concluir en todos los casos.



FIGURA 1: Soldados pertenecientes a la Brigada de Infantería Mecanizada "Córdoba" X, escuchan la explicación del protocolo de esfuerzo antes de iniciar el estudio

3.2. PROTOCOLO Y DESCRIPCIÓN DE MOVIMIENTOS.

3.2.1. Forma de colocar el equipo de combate previo al desarrollo de la maniobra protocolizada

La prueba de esfuerzo máxima se realiza con ropa deportiva. Una semana más tarde se lleva a cabo la maniobra protocolizada que simula en un tapiz rodante el modo de combate de una compañía de infantería ligera en el campo de batalla.

Para el desarrollo de esta maniobra protocolizada, la colocación del uniforme y del equipo de combate se lleva a cabo de la misma forma para todos los soldados. Inicialmente el sujeto se viste con las botas de instrucción, una camiseta de manga corta, camisa de instrucción y uniforme de campaña.

A continuación y antes del inicio de la maniobra protocolizada, se procede a la colocación ordenada del equipo completo de combate. El método se inicia con la colocación del chaleco antifragmentos, el portaequipo de combate y el casco. A continuación se coloca la mochila llena y finalmente el fusil.

3.2.2. Protocolo de movimientos de una compañía de infantería ligera.

Se tiene en cuenta en este estudio que el movimiento de una compañía de infantería ligera desde la “zona de reunión” (ZRN) hasta la “base de partida” (BP) se realiza trasladando a sus hombres en vehículos motorizados. En la BP, situada aproximadamente a una distancia entre 1500 y 2000 metros antes de las posiciones enemigas, y considerada como último punto de coordinación antes del inicio del ataque, se completará el despliegue ofensivo para el ataque propiamente dicho (manual OR4-106, 1994) que está dividido en las siguientes fases:

1.- Fase I: Desde la BP, se recorren aproximadamente de 1000 a 1500 metros a un ritmo de carrera suave o marcha rápida dependiendo del terreno y del fuego enemigo, hasta alcanzar una línea teórica situada a 500 metros del enemigo.

2.- Fase II: En esta línea teórica las secciones situadas más a vanguardia de la compañía (primer escalón), se encuentran al alcance y bajo el fuego de las armas de tiro tenso enemigas. Por ello, el avance se realizará en los siguientes 250 metros, en saltos de pelotón (10 hombres) mediante un tipo de carrera suave intercalada con varias detenciones.

3.- Fase III: A continuación se avanzará en saltos de binomio (par de soldados) que serán muy cortos y rápidos hasta alcanzar la línea de asalto, previamente establecida y situada a 50 metros del enemigo.

4.- Fase IV: Desde la línea de asalto, los supervivientes reunidos y a través de un solo salto, llevarán a cabo el asalto final con una carrera explosiva para buscar el combate cuerpo a cuerpo y eliminar el enemigo.

3.2.3. Protocolo de movimientos realizados en este estudio de laboratorio.

La primera prueba de esfuerzo ergométrica en tapiz rodante consiste en la realización de un test incremental máximo, progresivo y continuo, iniciado a 6 km/h, con incrementos de 1 km/h cada minuto y pendiente constante al 3%, hasta producir el agotamiento, manifestado éste como el momento en el que no se podía mantener la velocidad máxima y aquella cuyo escalón se completaba totalmente. Durante este test el soldado permanece en ropa deportiva sin armamento ni equipo individual de combate. Un protocolo en rampa como éste, facilita la determinación de los umbrales ventilatorios, VT1 o aeróbico y VT2 o anaeróbico al no haber fluctuaciones adaptativas en el intercambio de gases. Además, esta prueba de esfuerzo máxima va a permitir la determinación de los parámetros máximos de la intensidad del esfuerzo como la frecuencia cardíaca máxima, el consumo máximo de oxígeno y la ventilación máxima así como las capacidades de trabajo físico en el grupo de soldados masculinos y de soldados femeninos que forman parte de nuestro estudio. Estos valores se utilizarán para cuantificar la condición física de esta población militar. (figura 2).



FIGURA 2: Posición inicial sin equipo de combate antes del inicio de la prueba de esfuerzo máxima para determinar la condición física de los soldados de este estudio.

Para conseguir una recuperación completa de los soldados de la muestra, la maniobra simulada de combate se lleva a cabo una semana más tarde. Esta prueba reproduce el protocolo de la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera, que incluye las siguientes fases y sus respectivos movimientos (manual OR4-106, 1994):

1.- Fase 0 de reposo basal con equipo: En este período, que tiene una duración de 3 minutos, el soldado se encuentra en reposo, bipedestación y con el uniforme de campaña, la mochila, el portaequipo de combate, el chaleco antifrags y el armamento. Previamente se fijan al tórax las seis derivaciones electrocardiográficas y finalmente se coloca la máscara y el tubo coarrugado fijado a la boca.

2.- Fase 1: En este período el soldado recorrerá 1000 metros a una velocidad controlada de 5 km/h. Esta fase equivale a la fase I que realiza la compañía de infantería ligera (figura 3).



FIGURA 3: Detalle de la fijación a la boca de la mascarilla y del tubo coarrugado durante el desarrollo de la fase 1 del protocolo.

3.- Fase 1R: Es el período de recuperación de la fase 1. Se realiza una pausa de 3 minutos en la cual el sujeto permanece en reposo, bipedestación sin apoyo y sin hablar. Se aprovecha este período para ajustar la ropa y el equipo que como consecuencia de los movimientos durante la mar-

cha, se han desajustado. Aquí se controlan parámetros ergoespirométricos como el consumo de oxígeno (VO_2) en términos absolutos (ml/min), y en términos relativos al peso corporal (ml/kg/min), así como el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno ($\% \text{VO}_2$). También se expresa la relación de intercambio respiratorio (RER) y los valores de la frecuencia cardíaca durante el umbral (FC), la producción de anhídrido carbónico (VCO_2) expresado en valores absolutos (ml/min) y la ventilación expresada en litros/min (VE). También se recogen los valores del equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO_2) y las cifras del equivalente ventilatorio de anhídrido carbónico (VE/VCO_2). Finalmente se describen los valores del equivalente metabólico (METS), de la frecuencia respiratoria (FR) y del volumen tidal o circulante (Vt), en el primer minuto de la recuperación (R-1) y en el tercer minuto de la recuperación (R-3) (figura 4).



Figura 4: Durante la fase 1R correspondiente a la recuperación de la fase 1, el soldado permanece en situación de reposo y conectado al analizador de gases.

4.- Fase 2: Se realizan dos períodos de carrera de 100 metros (S1 y S2) y un período de 50 metros (S3) a una velocidad constante de 8 km/h intercalados por pausas de reposo de 20 seg de la siguiente forma:

- * Distancia de 100 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables citadas (S1).
- * Pausa de 20 seg.
- * Distancia de 100 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables citadas (S2).
- * Pausa de 20 seg.
- * Distancia de 50 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables citadas (S3).

Esta fase equivale a la fase II que realiza la compañía de infantería ligera que permite la aproximación del personal desde los 500 metros a los 250 metros de la posición enemiga (manual OR4-106, 1994).

5.- Fase 2R: Es el período de recuperación de la fase 2. Se realiza una pausa de 3 minutos en la cual el sujeto permanece en reposo y sin hablar. Se aprovecha este período para ayudar al sujeto a colocar la ropa y el equipo que se ha desajustado después de la carrera llevada a cabo durante la maniobra simulada. Aquí se controlan las mismas variables en el primer minuto (R-1) y en el tercer minuto de la recuperación (R-3).



FIGURA 5: Se observa al soldado con todo su equipo de combate, recorriendo una de las series de la fase 3.

6.- Fase 3: Se realizan cuatro períodos de carrera de 50 metros (S1, S2, S3 y S4) a una velocidad constante de 8 km/h, intercalados por pausas de reposo de 5 seg de duración, de la siguiente forma:

- * Distancia de 50 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables (S1).
- * Pausa de 5 seg.
- * Distancia de 50 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables (S2).
- * Pausa de 5 seg.
- * Distancia de 50 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables (S3).
- * Pausa de 5 seg.
- * Distancia de 50 m a una velocidad de 8 km/h. Aquí se controlan las mismas variables (S4).

Esta fase equivale a la fase III que realiza la compañía de infantería ligera que permite la aproximación del personal desde los 250 metros a los 50 metros de la posición enemiga. (figura 5) (manual OR4-106, 1994).

7.- Fase 3R: Es el período de recuperación de la fase 3. Se realiza una pausa de tres minutos en la cual el sujeto permanece en reposo y sin hablar. Se aprovecha este período para ayudar al sujeto a colocar la ropa y el equipo, que como consecuencia de los movimientos durante la carrera, se han desajustado. Aquí se controlan las mismas variables en el primer minuto (R-1) y en el tercer minuto de la recuperación (R-3).



FIGURA 6: Se observa durante la fase 4 al soldado con todo su equipo de combate, realizando el ejercicio de carrera máxima.

8.- Fase 4: Se recorren los últimos 50 metros a un ritmo máximo hasta que se produce el agotamiento. (figura 6).

Esta fase coincide con la fase IV que realiza la compañía de infantería ligera y que permite la aproximación del personal desde los últimos 50 metros hasta la línea donde se produce el asalto final y la lucha a corta distancia (manual OR4-106, 1994).

9.- Fase 4R: Es el período de recuperación de la fase 4. Se realiza una pausa de 3 minutos para la recuperación, en la que el sujeto permanece en reposo y sin hablar. Aquí se controlan las variables en el primer minuto (R-1) y en el tercer minuto de la recuperación (R-3). Finalmente podemos concluir que la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera está integrada por una fase de reposo basal previo (Rb), cuatro fases de ejercicio (fase 1, 2, 3 y 4) y cuatro fases de recuperación (1R, 2R, 3R y 4R) (figura 7).

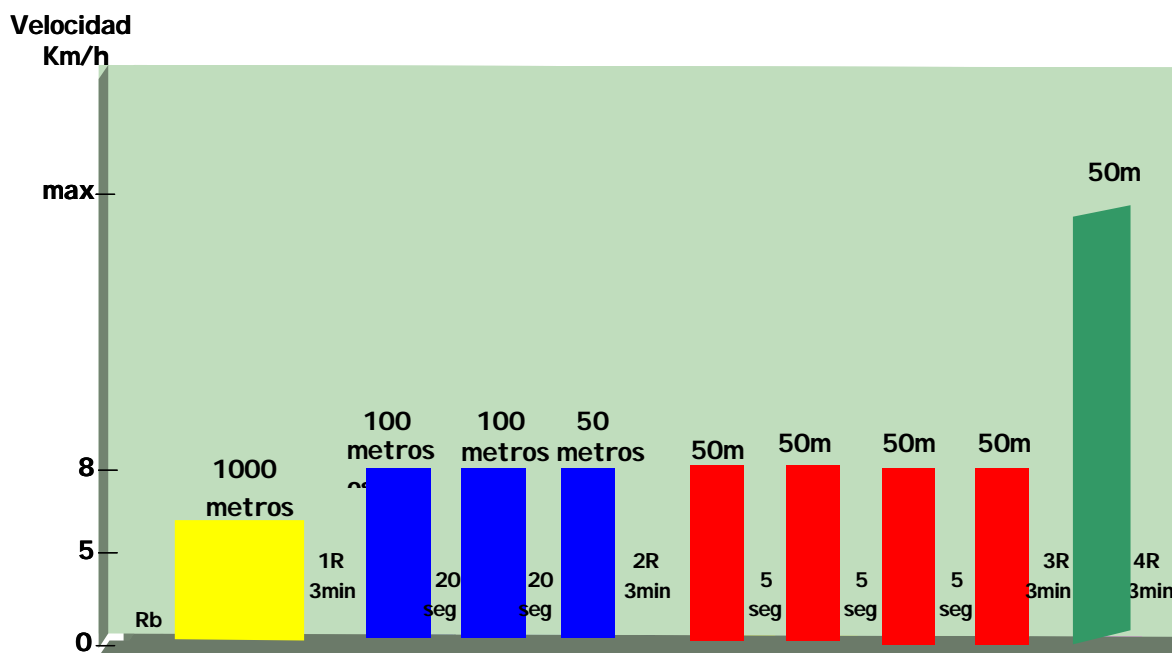


FIGURA 7: Gráfico de las fases de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera. Fases de reposo y recuperación: Rb: fase de reposo basal, 1R: recuperación de la fase 1; 2R: recuperación de la fase 2; 3R: recuperación de la fase 3; 4R: recuperación de la fase 4. Fases de ejercicio: fase 1 (color amarillo); fase 2 (color azul); fase 3 (color rojo) y fase 4 (color verde)

3.3. MATERIAL DE LABORATORIO.

Los aparatos utilizados para el estudio cineantropométrico son una balanza clínica que tiene una precisión de 100 g, un estadiómetro o tallímetro, un plicómetro, un paquímetro, un antropómetro y una cinta métrica.

Para el estudio espirométrico se utiliza un espirometro Pneumos 300 PC-based Cardiette (De H & C Medical Devices SpA, Milano, Italy) cuyo campo de medida es de ± 16 l/seg (BTPS) y una precisión de $\pm 3\%$. Este equipo utiliza un programa informático Spirobox (H & C Medical Devices SpA, Milano, Italy).

Finalmente para la prueba de esfuerzo y la maniobra simulada de combate se utiliza un ergoespirómetro con analizador de gases respiración a respiración de Medical Graphics System CPX (Medical Graphics Corporation. St. Paul, Minnesota, EE.UU.), que a su vez consta de un neumotacógrafo, un módulo analizador de gases y una unidad de control.

El neumotacógrafo Hans Rudolph, modelo 3800, Kansas, EE.UU., conectado a un transductor de presión diferencial (Validyne DP250-14) que permite el análisis de flujos espiratorios con ajuste de linealidad hasta valores por encima de 200 l/min. Está formado por tres tamices muy finos dispuestos paralelamente en un compartimento sellado y mantenido a una temperatura constante de 37°C , con una resistencia de 1.5 cm de H₂O. El flujo a través del neumotacógrafo es medido como la diferencia de presión a través de la rejilla central; los cambios de presión que se producen a cada lado del tamiz central, son conducidos mediante un tubo flexible hasta el transductor de presión. Éste, genera una corriente eléctrica de bajo voltaje que, conveniente acondicionada y amplificada, es convertida en una señal analógica proporcional al flujo. A continuación, la señal analógica es convertida en señal digital para ser conducida al microprocesador. En el microprocesador se obtiene, por integración del flujo, el volumen correspondiente a cada ventilación. No obstante, los datos procedentes del módulo de análisis de volumen son sometidos a una corrección informática (linealización), basada en una tabla de correcciones específica de cada equipo, que confiere una mayor exactitud al resultado obtenido (figura 8).



FIGURA 8: Neumotacógrafo (Hans Rudolph, modelo 3800, Kansas, EE.UU.) conectado a un transductor de presión diferencial (Validyne DP250-14).

La conexión de los sujetos al analizador de gases y neumotacógrafo se efectuó mediante una mascarilla (Hans Rudolph tipo 7900, Kansas, EE.UU.), cuya resistencia al flujo era de 48 mm de H₂O a 600 l/min y que provoca un aumento del espacio muerto anatómico de 185 ml. Por el lado espiratorio de la válvula se conectó un tubo flexible coarrugado, de 1 m de longitud y 3.5 cm de diámetro, para trasladar el aire espirado por el sujeto al neumotacógrafo. Dicha válvula estaba sujeta por un soporte de cabeza para la válvula (Hans Rudolph, modelo 2726, Kansas, EE.UU.) Para la calibración del neumotacógrafo se emplea una jeringa (Hans Rudolph, modelo 5530, Kansas, EE.UU.) de precisión de 0 a 3 litros.

El módulo analizador de gases consta de un analizador de O₂ y de un analizador de CO₂, de respuesta rápida y continua, permitiendo obtener las presiones teleespiratorias de ambos gases. Para el análisis del aire espirado, éste es trasladado y muestreado constantemente del interior de la válvula de dos vías mediante una sonda capilar hasta el módulo de análisis de las concentraciones de O₂ y CO₂. El flujo de muestreo es, aproximadamente, de 15 ml/min y se mantiene por acción de una bomba de vacío.



FIGURA 9: Unidad de control: Se maneja a través de un ordenador y el software utilizado es de Medical Graphics Corp. (St Paul, Minnesota, EE.UU.), versión 2.1.

El analizador de O₂ mide la concentración de O₂ en el aire mediante un sensor de alta temperatura (célula) de óxido de zirconio estabilizada con itrio, calentada a 700°C. Posee un rango de medición del 0 al 100%, un tiempo de respuesta de 0 a 90% de menos de 0.10 seg y una precisión de $\pm 1\%$. El analizador de CO₂ mide la fracción de CO₂ en el aire espirado mediante cámara con doble haz de rayos infrarrojos Datex (modelo CX-114). Se trata de un fotómetro que aprovecha la propiedad que exhibe el CO₂ de absorber selectivamente la

radiación infrarroja de 4.3 μm de longitud de onda. Su rango de medición es de 0 a 10% y su imprecisión es de 0.1% de CO_2 . Todos los datos que proporciona el módulo de análisis de gases son transformados en señales digitales proporcionales a las concentraciones de gases en el aire muestreado. Éstas, finalmente son tratadas informáticamente y transformadas en valores de VO_2 y VCO_2 . Cuando el aparato está calibrado correctamente, funciona con un error de medida inferior al 5%. Para la calibración de estos analizadores de O_2 y de CO_2 se utilizan bombas de mezcla de gases (5% CO_2 ; 12% O_2 ; 82% N_2) que suministra la Sociedad Española de Oxígeno S.A. en las cuales aparece un certificado de composición.

Finalmente la unidad de control se maneja a través de un ordenador 80071 de IBM con un microprocesador intel-inside 486SX, a 25 MHz y 4 megabytes de Ram (figura 9). El monitor es Acer (Acer Peripherals Inc., Taiwan) en color de 14" no entrelazado y de baja radiación. El software utilizado es de Medical Graphics Corp. (St Paul, Minnesota, EE.UU.), versión 2.1. Finalmente la impresión se realiza a través de una impresora matricial en color Epson EX800 (Seiko Epson Corp., Japan).

Esta unidad de control dispone de entradas del neumotacógrafo y de los analizadores de gases en tiempo real. También recibe una señal analógica tanto del registro electrocardiográfico, que le permite calcular la frecuencia cardíaca, como de la carga aplicada al ergómetro, a partir de la cual calcula la velocidad del tapiz rodante. Con todos estos datos que recibe, el microprocesador realiza las conversiones entre las condiciones ATPS, STPD y BTPS, calculando todos los parámetros ergoespirométricos solicitados, al mismo tiempo que es capaz de presentar en pantalla en tiempo real una amplia selección de ellos en forma de gráficos y tablas. El interface presenta una entrada analógica +/- 10 V.DC de 8 canales y una resolución de 12 bites y 100 muestras por canal.

Además durante el desarrollo de las pruebas de esfuerzo se emplea un electrocardioscopio.

3.4. APARATOS Y MATERIAL PARA EFECTUAR LA MANIOBRA PROTOCOLIZADA QUE SIMULA EL MODO DE COMBATE DE UNA COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA.

3.4.1. Material armamentístico y equipo individual del combatiente.

La carga que transporta el soldado en campaña ha sido y es una preocupación constante de todos los ejércitos modernos. Lo ideal es que el soldado transportase todo lo que precisara, pero esto choca frontalmente con el peso a soportar durante la maniobra dado que supone una reducción de sus fuerzas y de su movilidad.

La Agencia del Desarrollo del Combate del US ARMY (STP 21-1 SMCT, 1994), analizando datos y estadísticas de la II Guerra Mundial y de la Guerra de Corea, establece que el peso

máximo conveniente debería estar alrededor de 18 kg, aunque en el ejército español se tiene en cuenta el peso de cada combatiente y se estima un máximo de un 35% del peso del soldado (IGV 7-90, 1994).

Por una parte, gracias a los avances técnicos que han supuesto la aparición de materiales más ligeros y fibras más resistentes se ha reducido el peso, pero al mismo tiempo la tendencia a aumentarle su protección, ampliar la visión nocturna, y darle protección individual NBQ, le sobrecargan otra vez con nuevos componentes. Entre los materiales más ligeros y resistentes se encuentra el nylon, la poliamida, el poliéster y el kewlar (casco y chaleco antifragmentos). Por otra parte, entre los nuevos componentes del equipo y armamento se encuentran los visores nocturnos de puntería de las armas, las gafas de visión nocturna, el equipo de protección individual NBQ y el chaleco antifragmentos (figura 10) (IGV 7-90, 1994).



FIGURA 10: Imagen posterior de un soldado durante el desarrollo de la fase 2. Se observan los componentes del equipo del soldado que incluye la mochila, el portaequipo de combate y el equipo de protección individual NBQ.

En general, el conjunto de componentes que el combatiente tiene que transportar en campaña consta de las siguientes partes: vestuario y equipo; mochila de combate; armamento y munición (incluyendo las fundas de los cargadores) y porta equipo de combate (PECO) (M.S.J. 514/AL – C – 967).

Todos los apartados son comunes a todo combatiente, excepto el armamento y la munición que es variable dependiendo del puesto táctico del mismo. Nosotros realizamos el estudio con fusileros granaderos y por ello el arma empleada durante las pruebas de esfuerzo es el fusil de asalto Cetme. Pasamos a describir los diferentes elementos con sus pesos respectivos, que componen todo el equipo del combatiente (IGV 7-90).

3.4.1.1. Vestuario y equipo de campaña.

Se compone del material que contiene la tabla 2.

VESTUARIO Y EQUIPO PUESTO	PESO
Casco de kewlar con funda	1,110 kg.
Uniforme de campaña	1,160 kg.
Camisa de instrucción	0,350 kg.
Camiseta	0,140 kg.
Calzoncillos/Bragas	0,075 kg.
Calcetines de lana	0,055 kg.
Botas de instrucción	1,750 kg.
Jersey	0,350 kg.
PESO TOTAL	4,990 kg.

TABLA 2: *Peso fraccionado y total del vestuario y equipo de campaña.*

3.4.1.2. Material incluido en la mochila de combate.

Se compone del material que contiene la tabla 3. Hay que señalar que por comodidad durante la prueba, la cantimplora que habitualmente va colgada en el ceñidor, se introduce en el interior de la mochila a fin de facilitar la movilidad del soldado en el tapiz rodante durante la simulación de la maniobra ofensiva.

MOCHILA DE COMBATE	PESO
Mochila	0,850 kg.
Gorra	0,100 kg.
Guantes	0,050 kg.
Linterna	0,285 kg.
Paquete de cura individual (PCI)	0,050 kg.
Cantimplora llena de agua, funda, marmita y cubierto	2,000 kg.
Red individual	0,090 kg.
Protector auditivo	0,010 kg.
Util multiuso	1,400 kg.
Ración de comida de emergencia	0,600 kg.
Bufanda de cuello	0,045 kg.
PESO TOTAL	5,480 kg.

TABLA 3: Peso fraccionado y total de la mochila de combate

3.4.1.3. Material del porta equipo de combate y ceñidor.

Se compone del material que contiene la tabla 4. Cabe señalar que el equipo de protección individual NBQ, cuyo peso es de 2,400 kg., incluye:

- * 1 máscara antigas
- * 1 dosímetro individual
- * 1 paquete de servilletas radiológicas
- * 1 detector de agresivos neurotóxicos
- * 1 manual de usuario
- * 2 envases de pastillas de protección de gases neurotóxicos
- * 2 cartuchos filtrantes
- * 1 librito de papel protector

PORTA EQUIPO DE COMBATE Y CEÑIDOR	PESO
Porta equipo	1,505 kg.
4 cargadores vacíos de 20 cartuchos (0.275 kg. cada uno)	1,100 kg.
Cuchillo-bayoneta con funda	0,580 kg.
2 granadas de instrucción (R-41)	0,800 kg.
Ceñidor	0,200 kg.
Equipo Protección NBQ (traje, manoplas y cubrebotas)	3,500 kg.
Equipo de protección individual NBQ	2,400 kg.
PESO TOTAL	10,085 kg.

Tabla 4: Peso fraccionado y total del portaequipo de combate y ceñidor.

3.4.1.4. Armamento y munición del combatiente.

Debido a los problemas de seguridad que entrañaba el transporte de armamento de combate desde el acuartelamiento de procedencia de los soldados hasta el laboratorio de fisiología donde se desarrollaron las pruebas de esfuerzo, fue preciso realizar éstas, con un fusil Cetme del calibre 7.62 en vez del fusil Cetme 5.56 reglamentario.

Este cambio de fusil, en principio suponía un inconveniente, dado que el peso del fusil Cetme 7.62 que disponíamos para realizar los test de esfuerzo, era mayor que el fusil Cetme 5.56 reglamentario. Por esta razón, para equilibrar estos pesos utilizamos un sencillo método. Al fusil de calibre 7.62 le retiramos de su interior el mecanismo del cierre, de manera que el peso quedaba reducido a 4,515 kg. Además, se le añadieron 4 cargadores vacíos que pesaban 1,100 kg lo que unido al peso del fusil sumaba 5,615 kg igualando el peso del fusil reglamentario (tabla 5).

PESO FUSIL CETME 5.56 REGLAMENTARIO (No disponible para los test de esfuerzo)	PESO FUSIL CETME 7.62 UTILIZADO EN LOS TEST DE ESFUERZO
Fusil	Fusil sin cierre
5 cargadores vacíos	4 cargadores vacíos
100 cartuchos	Sin cartuchos
PESO TOTAL 5,640 kg.	PESO TOTAL 5,615 kg.

TABLA 5: Equiparación de pesos del fusil reglamentario Cetme 5.56 al antiguo fusil Cetme de calibre 7.62 utilizado en la maniobra simulada.

Por tanto, hay que considerar que la maniobra simulada se realiza con el equipo completo del soldado, que incluye la suma del peso del vestuario y equipo que el combatiente lleva puesto (4,990 kg) más el peso de la mochila de combate (5,480 kg) más el peso del porta equipo de combate y ceñidor (10,085 kg) más el armamento y munición del combatiente (5,615 kg). Esto suma un total de 26,170 kg (tabla 6).

EQUIPO DE COMBATE COMPLETO	PESO
Vestuario y equipo puesto	4,990 kg.
Mochila de combate	5,480 kg.
Porta-equipos de combate y ceñidor	10,085 kg.
Armamento y munición del combatiente	5,615 kg.
PESO TOTAL	26,170 kg.

TABLA 6: Peso fraccionado y total del equipo completo del soldado de una compañía de infantería ligera.

3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.5.1. Cineantropometría.

Para llevar a cabo el estudio de la composición corporal mediante la cineantropometría, se utilizó la ficha antropométrica para la recogida de datos que habitualmente se emplea en el Laboratorio de Cineantropometría de la Especialización en Ciencias Morfofuncionales del Deporte - Servicio de Medicina Deportiva-, Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina de la Universidad de Córdoba (España).

La ficha consta de unos datos generales (filiación, sexo, deporte, etc.), así como unos datos específicos (peso, estatura y estatura sentado), 8 pliegues grasos (tríceps, subescapular, bíceps, cresta ilíaca o supracrestal, supraespinal, abdominal, anterior del muslo y medial de la pierna), 11 perímetros (cabeza, brazo relajado, brazo flexionado y contraído, antebrazo, muñeca, torácico mesoesternal, abdomen mínimo, glúteo máximo, muslo 1, muslo 2 y pierna máximo) y 6 diámetros (biacromial, intercrestal, transverso del tórax, anteroposterior del tórax, humeral biepicondíleo y femoral bicondíleo).

El cálculo de la superficie corporal se hizo según el método clásico de Du Bois y Du Bois (1916), consistente en la siguiente ecuación:

$$\text{Superficie corporal} = \text{Peso}^{0.425} \times \text{Talla}^{0.725} \times 71.84$$

Superficie corporal en cm² Peso en kg Talla en cm

El fraccionamiento tetracompartimental se realizó para determinar la composición corporal obtenido mediante las siguientes ecuaciones:

- Masa ósea a partir de la ecuación propuesta por Von Döbeln y modificada por Rocha (1975).
- Masa residual calculada a partir de la relación propuesta por Würch (1974), citado por De Rose (1984).
- Masa grasa calculada atendiendo a la ecuación de Brozek y Keis (1951).
- Masa muscular a partir de la fórmula de Kerr (1988)

3.5.2. Espirometría y ergoespirometría.

La espirometría forzada es una técnica utilizada habitualmente, para valorar la función pulmonar de los deportistas tanto en los reconocimientos de aptitud deportiva como para la evaluación y seguimiento de los deportistas de alto nivel (Martinez y cols., 1994). Así mismo la espi-

rometría es un método necesario para la detección, valoración y seguimiento de la hiperreactividad bronquial inespecífica y del asma inducido por el ejercicio (Drobnic, 1997).

Mediante la ergoespirometría se obtienen los valores de consumo de oxígeno (VO_2) en términos absolutos (ml/min), y en términos relativos al peso corporal (ml/kg/min), así como el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno ($\% \text{VO}_2$). Por otra parte se expresa la relación de intercambio respiratorio (RER) y los valores de la frecuencia cardíaca durante el umbral (FC), la producción de anhídrido carbónico (VCO_2) expresado en valores absolutos (ml/min) y la ventilación expresada en litros/min (VE). También se recogen los valores del equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO_2) y las cifras del equivalente ventilatorio de anhídrido carbónico (VE/VCO_2). Finalmente se describen los valores del equivalente metabólico (METS), de la frecuencia respiratoria (FR) y del volumen tidal o circulante (V_t), a lo largo de la prueba de esfuerzo y de todas las fases que componen la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera.

3.5.2.1. Análisis de gases y umbral.

Para la determinación del análisis de gases y del umbral ventilatorio, se monitorizan de forma continua los datos del intercambio gaseoso y de la ventilación mediante un sistema computarizado de análisis ergoespirométrico respiración a respiración. Para ello, antes de cada prueba el sistema es calibrado, introduciendo en primer lugar las variables atmosféricas recogidas por la estación meteorológica del laboratorio (temperatura ambiente, presión y humedad relativa del aire), para obtener la medida de los gases en unidades BTPS.

Posteriormente se procede a la calibración del neumotacógrafo mediante el empleo de una jeringa de 3 litros, de alta precisión y cuyo volumen es inyectado y extraído en cinco ocasiones a altas y diferentes velocidades de flujo. Una vez realizada esta maniobra, se procede a la calibración de los analizadores de gases.

La calibración del analizador de O_2 , se realiza atendiendo a unas concentraciones de O_2 en gases dentro de un rango de medición, tomando como referencia superior al O_2 contenido en el aire atmosférico (cuyo contenido en O_2 en condiciones estándar es del 21%) y como referencia inferior el O_2 contenido en una mezcla de gases de composición conocida (y que es de un 12% en nuestra bombona de referencia).

La calibración del analizador de CO_2 se realiza tomando como referencia superior el CO_2 contenido en una mezcla de gases de composición conocida (y que es de un 5% en nuestra bombona de referencia), y como referencia inferior el CO_2 contenido en el aire atmosférico (cuyo contenido en CO_2 en condiciones estándar es del 0.03%).

Así se establece el rango de linealidad del analizador de O_2 y de CO_2 ; este extremo viene marcado por la capacidad del sujeto que realiza el test de esfuerzo de extraer O_2 del aire ambiente y de eliminar CO_2 mediante la ventilación, y no va más allá de las concentraciones del gas de calibración.

Por otra parte, para realizar los cálculos, se mide durante la calibración del ergoespirómetro el desfase o retraso existente desde la medida instantánea del flujo (aire que entra en el extremo distal del tubo capilar), hasta que es medido establemente por cada uno de los analizadores de O_2 y CO_2 . De esta forma, se procede a una correcta integración en el tiempo de ambas funciones, lo que nos calculará los valores de VO_2 y de VCO_2 . Además, este sistema, y debido a la rapidez de respuesta de los analizadores, permite conocer el valor de la concentración de cada uno de estos gases en el último instante de la espiración, denominándose presión teleespiratoria del gas, parámetro de gran ayuda para asegurar una exacta determinación del umbral anaeróbico por el método ventilatorio.

Posteriormente al sujeto sometido a estudio se le aplica la máscara (figura 11) que está conectada a una válvula de 2 vías Hans-Rudolph, que a su vez se conecta a un tubo capilar a través del cual se lleva la muestra del gas inspirado y espirado, con un flujo de aspiración constante de 15 ml/min, al analizador de O_2 y CO_2 , y por otro lado, a un tubo coarrugado que a su vez contacta con el neumotacógrafo, pasando la muestra del gas espirado a través de él hacia el aire ambiental.



FIGURA 11: Aplicación de la mascarilla que está conectada a una válvula de 2 vías y que a su vez se conecta a un tubo capilar y al analizador de gases. También se observa el tubo coarrugado que contacta con el neumotacógrafo.

01	Tiempo de prueba (min y seg)
02	Velocidad de carrera (km/h)
03	Frecuencia cardíaca (p.p.m.)
04	VO ₂ (ml/min), en condiciones STPD
05	VCO ₂ (ml/min), en condiciones STPD
06	RER (VCO ₂ /VO ₂).
07	VO ₂ por kg de peso corporal total (ml/kg/min).
08	VE (l/min), en condiciones BTPS
09	VE/VO ₂
10	VE/VCO ₂
11	PETCO ₂ (mmHg)
12	PETCO ₂ (mmHg).
13	Frecuencia respiratoria (r.p.m.)
14	Vt (ml/min)

TABLA 7: Variables que pueden ser monitorizadas, entre otras, durante la realización del protocolo ergométrico

En estas condiciones se realiza la prueba de esfuerzo máxima y una semana más tarde la maniobra que simula el ataque de una compañía de infantería ligera siguiendo el protocolo descrito anteriormente y deteniéndolo cuando el sujeto alcanza el final de la prueba. Durante la misma, el ordenador almacena todos los datos que recibe, así como sus datos derivados, visualizándose en pantalla los parámetros escogidos mediante un filtro digital de promediación continua. Alguna de las variables monitorizadas en este estudio están incluidas en la tabla 7 y se observan en la figura 12.

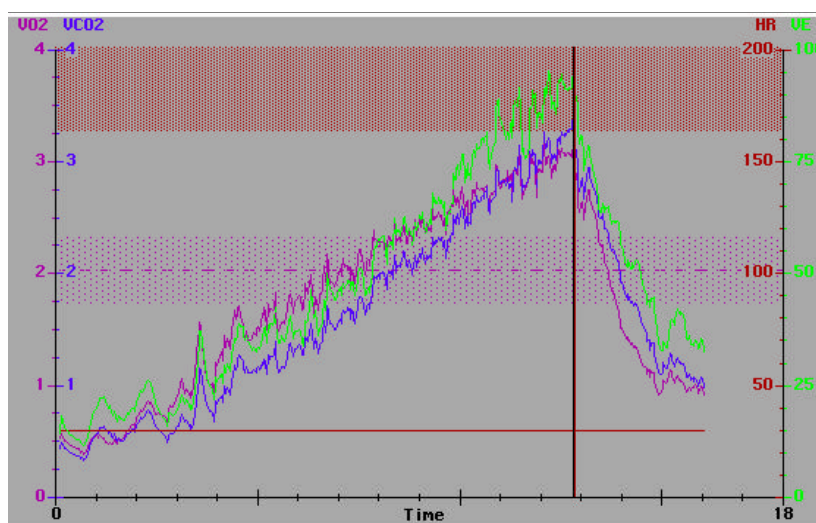


Figura 12. Representación gráfica de las variables monitorizadas, en tiempo real, durante la realización del protocolo ergométrico, con el ergoespirómetro, para la determinación del umbral ventilatorio.

Todos los datos que se obtienen durante la prueba, son almacenados por el ordenador en forma de ficheros, de manera que en cualquier momento se tiene acceso a la prueba de un sujeto, bien para repetirla o para obtener un informe de la misma. El formato de dichos informes se puede diseñar a criterio del usuario pudiéndose incluir datos numéricos y un amplio abanico de gráficas de todos los parámetros que se desee. Por ejemplo, podemos calcular los umbrales VT1 y VT2 en función de los equivalentes ventilatorios y de la ventilación (figura 13).

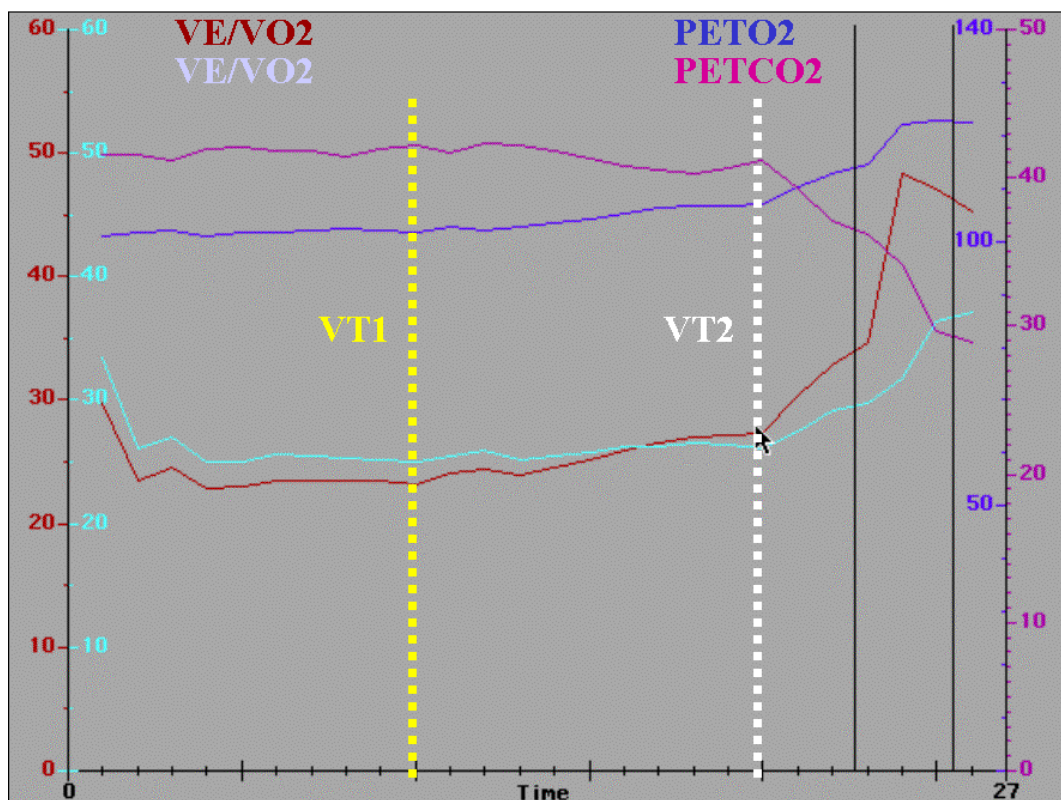


FIGURA 13. Cálculo de los umbrales VT1 y VT2 en función de los equivalentes ventilatorios para el oxígeno (VE/VO_2) y el anhídrido de carbono (VE/VCO_2) y en función de la ventilación.

3.5.4. Análisis estadístico.

Utilizando el paquete integrado “Statistica” versión 4,5 (Statsoft, Tulsa, EE.UU.), se realizó una estadística descriptiva del conjunto de los parámetros analizados, globalmente y por grupos. Los resultados se expresan como la media y el error estándar de la media (E.E.M.). Para la comparación de las variables analizadas a través de los diferentes grupos, se aplicaron los siguientes análisis estadísticos:

La significación de diferencias entre grupos se midió mediante la “*t de Student*” para grupos independientes, considerándose como significativas las diferencias observadas con una posibilidad inferior al 5% (valores de $p < 0.005$).

La significación de diferencias entre grupos sometidos a seguimiento longitudinal a lo largo de los distintos períodos descritos se analizó mediante “*el análisis de la varianza multivariante para medidas repetidas (MANOVA)*”. Cuando el valor estadístico “*F*” indicaba la existencia de diferencias significativas se procedía a comparar los datos mediante “*el test de Newman-Keuls*”. Se consideran significativos valores de $p < 0.05$.

Los estudios para relacionar dos o más variables que son proporcionales entre sí, se llevaron a cabo mediante el método de “*los mínimos cuadrados o coeficiente de correlación de Pearson*”, de manera que la pendiente de la línea de regresión indica la magnitud o intensidad de la correlación.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete integrado “*Statistica*” versión 4.5. para Windows (Statsoft, Tulsa, EEUU).

4. RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS CINEANTROPOMÉTRICOS DE LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA.

Se ha llevado a cabo el análisis de la composición corporal y el fraccionamiento del peso corporal de la población militar estudiada, mediante el método indirecto según el modelo tetracompartimental descrito en los estudios de Matiegka (1922), citado por Drinkwater y Ross (1980), y cuya metodología emplea el análisis de regresión entre los distintos componentes.

Se recogen en la tabla 1 y 2 los parámetros medidos para el grupo de soldados masculinos (n=19) y para el grupo de soldados femeninos (n=8).

σ (n=19)	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
EDAD (años)	21.2	0.4	19.0	27.0
PESO (kg)	72.8	2.9	54.0	104.0
TALLA (cm)	174.7	1.5	164.0	188.0
IMC(kg/cm²)	23.86	0.5	22.1	24.5
PESO GRASO (kg)	9.7	0.4	8.6	12.4
% GRASA (%)	15.9	0.2	10.3	22.1
PESO MUSCULAR (kg)	37.4	0.3	36.5	39.2
% MUSCULAR (%)	46.6	0.4	44.8	48.7

TABLA 1. Valores cineantropométricos de los soldados masculinos. (n=tamaño muestra)

ρ (n=8)	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
EDAD (años)	20.6	0.3	20	22
PESO (kg)	62.1	2.4	54.7	77
TALLA (cm)	161.9	0.8	157.4	165.2
IMC (kg/cm²)	23.7	0.4	21.1	26.3
PESO GRASO (kg)	15.6	0.5	14.3	18.6
% GRASA (%)	27.3	0.3	23.2	31.5
PESO MUSCULAR	33.8	0.5	29.8	35.2
% MUSCULAR (%)	42.8	0.2	40.2	44.4

TABLA 2. Valores cineantropométricos de los soldados femeninos. (n=tamaño muestra)

En las tablas anteriores se recogen los datos de peso corporal total expresado en kg y la talla expresada en cm, así como los datos del índice de masa corporal (IMC) que relaciona el peso y la talla. Este índice puede verse afectado más que por el acúmulo de grasa, por otros factores como el exceso de peso óseo, el marcado desarrollo muscular e incluso por un excesivo volumen plasmático (Mc Ardle, 1990). También se recogen los datos del

peso graso tanto en términos absolutos (kg) como en términos relativos al peso corporal (%). Finalmente se recogen los valores del peso muscular tanto en términos absolutos (kg) como en términos relativos al peso total (%). Para comparar los datos cineantropométricos de la población masculina y femenina se presenta la tabla 3.

SOMATOMETRÍA		MEDIA	E.E.M.	“p”
EDAD (años)	σ	21.2	0.4	n.s.
	φ	20.6	0.3	
PESO (kg)	σ	72.8	2.9	*
	φ	62.1	2.4	
TALLA (cm)	σ	174.7	1.5	***
	φ	161.9	0.8	
IMC (kg/cm²)	σ	23.86	0.5	n.s.
	φ	23,7	0.4	
PESO GRASO (kg)	σ	9.7	0.4	**
	φ	15.6	0.5	
% GRASA (%)	σ	15.9	0.2	**
	φ	27.3	0.3	
PESO MUSCULAR (kg)	σ	37.4	0.3	n.s.
	φ	33.8	0.5	
% MUSCULAR (%)	σ	46.6	0.4	n.s.
	φ	42.8	0.2	

*TABLA 3. Comparación de los valores somatométricos de los soldados masculinos y femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001*

La comparación de los datos derivados del análisis de la composición corporal de los soldados masculinos (n=19) y femeninos (n=8), se recogen en la tabla 3. En ella se observan diferencias significativas (p<0.05) en el peso corporal total comprobándose que es un 14.7% menor en los soldados femeninos. Por otra parte en este estudio de la composición corporal, también se observan diferencias significativas (p<0.01) en los valores de peso graso tanto en términos absolutos como relativos siendo un 11.4% mayor en mujeres. Finalmente, se observan diferencias muy significativas (p<0.001) en la talla con valores superiores a favor de los soldados masculinos de 12.8 cm.

4.2. PARÁMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS MÁXIMOS DE LA INTENSIDAD DEL ESFUERZO Y DE LAS CAPACIDADES DE TRABAJO FÍSICO DE LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA.

Los militares que han participado en nuestro estudio, son soldados profesionales que procedían de realizar una reciente misión internacional de paz en Bosnia con una edad media de 21.2 años en los varones y de 20.6 años en las mujeres. Todos habían realizado una fase específica de entrenamiento físico militar de dos meses de duración a partir de su incorporación al ejército. Por ello, antes de ser sometidos al análisis del gasto energético que conlleva la simulación en tapiz rodante de una maniobra de combate, se realizó una prueba de esfuerzo máxima en tapiz rodante, atendiendo a una protocolo continuo y progresivo hasta el agotamiento para conocer su capacidad de trabajo físico.

	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
EDAD (años)	21.2	0.4	19.0	27.0
PESO (kg)	72.8	2.9	54.0	104.0
TALLA (cm)	174.7	1.5	164.0	188.0
VO₂máx (ml/min)	3677.9	101.7	2980.0	4576.0
VO₂máx (ml/kg/min)	51.9	1.2	41.8	62.6
VCO₂ (ml/min)	3851.7	110.1	3086.0	4785.0
RER	1.1	0.0	1.0	1.5
FCmáx (p.p.m.)	194.2	1.9	181.0	208.0
VE_{máx} (l/min)	136.5	3.4	107.6	174.8

TABLA 4. Valores ergoespirométricos máximos obtenidos con los soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
EDAD (años)	20.6	0.3	20	22
PESO (kg)	62.1	2.4	54.7	77
TALLA (cm)	161.9	0.8	157.4	165.2
VO₂máx (ml/min)	3110.3	43.9	2855.3	3303.3
VO₂máx (ml/kg/min)	50.4	1.3	42.9	55.9
VCO₂ (ml/min)	3222.9	498.5	181.6	5110.0
RER	1.1	0.0	1.0	1.2
FCmáx (p.p.m.)	184	0.84	180.0	188.0
VE_{máx} (l/min)	140.9	7.3	107.0	178.3

TABLA 5. Valores ergoespirométricos máximos obtenidos con los soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En las tablas 4 y 5 se recogen los parámetros ergoespirométricos máximos de la intensidad del esfuerzo y de las capacidades de trabajo físico obtenidos en la prueba de esfuerzo maximal de los grupos de soldados masculinos y femeninos. En ellas se expresan los datos de consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx) expresado tanto en términos absolutos (ml/min), como en términos relativos al peso corporal (ml/kg/min), así como la relación de intercambio respiratorio máxima (RER). También se recogen los valores de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada durante la prueba (FCmáx), la producción de CO_2 expresado en valores absolutos (ml/min) y la ventilación máxima expresada en litros/min (VEmáx). Para comparar los datos ergoespirométricos máximos de la población masculina y femenina se presenta la tabla 6.

TEST MÁXIMO		MEDIA	E.E.M.	“p”
EDAD (años)	σ	21.2	0.4	n.s.
	φ	20.6	0.3	
PESO (kg)	σ	72.8	2.9	*
	φ	62.1	2.4	
TALLA (cm)	σ	174.7	1.5	***
	φ	161.9	0.8	
VO_2 máx (ml/min)	σ	3677.9	101.7	**
	φ	3110.3	43.9	
VO_2 máx (ml/kg/min)	σ	51.9	1.2	n.s.
	φ	50.4	1.3	
VCO_2 (ml/min)	σ	3851.7	110.1	n.s.
	φ	3222.9	498.5	
RER	σ	1.1	0.0	n.s.
	φ	1.1	0.0	
FCmáx (p.p.m.)	σ	194.2	1.9	*
	φ	184	6.6	
VEmáx (l/min)	σ	136.5	3.4	n.s.
	φ	140.9	7.3	

TABLA 6. Comparación de los valores ergoespirométricos máximos de los soldados masculinos y femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *= $p<0.05$; **= $p<0.01$; ***= $p<0.001$

En esta tabla 6 se recogen los valores ergoespirométricos máximos de la prueba de esfuerzo comparando los datos de los soldados masculinos y femeninos. Como es lógico en ella se observan diferencias significativas ($p<0.05$) en el peso corporal con un peso superior entre los soldados masculinos así como en los valores del consumo de oxígeno en términos absolutos, y no en términos relativos al peso corporal ($p<0.01$). También se observan diferencias muy significativas ($p<0.001$) en la talla con valores superiores a favor de los

soldados masculinos de 12.8 cm. Finalmente también son significativos los valores de la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo siendo más elevadas en el soldado varón y alcanzando un 97.6% de la cifra de frecuencia cardiaca máxima teórica (220-edad). Entre los soldados femeninos la cifra de frecuencia cardiaca supone un 85.5% de la frecuencia cardiaca máxima teórica es decir un 12.1% menor que los varones.

4.3. PARÁMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS A NIVEL DE DEL UMBRAL ANAERÓBICO DE LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA.

Los valores ergoespirométricos a nivel del umbral anaeróbico de la población militar estudiada en nuestra tesis se expresan en las tablas 7 y 8.

	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂-UAn (ml/min)	3278.9	93.9	2657.0	4049.0
VO₂- UAn (ml/kg/min)	46.9	1.3	36.4	59.6
%VO₂máx- UAn (%)	90.7	83.8	97.3	0.7
VCO₂- UAn (ml/min)	3243.6	97.4	2537.0	4157.0
RER- UAn	1.0	0.0	0.8	1.1
FC- UAn (p.p.m.)	181.3	1.8	169.0	196.0
VE- UAn (l /min)	105.2	3.0	77.8	133.2
VE/VO₂-UAn	32.3	0.9	24.6	38.3
VE/VCO₂-UAn	32.6	0.7	26.6	38.5
METS-UAn	13.3	0.4	10.2	16.9
FR- UAn (r.p.m.)	43.6	1.7	32.0	55.0
Vt - UAn (ml/min)	2458.1	86.9	1953.0	3184.0

TABLA 7. Valores ergoespirométricos a nivel del umbral obtenidos con los soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂- UAn (ml/min)	2721.8	66.4	2352.1	3003.0
VO₂-UAn (ml/kg/min)	44.0	0.9	39.0	47.0
%VO₂máx-UAn (%)	85.7	1.8	74.5	90.9
VCO₂-UAn (ml/min)	3587.0	122.7	2938.0	4103.0
RER-UAn	1.0	0.0	0.9	1.0
FC-UAn (p.p.m.)	171.4	1.7	163.0	180.0
VE-UAn (l /min)	113.9	2.5	101.3	128.1
VE/VO₂-UAn	31.2	0.5	27.8	33.1
VE/VCO₂-UAn	32.0	0.7	27.6	34.5
METS-UAn	14.3	0.2	13.2	15.4
FR-UAn (r.p.m.)	52.3	3.4	31.0	63.0
Vt-UAn (ml/min)	2360.8	202.3	1693.0	3600.0

TABLA 8. Valores ergoespirométricos a nivel del umbral obtenidos con los soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En estas tablas 7 y 8 se recogen los datos en el umbral anaeróbico del consumo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{-UAn}$) expresado tanto en términos absolutos (ml/min), como en términos relativos al peso corporal (ml/kg/min), así como el porcentaje de consumo de oxígeno correspondiente a la intensidad definida como umbral anaeróbico respecto al consumo máximo de oxígeno obtenido en la misma prueba de esfuerzo maximal ($\%\text{VO}_2\text{-UAn}$). También se expresa la relación de intercambio respiratorio (RER) y los valores de la frecuencia cardíaca alcanzada en el umbral (FC-UAn), la producción de anhídrido carbónico ($\text{VCO}_2\text{-UAn}$) expresado en valores absolutos (ml/min) y la ventilación expresada en litros/min (VE-UAn). También se recogen en esta tabla los valores del equivalente ventilatorio de oxígeno ($\text{VE}/\text{VO}_2\text{-UAn}$) y las cifras del equivalente ventilatorio de anhídrido carbónico ($\text{VE}/\text{VCO}_2\text{-UAn}$). Finalmente se describen los valores del equivalente metabólico (METS), de la frecuencia respiratoria (FR-UAn) y del volumen tidal o circulante (Vt-UAn).

UMBRAL ANAERÓBICO		MEDIA	E.E.M.	"p"
$\text{VO}_2\text{-UAn}$ (ml/min)	σ	3278.9	93.9	***
	φ	2721.8	66.4	
$\text{VO}_2\text{-UAn}$ (ml/kg/min)	σ	46.9	1.3	n.s.
	φ	44.0	0.9	
$\%\text{VO}_2\text{máx-UAn}$ (%)	σ	90.7	83.8	*
	φ	85.7	1.8	
$\text{VCO}_2\text{-UAn}$ (ml/min)	σ	3243.6	97.4	n.s.
	φ	3587.0	122.7	
RER-UAn	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.0	0.0	
FC-UAn (p.p.m.)	σ	181.3	1.8	***
	φ	171.4	1.7	
VE-UAn (l/min)	σ	105.2	3.0	n.s.
	φ	113.9	2.5	
$\text{VE}/\text{VO}_2\text{-UAn}$	σ	32.3	0.9	n.s.
	φ	31.2	0.5	
$\text{VE}/\text{VCO}_2\text{-UAn}$	σ	32.6	0.7	n.s.
	φ	32.0	0.7	
METS-UAn	σ	13.3	0.4	*
	φ	14.3	0.2	
FR-UAn (r.p.m.)	σ	43.6	1.7	*
	φ	52.3	3.4	
Vt-UAn (ml/min)	σ	2458.1	86.9	n.s.
	φ	2360.8	202.3	

TABLA 9. Comparación de los valores ergoespirométricos a nivel del umbral de los soldados masculinos y femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación "p": n.s. = no significativa; *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

En esta tabla 9 se recogen los valores ergoespirométricos correspondientes a la intensidad definida como umbral anaeróbico comparando los datos de los soldados masculinos y soldados femeninos. Se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno (% VO_2 -UAn) al cual se identifica la intensidad definida como umbral anaeróbico, y que corresponde al grado de resistencia aeróbica que poseen; también se observan diferencias en el equivalente metabólico (METS-UAn) y en la frecuencia respiratoria (FR-UAn). Por otra parte, se observan diferencias muy significativas ($p < 0.001$) en el consumo de oxígeno en valores absolutos (VO_2 -UAn), así como en los valores de la frecuencia cardíaca (FC-UAn). Estas cifras de frecuencia cardíaca son más elevadas en el soldado varón y alcanzan un 91.1% de la cifra de frecuencia cardíaca máxima teórica, mientras que en los soldados femeninos la cifra de frecuencia cardíaca supone un 85.9% de la frecuencia máxima teórica.

Como se aprecia se muestran diferencias muy significativas en la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico entre los soldados masculinos y femeninos, siendo del orden de un 5.4% mayor en los varones, mientras que no ocurre lo mismo en los valores de VO_2 relativos al peso corporal (figura 1), aunque si son claramente significativos en términos absolutos y mayor aún cuando se refieren al porcentaje de VO_2 al cual corresponde el umbral anaeróbico (del orden de 17.0%) (figura 2).

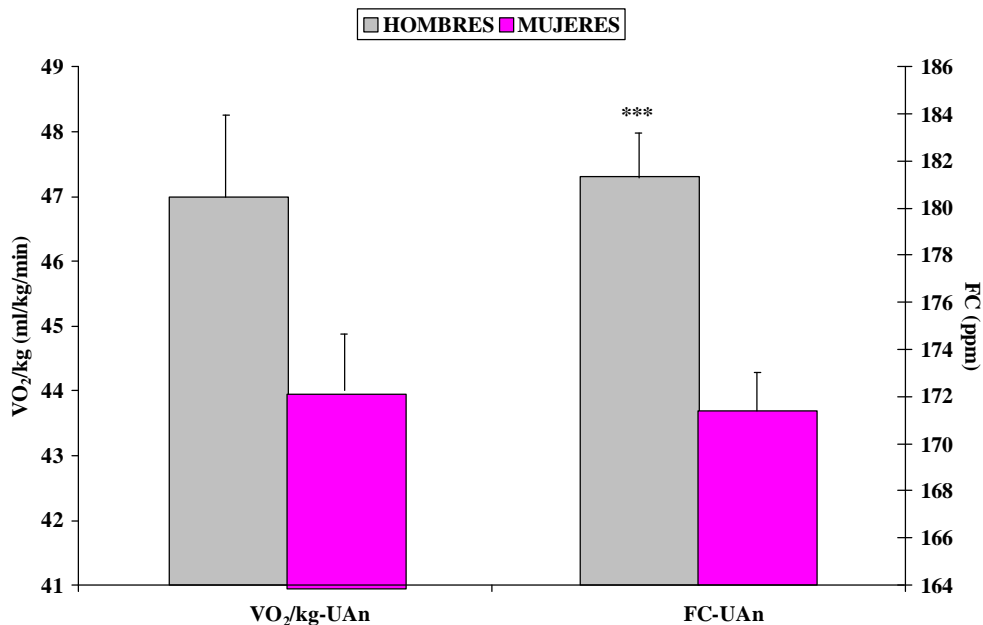


FIGURA 1. Valores de consumo de oxígeno relativos al peso corporal y frecuencia cardíaca en el umbral anaeróbico. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación "p": n.s. = no significativa; *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

4. Resultados

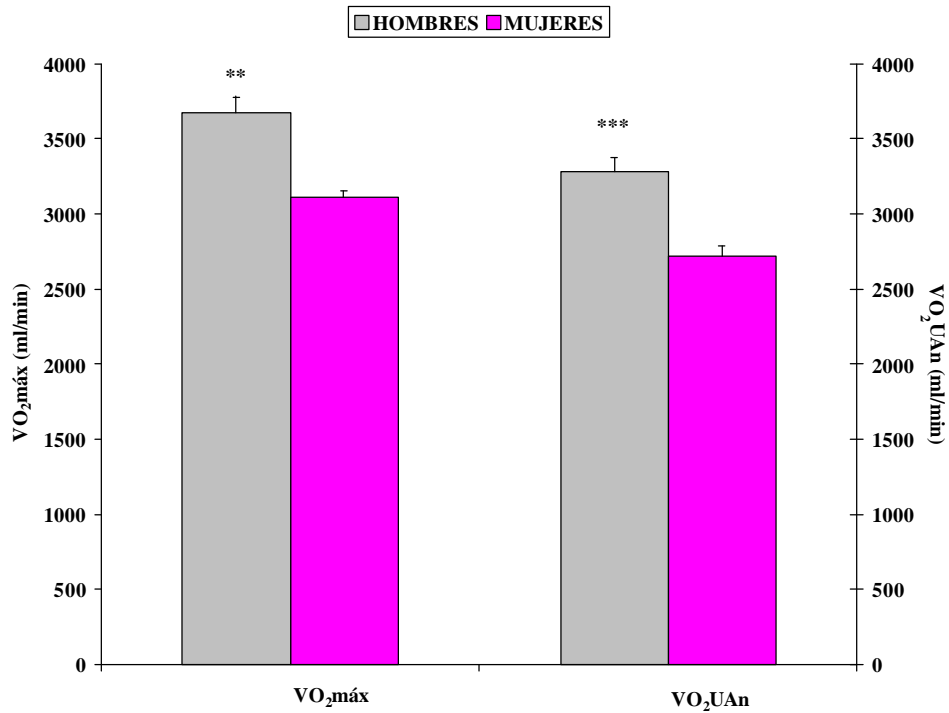


FIGURA 2. Valores de consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) y consumo de oxígeno en el umbral respecto al consumo máximo de oxígeno (VO₂UAn). Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s. = no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001

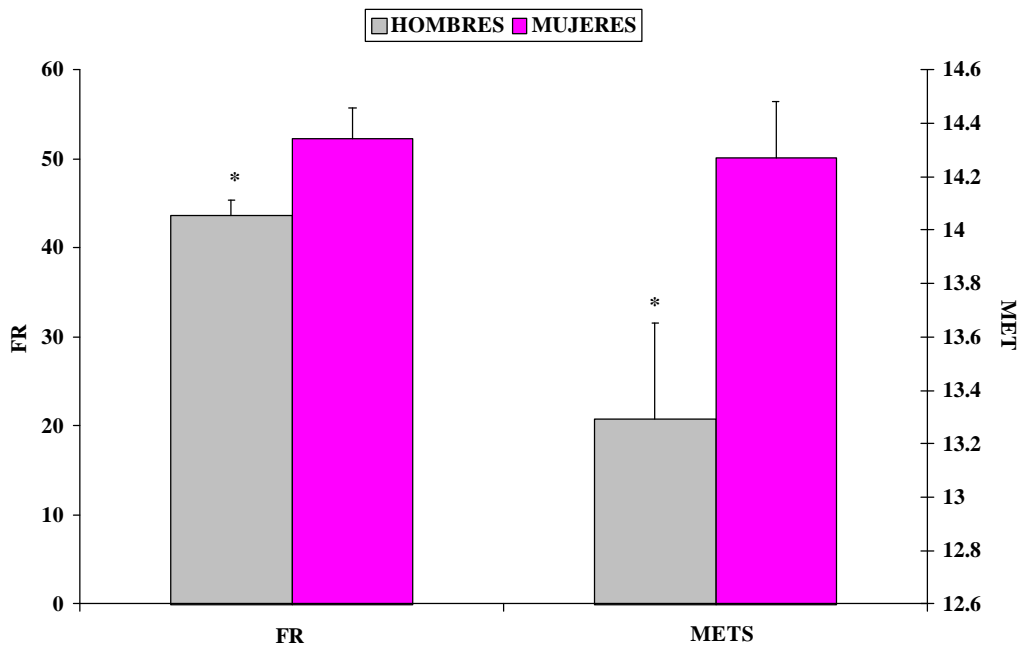


FIGURA 3. Valores de la frecuencia respiratoria (FR) y equivalente metabólico (METS), en el umbral anaeróbico. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s. = no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001

Estos valores de umbral anaeróbico tan próximos a los valores máximos nos inducen a pensar que los soldados del estudio presentan poca capacidad anaeróbica y escasa capa-

idad de sufrimiento durante el esfuerzo cuando se alcanza y supera ésta intensidad crítica. Estas diferencias significativas se mantienen en la capacidad de trabajo físico referida, en los equivalentes metabólicos del esfuerzo (del orden de 1 MET) y en el patrón respiratorio representado por la frecuencia respiratoria (del orden de 8.7 respiraciones más por minuto en la intensidad referida como umbral anaeróbico) (Figura 3), lo que nos inclina a pensar en la existencia de un diferente costo energético a dicha intensidad de esfuerzo exponente de la resistencia aeróbica que poseen y de la predisposición orgánica para aguantar el esfuerzo estudiado.

4.4. PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS MÁXIMOS DE LA INTENSIDAD DEL ESFUERZO Y DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO DE LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA.

Con el objeto de descartar la existencia de procesos patológicos respiratorios en estos soldados profesionales se efectuó una espirometría previa a la prueba de esfuerzo que además permitía la valoración de la función pulmonar de los soldados que desarrollan la maniobra protocolizada que simula en un tapiz rodante el modo de combate de una compañía de infantería ligera.

Por ello, al margen de la valoración de todos los parámetros ergoespirométricos estudiados en las tablas anteriores, se han cuantificado los parámetros espirométricos para el grupo de soldados masculinos y para el grupo de soldados femeninos y que son reflejados en las tablas 10 y 11.

	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
FVC	5.1	0.2	3.9	6.8
FEV1	4.4	0.1	3.56	5.6
FEV1%	86.3	2	71	100
PEF	9.2	0.4	4.8	12.1
FEF 50	5.3	0.4	3.5	9.6
FEF 75	2.9	0.3	1.4	7.7
FEF 25-75	4.9	0.3	3.2	8.7
FET	2.1	0.2	0.9	3.9
FIVC	4.8	0.2	3.4	6.1
FIV1	4.6	0.2	3.1	6.1
PIF	6.3	0.4	3.2	9.6
FEF 25	7.4	0.3	4.2	10.3

TABLA 10. Valores espirométricos obtenidos con los soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
FVC	4.5	0.1	4	5
FEV1	4.1	0.1	3.6	4.6
FEV1%	90.5	1.1	84.7	95.5
PEF	9.6	0.5	7.9	12.5
FEF 50	5.8	0.3	4.4	7.1
FEF 75	2.6	0.1	2	3.4
FEF 25-75	5.4	0.3	4.2	6.8
FET	2.1	0.1	1.3	2.5
FIVC	4.1	0.1	3.4	4.8
FIV1	4.1	0.1	3.4	4.8
PIF	7.1	0.7	3.6	10.5
FEF 25	8.7	0.4	7.1	11.2

TABLA 11. Valores espirométricos obtenidos con los soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos).

En estas tablas, se recogen los datos de la capacidad vital forzada (FVC), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) o volumen espirado máximo en 1 segundo (VEMS), la relación porcentual entre la capacidad vital forzada y el volumen máximo espirado en el primer segundo o índice de Tiffeneau (FEV1/FVC) que valora la existencia de problemas pulmonares de tipo obstructivo o restrictivo. También se expresan los parámetros de flujo máximo o pico de flujo espiratorio (PEF), el flujo espirado en el 50% de la capacidad vital forzada (FEF 50), el flujo espirado en el 75% de la capacidad vital forzada (FEF 75) y el flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% (FEF 25-75). Finalmente se recogen los valores del flujo espiratorio total (FET), la capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC), el volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV1), el pico de flujo inspiratorio (PIF) y el flujo espiratorio forzado en el 25% (FEF 25).

Con todos estos datos, en la tabla 12 se describen las diferencias significativas entre ambos sexos ($p < 0.05$) en la capacidad vital forzada (FVC), en la capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC) y en los valores del volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV1), mientras que no existían diferencias en el resto de parámetros analizados. Estas diferencias están posiblemente vinculadas a la mayor capacidad torácica que presentan los soldados masculinos como muestran los datos cineantropométricos, los cuales indican una mayor robustez entre los soldados masculinos, que se traduce en unos valores más elevados de esos parámetros respiratorios.

ESPIROMETRÍA		MEDIA	E.E.M.	“p”
FVC	σ	5.1	0.2	*
	φ	4.5	0.1	
FEV1	σ	4.4	0.1	n.s.
	φ	4.1	0.1	
FEV1%	σ	86.3	2	n.s.
	φ	90.5	1.1	
PEF	σ	9.2	0.4	n.s.
	φ	9.6	0.5	
FEF 50	σ	5.3	0.4	n.s.
	φ	5.8	0.3	
FEF 75	σ	2.9	0.3	n.s.
	φ	2.6	0.1	
FEF 25-75	σ	4.9	0.3	n.s.
	φ	5.4	0.3	
FET	σ	2.1	0.2	n.s.
	φ	2.1	0.1	
FIVC	σ	4.8	0.2	*
	φ	4.1	0.1	
FIV1	σ	4.6	0.2	*
	φ	4.1	0.1	
PIF	σ	6.3	0.4	n.s.
	φ	7.1	0.7	
FEF 25	σ	7.4	0.3	n.s.
	φ	8.7	0.4	

TABLA 12. Comparación de los valores espirométricos de los soldados masculinos y femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos.

Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *= $p<0.05$; **= $p<0.01$; ***= $p<0.001$

4.5. PARÁMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS INDICADORES DE INTENSIDAD DE ESFUERZO Y CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO PARA LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA, DURANTE LA FASE 0 DE LA MANIOBRA PROTOCOLIZADA QUE SIMULA EL MODO DE COMBATE.

Durante la fase 0 del test los soldados permanecen en reposo basal y bipedestación con el equipo completo puesto. En este período, que tiene una duración de 3 minutos, el soldado se encuentra con las seis derivaciones electrocardiográficas y con la máscara y tubo coarrugado fijado a la cabeza, con el uniforme de campaña, la mochila, el portaequipo de combate, el chaleco y el armamento.

En las tablas 13 y 14 se recogen los parámetros ergoespirométricos de la intensidad del esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico para el grupo de soldados masculinos y para el grupo de soldados femeninos, objeto de estudio, durante la fase 0 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate.

En esta situación basal, o fase 0, se recogen todos los parámetros ergoespirométricos que definen la situación de partida del coste energético que representa el llevar el equipo de combate y que son los mismos que los analizados durante la prueba de esfuerzo máxima, y que posteriormente se analizarán en cada una de las siguientes fases de la maniobra protocolizada de la simulación del combate.

FASE 0	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂ (ml/min)	301.3	27.4	158.2	677.5
VO₂/Kg (ml/kg/min)	5.8	1.2	2.3	24.4
%VO₂ máx(%)	11.5	2.3	4.3	46.9
VCO₂ (ml/min)	272.3	29.9	137	682.5
RER	0.9	0.01	0.8	1
METS	1.2	0.1	0.6	2.2
FC (p.p.m.)	88.9	2.4	74.4	115.8
FR (r.p.m.)	19.8	0.8	13.2	25
VE (l/min)	15.5	0.6	11.6	21.4
Vt (ml/min)	784.7	72.1	538.5	2015.5
VE/VO₂	53.7	2.9	35	76
VE/VCO₂	60.9	3.3	42.5	88.5

TABLA 13. Valores ergoespirométricos obtenidos con los soldados masculinos en la fase 0 de la maniobra protocolizada de combate. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

FASE 0	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂ (ml/min)	214.8	17.4	146.6	314.4
VO₂/Kg (ml/kg/min)	3.4	0.2	2.4	4.2
%VO₂ máx(%)	6.8	0.5	4.6	9.6
VCO₂ (ml/min)	183.7	12.8	131.2	256
RER	0.9	0.01	0.8	0.9
METS	0.9	0.1	0.7	1.2
FC (p.p.m.)	88.8	1.9	80.2	98.6
FR (r.p.m.)	18.7	0.9	14.	231.4
VE (l/min)	10.6	0.85	8.4	14.5
Vt (ml/min)	576.4	39.5	430.5	820.5
VE/VO₂	53.1	3.6	37.5	73
VE/VCO₂	60.5	3.6	46.5	81

TABLA 14. Valores ergoespirométricos obtenidos con los soldados femeninos en la fase 0 de la maniobra protocolizada de combate. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

Para expresar las diferencias metabólicas en la posición de partida, entre la población masculina y femenina durante la fase 0, en la tabla 15 se presentan todos los valores ergoespirométricos y las diferencias significativas ($p < 0.05$) encontradas entre ambos sexos y que corresponden a los valores de consumo de oxígeno (VO_2) expresados en términos absolutos (ml/min) del orden de un 28.8% mayor en los varones, pero no cuando se expresan en términos relativos al peso corporal. También se encuentran diferencias en la producción de anhídrido carbónico (VCO_2). Finalmente, también aparecen diferencias significativas ($p < 0.05$) en los valores del volumen tidal (V_t), del orden de 208 ml (es decir, un 26.6% mayor en los soldados masculinos), posiblemente ligados a los índices de robustez comentados y a la capacidad vital.

FASE 0		MEDIA	E.E.M.	“P”
VO₂ (ml/min)	σ	301.3	27.4	*
	φ	214.8	17.4	
VO₂/Kg (ml/kg/min)	σ	5.8	1.2	n.s.
	φ	3.4	0.2	
%VO₂ máx(%)	σ	11.5	2.3	n.s.
	φ	6.8	0.5	
VCO₂ (ml/min)	σ	272.3	29.9	*
	φ	183.7	12.8	
RER	σ	0.9	0.01	n.s.
	φ	0.9	0.01	
METS	σ	1.2	0.1	n.s.
	φ	0.9	0.1	
FC (p.p.m.)	σ	88.9	2.4	n.s.
	φ	88.8	1.9	
FR (r.p.m.)	σ	19.8	0.8	n.s.
	φ	18.7	0.9	
VE (l/min)	σ	15.5	0.68	n.s.
	φ	10.6	0.85	
Vt (ml/min)	σ	784.7	72.1	*
	φ	576.4	39.5	
VE/VO₂	σ	53.7	2.9	n.s.
	φ	53.1	3.6	
VE/VCO₂	σ	60.9	3.3	n.s.
	φ	60.5	3.6	

TABLA 15. Comparación de los valores ergoespirométricos de los soldados masculinos y femeninos obtenidos durante la fase 0 de la maniobra simulada.

Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

4.6. MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DE ESFUERZO Y LA CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO PARA LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA, DURANTE LA FASE 1 DE LA MANIOBRA PROTOCOLIZADA QUE SIMULA EL MODO DE COMBATE.

4.6.1. Valoración del esfuerzo en recorrer 1000 metros con el equipo de combate.

En la tabla 16 y 17 se recogen los parámetros ergoespirométricos de la intensidad del esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico para el grupo de soldados masculinos y femeninos, durante la fase 1 del test que simula la maniobra protocolizada del combate, y en la cual el soldado recorre 1000 metros con el equipo de combate sobre el tapiz rodante a una velocidad controlada de 5 km por hora conectado al analizador de gases y al electrocardiógrafo.

FASE 1	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO ₂ (ml/min)	1529.4	81.8	1076.5	2266.0
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	21.2	1.0	15.9	30.6
%VO ₂ máx(%)	40.1	2.1	25.6	52.7
VCO ₂ (ml/min)	1413.2	84.8	956.7	2257.2
RER	0.9	0.0	0.9	1.0
METS	6.0	0.2	4.5	8.0
FC (p.p.m.)	130	2.8	112	149.2
FR (r.p.m.)	30.5	1.1	22.6	39.7
VE (l/min)	47.1	0.9	44.3	54.6
Vt (ml/min)	1572.2	64.1	1146.2	2080.1
VE/VO ₂	32.1	1.0	24.0	38.1
VE/VCO ₂	34.1	1.1	26.1	42.0

TABLA 16. Valores ergoespirométricos obtenidos con los soldados masculinos en la fase 1 de la simulación. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

FASE 1	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO ₂ (ml/min)	1395.2	97.9	980.3	1844.8
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	19.5	0.4	17.5	21.6
%VO ₂ máx(%)	38.5	2.0	31.3	50.3
VCO ₂ (ml/min)	1118.2	47.7	921.2	1406.2
RER	0.9	0.0	0.8	1.0
METS	5.6	0.1	5.0	6.1
FC (p.p.m.)	150	3.3	134.8	169.1
FR (r.p.m.)	25.8	1.5	18.8	32.0
VE (l/min)	36.2	1.4	31.8	41.9
Vt (ml/min)	1412.6	104.1	1153.9	2086.0
VE/VO ₂	29.1	1.2	23.3	35.0
VE/VCO ₂	31.4	0.9	27.8	36.7

TABLA 17. Valores ergoespirométricos obtenidos con los soldados femeninos en la fase 1 de la simulación. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

Se tiene en cuenta en este estudio que el movimiento de una compañía de infantería ligera desde la “zona de reunión” (ZRN) hasta la “base de partida” (BP) se realiza embarcando en vehículos motorizados. La BP, situada aproximadamente entre 1500 y 2000 metros de las posiciones enemigas es considerada como el último punto de coordinación antes del inicio de la maniobra donde se completará el despliegue ofensivo para el ataque propiamente dicho. Desde la BP, a pie, se inicia realmente el ataque, dividido en 4 fases, que hemos hecho coincidir con las 4 fases de la maniobra de simulación realizada. Durante la fase 1 del test el soldado recorre 1000 metros con el equipo de combate a una velocidad controlada de 5 km por hora. En esta fase, equivalente a la fase I que realiza la compañía de infantería ligera, se estudian los valores fisiológicos alcanzados durante este tramo de 1000 metros recorridos a un ritmo de marcha rápida variable dependiendo de la irregularidad del terreno y de la intensidad del fuego enemigo.

En las tablas 16 y 17 se monitorizan los mismos parámetros fisiológicos, metabólicos, ventilatorios y cardiológicos que en la fase anterior, y que en el resto de las fases de la maniobra protocolizada de combate, con el objeto de analizar el costo energético y el porcentaje de participación del metabolismo aeróbico en la misma, tanto para los soldados masculinos como femeninos.

FASE 1		MEDIA	E.E.M.	“P”
VO ₂ (ml/min)	σ	1529.4	81.8	n.s.
	φ	1395.2	97.9	
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	21.2	1.0	n.s.
	φ	19.5	0.4	
%VO ₂ máx(%)	σ	40.1	2.1	n.s.
	φ	38.5	2.0	
VCO ₂ (ml/min)	σ	1413.2	84.8	*
	φ	1118.2	47.7	
RER	σ	0.9	0.0	n.s.
	φ	0.9	0.0	
METS	σ	6.0	0.2	n.s.
	φ	5.6	0.1	
FC (p.p.m.)	σ	130	2.8	n.s.
	φ	150	3.3	
FR (r.p.m.)	σ	30.5	1.1	*
	φ	25.8	1.5	
VE (l/min)	σ	47.1	0.9	n.s.
	φ	36.2	1.4	
Vt (ml/min)	σ	1572.2	64.1	n.s.
	φ	1412.6	104.1	
VE/VO ₂	σ	32.1	1.0	n.s.
	φ	29.1	1.2	
VE/VCO ₂	σ	34.1	1.1	n.s.
	φ	31.4	0.9	

TABLA 18. Comparación de los valores ergoespirométricos de los soldados masculinos y femeninos obtenidos durante la fase 1 de la simulación. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *= $p<0.05$; **= $p<0.01$; ***= $p<0.001$

En esta tabla 18 se recogen los valores ergoespirométricos durante la fase 1 comparando los valores obtenidos entre los soldados masculinos y femeninos. Prácticamente no se observan diferencias significativas entre ambos sexos, salvo en la producción de anhídrido carbónico (VCO_2) y en los valores de la frecuencia respiratoria (FR).

4.6.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo de recorrer 1000 metros con el equipo de combate.

Resulta muy importante para optimizar el rendimiento del soldado en el combate cuantificar los parámetros fisiológicos indicadores de la capacidad de recuperación de cada una de las fases de esfuerzo que integran la maniobra protocolizada de simulación del combate. Por ello en las tablas 19 y 20 se recogen los parámetros ergoespirométricos y cardiológicos en reposo para el grupo de soldados masculinos y femeninos, obtenidos durante la recuperación en bipedestación y sobre el tapiz rodante de la fase 1 del test en la cual el soldado permanece en reposo y conectado al analizador de gases y al electrocardiógrafo durante tres minutos. Este período se aprovecha para ajustar la ropa y el equipo que como consecuencia de los movimientos que implica la fase 1, se han desajustado. En estas tablas se presentan las variables monitorizadas en el primer minuto (R-1) y en el tercer minuto de la recuperación (R-3) de la fase 1 de la maniobra simulada de combate.

RECUPERACIÓN FASE 1	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	892.6	66.3	558.0	1501.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	12.5	1.0	7.7	25.0
R-1-%VO₂ máx(%)	24.0	1.7	14.9	43.3
R-1-FC (p.p.m.)	124.4	3.5	101.5	149.0
R-1-VE (l/min)	38.7	2.1	26.0	53.9
R-3-VO₂ (ml/min)	419.0	38.8	206.0	781.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	6.0	0.6	2.4	13.0
R-3-%VO₂ máx(%)	11.5	1.2	4.5	22.5
R-3-FC (p.p.m.)	111.8	2.9	90.0	140.5
R-3-VE (l/min)	21.8	1.5	14.7	40.4

TABLA 19. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 1 de esfuerzo de la simulación de maniobra de combate en soldados masculinos.

Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

RECUPERACIÓN FASE 1	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	781.8	44.8	517.0	978.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	12.7	0.9	9.3	17.9
R-1-%VO₂ máx(%)	24.8	1.4	16.6	31.0
R-1-FC (p.p.m.)	138.8	5.5	114.0	171.0
R-1-VE (l/min)	26.0	2.0	18.8	37.4
R-3-VO₂ (ml/min)	301.0	23.5	163.0	390.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	4.8	0.3	3.0	6.0
R-3-%VO₂ máx(%)	9.5	0.7	5.2	11.8
R-3-FC (p.p.m.)	117.6	1.8	112.0	129.0
R-3-VE (l/min)	14.7	0.6	11.9	17.1

TABLA 20. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 1 de esfuerzo de la simulación de maniobra de combate en soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En estas tablas 19 y 20 se recogen los resultados obtenidos durante el período de recuperación de la fase 1 de la maniobra protocolizada de simulación de combate en tapiz rodante en cuanto a los valores de consumo de oxígeno en el primer minuto (R-1-VO₂) y en el tercer minuto (R-3-VO₂) de la misma, expresado en términos absolutos (ml/min), estando el soldado en reposo y bipedestación. También se expresan los valores de consumo de oxígeno en términos relativos al peso corporal (ml/kg/min) en ese primer minuto (R-1-VO₂/Kg) y tercer minuto (R-3-VO₂/Kg) de la recuperación, así como los valores de frecuencia cardíaca monitorizados tanto en ese primer minuto (R-1-FC) como en el tercer minuto (R-3-FC). También se refleja en esta tabla el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno observado en el primer minuto (R-1-%VO₂), así como en el tercer minuto de la recuperación (R-3-%VO₂). Finalmente se detallan los valores de ventilación, expresados en litros/min, obtenidos tanto en el primer (R-1-VE) como en el tercer minuto (R-3-VE) de la recuperación.

RECUPERACIÓN FASE 1		MEDIA	E.E.M.	“p”
R-1-VO ₂ (ml/min)	σ	892.6	66.3	n.s.
	φ	781.8	44.8	
R-1-VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	12.5	1.0	n.s.
	φ	12.7	0.9	
R-1-%VO ₂ máx(%)	σ	24.0	1.7	n.s.
	φ	24.8	1.4	
R-1-FC (p.p.m.)	σ	124.4	3.5	*
	φ	138.8	5.5	
R-1-VE (l/min)	σ	38.7	2.1	***
	φ	26.0	2.0	
R-3-VO ₂ (ml/min)	σ	419.0	38.8	n.s.
	φ	301.0	23.5	
R-3-VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	6.0	0.6	n.s.
	φ	4.8	0.3	
R-3-%VO ₂ máx(%)	σ	11.5	1.2	n.s.
	φ	9.5	0.7	
R-3-FC (p.p.m.)	σ	111.8	2.9	n.s.
	φ	117.6	1.8	
R-3-VE (l/min)	σ	21.8	1.5	***
	φ	14.7	0.6	

TABLA 21. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 1 de esfuerzo de la simulación de la maniobra de combate en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001.

En esta tabla 21 se recogen los valores metabólicos referidos como VO₂ en términos absolutos o relativos al peso corporal, o expresados en porcentaje respecto de su VO₂máx; ventilatorios, expresados en términos de ventilación (VE) y cardiológicos, manifestados como frecuencia cardiaca (FC) y obtenidos al minuto y tercer minuto del periodo de recuperación de la fase 1 de la maniobra protocolizada de simulación de combate en el tapiz rodante, así como la comparación de los mismos entre los soldados masculinos y femeninos que fueron objeto de estudio. En ella se observan diferencias significativas (p<0.05) entre ambos sexos en los valores de frecuencia cardiaca en el primer minuto de la recuperación (R-1-FC), siendo de 14 p.p.m, es decir, un 9% mayor para los soldados femeninos en este primer minuto, lo que supone que están al 69.6% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, mientras que en los soldados masculinos se encuentran en ese primer minuto al 62.5% de la frecuencia cardiaca máxima teórica. Esta tendencia continúa en el tercer minuto de la recuperación, si bien ya no se presentan diferencias significativas. Por otra parte, también se

observan diferencias muy significativas ($p < 0.001$) en la ventilación, tanto durante el primer minuto (R-1-VE), del orden de 12 l/min (es decir, un 32.9% mayor en los soldados masculinos), como durante el tercer minuto del periodo de recuperación (R-3-VE), que continua siendo significativamente diferente en 7.1 l/min (es decir, un 32.3% mayor en los soldados masculinos). No se han observado diferencias significativas en los parámetros metabólicos referidos al VO_2 ni en términos absolutos, ni relativos ni porcentuales.

4.7. MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DE ESFUERZO Y DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO PARA LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA, DURANTE LA FASE 2 DE LA MANIOBRA PROTOCOLIZADA QUE SIMULA EL MODO DE COMBATE.

4.7.1. Valoración del esfuerzo en recorrer los 250 metros de la fase 2 de la maniobra simulada con el equipo de combate.

A medida que avanza el soldado en la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera, la intensidad del ejercicio se incrementa y la fatiga puede comenzar a aparecer. Por ello, en las tablas 22 y 23 se recogen los parámetros metabólicos, ventilatorios y cardiológicos que definen la intensidad del esfuerzo y la capacidad de trabajo físico desarrollada por el grupo de soldados masculinos y de soldados femeninos, durante la fase 2 de la maniobra protocolizada de la simulación del combate en el tapiz rodante en la cual se realizan 2 períodos de carrera de 100 metros y un período de 50 metros a una velocidad constante de 8 km por hora intercalados por pausas de reposo de 20 seg de la siguiente forma:

- * Distancia de 100 metros a una velocidad de 8 km/h. Corresponde a la serie 1 (S1)
- * Pausa de 20 seg en bipedestación
- * Distancia de 100 metros a una velocidad de 8 km/h. Corresponde a la serie 2 (S2)
- * Pausa de 20 seg en bipedestación
- * Distancia de 50 metros a una velocidad de 8 km/h. Corresponde a la serie 3 (S3)

Esta fase equivale a la fase II que realiza la compañía de infantería ligera y tiene por objeto permitir el acercamiento del personal militar desde los 500 metros a los 250 metros de la línea del enemigo.

FASE 2	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂ (ml/min)	1780.7	108.5	1017.0	2938.2
VO₂/Kg (ml/kg/min)	24.8	1.2	14.5	33.8
%VO₂ máx(%)	48.6	3.0	27.0	70.6
VCO₂ (ml/min)	1739.8	137.5	101.0	2712.5
RER	1.0	0.0	0.9	1.1
METS	7.0	0.3	4.3	9.5
FC (p.p.m.)	149.6	3.3	126.5	171.2
FR (r.p.m.)	32.6	1.2	22.0	41.5
VE (l/min)	59.9	5.2	47.8	63.5
Vt (ml/min)	1846.8	65.4	1289.0	2308.0
VE/VO₂	35.2	1.1	26.3	44.2
VE/VCO₂	34.1	1.1	26.8	42.8

TABLA 22. Valores ergoespirométricos obtenidos con los soldados masculinos en la fase 2 de la maniobra simulada. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

FASE 2	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂ (ml/min)	1476.2	94.5	1196.2	2077.0
VO₂/Kg (ml/kg/min)	23.5	0.7	19.6	27.0
%VO₂ máx(%)	46.5	2.7	37.6	62.9
VCO₂ (ml/min)	1521.7	76.0	1253.4	2000.5
RER	1.1	0.0	1.0	1.2
METS	6.7	0.2	5.6	7.7
FC (p.p.m.)	168.1	2.6	153.6	180.2
FR (r.p.m.)	28.1	1.4	21.0	35.4
VE (l/min)	43.9	3.7	37.3	46.2
Vt (ml/min)	1569.3	145.2	1158.0	2502.5
VE/VO₂	31.8	1.5	25.0	40.4
VE/VCO₂	33.4	2.9	24.8	51.4

TABLA 23. Valores ergoespirométricos obtenidos con los soldados femeninos en la fase 2 de la maniobra simulada. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En estas tablas 22 y 23 se recogen los mismos parámetros fisiológicos, metabólicos, ventilatorios y cardiológicos monitorizados que en todas las fases que constituyen la maniobra protocolizada de combate, con el objeto de analizar el costo energético y el porcentaje de participación del metabolismo aeróbico en los diferentes esfuerzos que integran cada una de las fases tanto para el grupo de soldados masculinos como de soldados femeninos.

FASE 2		MEDIA	E.E.M.	“p”
VO ₂ (ml/min)	σ	1780.7	108.5	n.s.
	φ	1476.2	94.5	
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	24.8	1.2	n.s.
	φ	23.5	0.7	
%VO ₂ máx(%)	σ	48.6	3.0	n.s.
	φ	46.5	2.7	
VCO ₂ (ml/min)	σ	1739.8	137.5	n.s.
	φ	1521.7	76.0	
RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.1	0.0	
METS	σ	7.0	0.3	n.s.
	φ	6.7	0.2	
FC (p.p.m.)	σ	149.6	3.3	**
	φ	168.1	2.6	
FR (r.p.m.)	σ	32.6	1.2	*
	φ	28.1	1.4	
VE (l/min)	σ	59.9	5.2	*
	φ	44.9	3.7	
Vt (ml/min)	σ	1846.8	65.4	*
	φ	1569.3	145.2	
VE/VO ₂	σ	35.2	1.1	n.s.
	φ	31.8	1.5	
VE/VCO ₂	σ	34.1	1.1	n.s.
	φ	33.4	2.9	

TABLA 24. Comparación de los valores ergoespirométricos de los soldados masculinos y femeninos obtenidos durante la fase 2 del test. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001

En esta tabla 24 se comparan los valores ergoespirométricos obtenidos por el grupo de soldados masculinos y femeninos durante la fase 2 mostrándose las diferencias significativas ($p<0.05$) entre ambos sexos observadas, y que corresponden a la frecuencia cardiaca con la que se realiza, que es de 19 p.p.m. mayor en mujeres (un 11.1% mayor), de forma que los valores de frecuencia cardiaca en los soldados femeninos alcanza un 84.3% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, mientras que en los soldados masculinos la frecuencia alcanza el 75.2% de la frecuencia cardiaca máxima teórica. Sin embargo el patrón respiratorio resultó ser significativamente menor para el grupo de soldados femeninos, tanto en lo concerniente a la frecuencia respiratoria (que es un 13.9% menor en número de respiraciones por minuto) como en el volumen tidal o circulante en cada respiración (que es un 15% menor), por lo que la ventilación es significativamente menor (un 25.1%) en este grupo de mujeres soldado.

4.7.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo desarrollado en la fase 2 de la maniobra simulada de combate.

Con el incremento de la intensidad de ejercicio durante la maniobra de ataque es preciso intercalar períodos de descanso que permitan una adecuada recuperación fisiológica en la población militar estudiada. En las tablas 25 y 26 se recogen los parámetros ergoespirométricos en reposo para el grupo de soldados masculinos y femeninos, durante la recuperación de la fase 2 de la maniobra protocolizada en la cual el soldado permanece en reposo y sin hablar durante tres minutos. Se sigue aprovechando este período para ajustar la ropa y el equipo que como consecuencia de los movimientos durante la carrera, se han desajustado. Al igual que en las fases anteriores se controlan las variables monitorizadas durante toda la recuperación y se recogen los valores correspondientes al primer minuto (R-1) y al tercer minuto de la recuperación (R-3).

RECUPERACIÓN FASE 2	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	1000.3	80.7	595.3	1959.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	14.4	1.5	6.9	29.9
R-1-%VO₂ máx(%)	27.6	2.6	12.5	57.5
R-1-FC (p.p.m.)	135.6	3.0	114.5	158.0
R-1-VE (l/min)	42.5	2.3	26.6	62.5
R-3-VO₂ (ml/min)	589.5	56.2	264.0	1145.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	8.4	0.9	3.1	16.4
R-3-%VO₂ máx(%)	16.3	1.7	5.9	31.5
R-3-FC (p.p.m.)	119.6	3.1	95.0	147.0
R-3-VE (l/min)	28.7	2.0	15.6	47.9

TABLA 25. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) de la recuperación de la fase 2 de esfuerzo de la maniobra de combate simulada en soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos).

RECUPERACIÓN FASE 2	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	682.6	59.5	400.3	941.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	11.0	0.9	6.6	15.6
R-1-%VO₂ máx(%)	21.6	1.8	12.6	28.5
R-1-FC (p.p.m.)	142.7	5.3	124.8	175.0
R-1-VE (l/min)	29.2	1.7	23.4	38.8
R-3-VO₂ (ml/min)	347.1	37.9	232.0	588.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	5.5	0.4	4.2	7.6
R-3-%VO₂ máx(%)	11.0	1.1	7.4	17.8
R-3-FC (p.p.m.)	121.6	2.6	110.0	135.0
R-3-VE (l/min)	20.2	1.2	13.1	25.3

TABLA 26. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 2 de esfuerzo de la maniobra de combate simulada en soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos).

En las tablas 25 y 26 se recogen los parámetros ergoespirométricos en reposo para el grupo de soldados masculinos y femeninos, durante los tres minutos que constituyen la recuperación de la fase 2 de la maniobra protocolizada, durante la cual el soldado permanece en reposo y constantemente monitorizado y conectado tanto al analizador de gases como al electrocardiógrafo. En ellas, se siguen recogiendo los mismos parámetros monitorizados que definen el comportamiento metabólico (VO_2 en términos absolutos, relativos y porcentuales respecto del valor máximo), ventilatorios (ventilación) y cardiológicos (frecuencia cardíaca) y que se registran tanto en la recuperación inmediata, es decir al primer minuto de la recuperación (R-1), como en la recuperación tardía, es decir al tercer minuto de la recuperación (R-3), y que suele corresponder al momento de inicio de la siguiente fase de la maniobra de simulación de combate, en nuestro estudio, en un tapiz rodante.

RECUPERACIÓN FASE 2		MEDIA	E.E..M.	“p”
R-1- VO_2 (ml/min)	σ	1000.3	80.7	*
	φ	682.6	59.5	
R-1- VO_2/Kg (ml/kg/min)	σ	14.4	1.5	n.s.
	φ	11.0	0.9	
R-1-% VO_2 máx(%)	σ	27.6	2.6	n.s.
	φ	21.6	1.8	
R-1-FC (p.p.m.)	σ	135.6	3.0	n.s.
	φ	142.7	5.3	
R-1-VE (l/min)	σ	42.5	2.3	***
	φ	29.2	1.7	
R-3- VO_2 (ml/min)	σ	589.5	56.2	***
	φ	347.1	37.9	
R-3- VO_2/Kg (ml/kg/min)	σ	8.4	0.9	n.s.
	φ	5.5	0.4	
R-3-% VO_2 máx(%)	σ	16.3	1.7	n.s.
	φ	11.0	1.1	
R-3-FC (p.p.m.)	σ	119.6	3.1	n.s.
	φ	121.6	2.6	
R-3-VE (l/min)	σ	28.7	2.0	*
	φ	20.2	1.2	

TABLA 27. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 2 de esfuerzo de la maniobra de combate simulada en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *= $p<0.05$; **= $p<0.01$; ***= $p<0.001$.

En esta tabla 27 se recogen las diferencias observadas entre el grupo de soldados masculinos y femeninos en los valores ergoespirométricos que definen el comportamiento metabólico, ventilatorio y cardiológico desarrollado durante el periodo de recuperación de la fase 2. Se han observado diferencias significativas para los mismos parámetros tanto en el primer como en el tercer minuto de la recuperación; es decir, las diferencias han persistido en el tiempo, manteniéndose durante toda la recuperación, y han correspondido a los valores de consumo de oxígeno en términos absolutos y a los valores de ventilación. De hecho los valores de consumo de oxígeno en el primer minuto (R-1-VO₂) son significativamente mayores en los soldados varones (del orden de 317.7 ml/min; es decir, un 31.8%), diferencias que se acentúan en su significación al tercer minuto (del orden de 242.4 ml/min, es decir un 41.2%). La ventilación en el primer minuto (R-1-VE) difiere de forma muy significativa en los varones, en los que es 13.3 l/min mayor (es decir, un 31.3%), y persiste en esta significación al tercer minuto (R-3-VE) al ser 8.5 l/min mayor en varones (es decir, un 29.7%).

4.7.3. Análisis del esfuerzo realizado en cada una de las series que constituyen la fase 2 de la maniobra de combate simulada.

La fase 2 del protocolo de ataque de una compañía de infantería ligera está constituida por 3 series de esfuerzo intercaladas por pausas de 20 seg entre cada una de ellas de forma que, las dos primeras series son de 100 metros cada una y la tercera y última serie tiene 50 metros. En las tablas 28 y 29 se recogen los mismos parámetros ergoespirométricos de la intensidad del esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico realizada por el grupo de soldados masculinos y femeninos, en cada una de las series desarrolladas durante la fase 2 de la maniobra protocolizada que simula el esfuerzo de un movimiento de aproximación de una compañía de infantería ligera en una tapiz rodante. Es decir se presentan los datos de las dos series de carrera de 100 metros (S1 y S2) y de la carrera de 50 metros (S3) que se desarrollan a una velocidad constante de 8 km por hora intercaladas por pausas de reposo de 20 seg.

4. Resultados

SERIES FASE 2	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
S1 VO₂/Kg (ml/kg/min)	30.4	1.3	20.7	38.2
S1 %VO₂ máx(%)	59.5	3.2	40.7	87.4
S1 FC (p.p.m.)	164.0	2.5	147.0	181.0
S1 VE (l/min)	58.9	3.5	33.9	82.6
S1 RER	1.0	0.0	0.8	1.1
S2 VO₂/Kg (ml/kg/min)	34.7	1.4	24.4	44.5
S2 %VO₂ máx(%)	67.9	3.5	42.4	93.4
S2 FC (p.p.m.)	166.2	2.9	147.0	192.0
S2 VE (l/min)	71.6	3.5	46.1	97.6
S2 RER	1.0	0.0	0.9	1.2
S3 VO₂/Kg (ml/kg/min)	29.2	1.4	17.7	40.6
S3 %VO₂ máx(%)	57.2	3.5	33.0	86.7
S3 FC(p.p.m.)	160.5	3.3	137.0	186.0
S3 VE (l/min)	64.3	2.8	41.4	90.1
S3 RER	1.1	0.0	0.9	1.3

Tabla 28. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos de la primera serie de 100 m (S1), segunda serie de 100 m (S2) y tercera serie de 50 m (S3) que constituyen la fase 2 en el grupo de soldados masculinos.

SERIES FASE 2	MEDI	E.E.M.	MIN	MAX
S1 VO₂/Kg (ml/kg/min)	28.1	0.3	26.0	29.2
S1 %VO₂ máx(%)	55.4	2.1	48.9	68.1
S1 FC (p.p.m.)	177.3	2.8	167.0	194.0
S1 VE (l/min)	46.5	1.9	35.8	55.2
S1 RER	1.0	0.0	0.8	1.1
S2 VO₂/Kg (ml/kg/min)	33.1	0.8	28.7	36.6
S2 %VO₂ máx(%)	65.1	2.5	55.0	79.3
S2 FC (p.p.m.)	184.5	2.8	172.0	199.0
S2 VE (l/min)	49.4	1.6	41.5	55.8
S2 RER	1.1	0.0	0.9	1.2
S3 VO₂/Kg (ml/kg/min)	29.0	0.4	27.4	31.4
S3 %VO₂ máx(%)	57.1	1.3	51.9	63.9
S3 FC (p.p.m.)	179.3	3.2	166.0	198.0
S3 VE (l/min)	50.0	3.1	35.3	66.3
S3 RER	1.1	0.0	0.9	1.4

Tabla 29. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos de la primera serie de 100 m (S1), segunda serie de 100 m (S2) y tercera serie de 50 m (S3) que constituyen la fase 2 en el grupo de soldados femeninos.

En estas tablas 28 y 29 se recogen los datos ergoespirométricos obtenidos durante cada una de las series de la fase 2 de los valores de consumo de oxígeno expresado en

términos relativos al peso corporal en la primera serie (S1 VO₂/Kg) y en la segunda serie de 100 metros (S2 VO₂/Kg), así como en la tercera serie de 50 metros (S3 VO₂/Kg); igualmente se refleja en esta tabla el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno obtenido en la primera serie (S1 %VO₂máx), en la segunda (S2 %VO₂máx) y en la tercera serie (S3 %VO₂máx). Además se detallan los valores de la frecuencia cardiaca obtenidos al finalizar cada una de las tres series (S1 FC, S2 FC y S3 FC) y los de la ventilación en las mismas (S1 VE, S2 VE y S3 VE). Finalmente se expresa la relación de intercambio respiratorio en cada una de las tres series (S1 RER, S2 RER y S3 RER).

SERIES FASE 2		MEDIA	E.E.M.	“p”
S1 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	30.4	1.3	n.s.
	♀	28.1	0.3	
S1 %VO ₂ máx(%)	σ	59.5	3.2	n.s.
	♀	55.4	2.1	
S1 FC (p.p.m.)	σ	164.0	2.5	***
	♀	177.3	2.8	
S1 VE (l/min)	σ	58.9	3.5	*
	♀	46.5	1.9	
S1 RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	♀	1.0	0.0	
S2 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	34.7	1.4	n.s.
	♀	33.1	0.8	
S2 %VO ₂ máx(%)	σ	67.9	3.5	n.s.
	♀	65.1	2.5	
S2 FC (p.p.m.)	σ	166.2	2.9	***
	♀	184.5	2.8	
S2 VE (l/min)	σ	71.6	3.5	***
	♀	49.4	1.6	
S2 RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	♀	1.1	0.0	
S3 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	29.2	1.4	n.s.
	♀	29.0	0.4	
S3 %VO ₂ máx(%)	σ	57.2	3.5	n.s.
	♀	57.1	1.3	
S3 FC (p.p.m.)	σ	160.5	3.3	***
	♀	179.3	3.2	
S3 VE (l/min)	σ	64.3	2.8	**
	♀	50.0	3.1	
S3 RER	σ	1.1	0.0	n.s.
	♀	1.1	0.0	

TABLA 30. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en cada una de las 3 series que integran la fase 2 de esfuerzo de la maniobra de combate simulado en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001.

En esta tabla se recogen los valores ergoespirométricos y cardiológicos monitorizados durante cada una de tres series de la fase 2 comparando los resultados del grupo de soldados masculinos y soldados femeninos. Se observan diferencias muy significativas ($p < 0.001$) entre ambos sexos para todas las series en los valores de frecuencia cardíaca, siendo 13.3, 18.3 y 18.8 p.p.m. más altas en las mujeres al finalizar cada una de las series (es decir, un 7.6%, 10% y un 10.5% mayor en el grupo de soldados femeninos, para cada serie), y alcanzándose valores del 88.9%, 92.5% y 89.9% respecto a la frecuencia cardíaca máxima teórica en cada una de ellas. También se han observado diferencias significativas en el comportamiento ventilatorio en todas las series, siendo 12.4, 22.2 y 14.3 l/min mayor en el grupo de soldados masculinos (es decir, un 21.1%, 31.1% y 22.3% en cada serie), diferencias parejas aunque la distancia de las dos primeras series sea el doble que la tercera.

4.8. MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DE ESFUERZO Y DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO PARA LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA, DURANTE LA FASE 3 DE LA MANIOBRA PROTOCOLIZADA QUE SIMULA EL MODO DE COMBATE.

En la fase 3 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate en tapiz rodante, la mayor proximidad de la línea del frente obliga a realizar carreras repetitivas de una distancia más corta para exponerse menos tiempo al fuego enemigo; en realidad, se realizan 4 períodos de carrera de 50 metros a una velocidad constante de 8 km por hora, intercalados por pausas de reposo de 5 seg de duración, de la siguiente forma:

- * Distancia de 50 metros a una velocidad de 8 km/h. Corresponde a la serie 1 (S1)
- * Pausa de 5seg
- * Distancia de 50 metros a una velocidad de 8 km/h . Corresponde a la serie 2 (S2)
- * Pausa de 5seg
- * Distancia de 50 metros a una velocidad de 8 km/h . Corresponde a la serie 3 (S3)
- * Pausa de 5seg
- * Distancia de 50 metros a una velocidad de 8 km/h. Corresponde a la serie 4 (S4)

Esta fase equivale a la fase III que realiza la compañía de infantería ligera y que permite la aproximación del personal desde los 250 metros a los 50 metros de la línea del objetivo enemigo.

4.8.1. Valoración del esfuerzo en recorrer los 200 metros de la fase 3 de la maniobra simulada con el equipo de combate.

En la tabla 31 y 32 se recogen los parámetros ergoespirométricos en el grupo de soldados masculinos y de soldados femeninos durante la fase 3 de la maniobra de combate simulado.

FASE 3	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO ₂ (ml/min)	2061.2	119.3	1216.5	3070.6
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	28.5	1.1	20.8	36.7
%VO ₂ máx(%)	55.7	2.9	39.5	84.0
VCO ₂ (ml/min)	2039.6	125.8	1080.3	3041.3
RER	1.0	0.0	0.9	1.1
METS	8.1	0.3	6.0	10.5
FC (p.p.m.)	158.8	3.5	126.0	191.0
FR (r.p.m.)	35.4	1.3	27.3	44.6
VE (l/min)	68.1	1.2	63.4	75.5
Vt (ml/min)	1925.4	78.5	1190.2	2494.0
VE/VO ₂	33.9	1.8	25.6	2156.5
VE/VCO ₂	35.8	1.3	26.8	45.3

TABLA 31. Valores ergoespirométricos obtenidos durante la fase 3 de esfuerzo en soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

FASE 3	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO ₂ (ml/min)	1712.9	93.9	1322.5	2253.0
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	27.5	1.0	21.7	31.8
%VO ₂ máx(%)	54.3	2.7	41.5	68.2
VCO ₂ (ml/min)	1850.0	103.3	1277.3	2333.7
RER	1.0	0.0	0.9	1.0
METS	7.9	0.3	6.2	9.1
FC (p.p.m.)	176.6	3.1	160.8	192.2
FR (r.p.m.)	29.1	1.8	20.6	39.0
VE (l/min)	51	1.6	46.4	54.8
Vt (ml/min)	1762.8	132.5	1364.0	2602.3
VE/VO ₂	29.5	1.5	24.3	38.0
VE/VCO ₂	29.6	1.3	24.5	36.5

TABLA 32. Valores ergoespirométricos obtenidos durante la fase 3 de esfuerzo en soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En las tablas 31 y 32 se recogen los parámetros ergoespirométricos y cardiológicos que definen la intensidad de esfuerzo y la capacidad de trabajo físico, realizada por el grupo

de soldados masculinos y femeninos, durante la fase 3 de la maniobra protocolizada que pretende simular, en un tapiz rodante, el modo de combate. En ellas se recogen las mismas variables monitorizadas que las controladas en cada una de las fases objeto de estudio que integran la simulación de la modalidad de combate.

FASE 3		MEDIA	E.E.M.	“p”
VO ₂ (ml/min)	σ	2061.2	119.3	n.s.
	φ	1712.9	93.9	
VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	28.5	1.1	n.s.
	φ	27.5	1.0	
%VO ₂ máx (%)	σ	55.7	2.9	n.s.
	φ	54.3	2.7	
VCO ₂ (ml/min)	σ	2039.6	125.8	n.s.
	φ	1850.0	103.3	
RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.0	0.0	
METS	σ	8.1	0.3	n.s.
	φ	7.9	0.3	
FC (p.p.m.)	σ	158.8	3.5	***
	φ	176.6	3.1	
FR (r.p.m.)	σ	35.4	1.3	*
	φ	29.1	1.8	
VE (l/min)	σ	68.1	1.2	**
	φ	51	1.6	
Vt (ml/min)	σ	1925.4	78.5	n.s.
	φ	1762.8	132.5	
VE/VO ₂	σ	33.9	1.8	*
	φ	29.5	1.5	
VE/VCO ₂	σ	35.8	1.3	**
	φ	29.6	1.3	

TABLA 33. Comparación de los valores ergoespirométricos de los soldados masculinos y femeninos obtenidos durante la fase 3 de la simulación. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001

Cuando se comparan en la tabla 33 los resultados obtenidos entre los grupos de soldados masculinos y femeninos, se puede observar como se siguen mostrando diferencias muy significativas en los valores de frecuencia cardiaca alcanzados durante la fase 3, siendo 17.8 p.p.m. más altas en las mujeres (un 10.1%); estos valores de frecuencia cardiaca en los soldados femeninos durante esta fase 3 alcanzan un 88.5% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, mientras que en los soldados masculinos alcanzan el 79.8% de la frecuencia

cardiaca máxima teórica. En los parámetros ventilatorios, se observan diferencias significativas en la ventilación que tiene un valor 17.1 l/min superior en los varones (esto significa un 25.2% mayor en los soldados masculinos respecto a las mujeres), mientras que la frecuencia respiratoria tiene 6.3 r.p.m. más en los varones, aunque esta diferencia no resulta significativamente diferente. También se han observado diferencias significativas en el equivalente ventilatorio de O₂ (un 13% mayor en los soldados varones) y en el equivalente ventilatorio de CO₂ (un 17.4% superior en los soldados varones).

4.8.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo que implica la fase 3 de la maniobra simulada de combate.

Una vez concluida la fase 3 de la maniobra simulada, el soldado permanece con el equipo de combate en reposo y bipedestación durante otros 3 minutos para llevar a cabo una adecuada recuperación. Durante el combate el objeto de la misma es utilizar este tiempo para llevar a cabo una recuperación física del sobreesfuerzo desarrollado consecuencia de las repeticiones del “sprint” de 50 metros o saltos de carrera rápida que hay que efectuar en esta fase. Como en los otros periodos de recuperación de las sucesivas fases de la maniobra protocolizada, se aprovecha este tiempo para ajustar la ropa y el equipo que como consecuencia de los movimientos de las diferentes repeticiones de carreras, se han desajustado. En las tablas 34 y 35 se recogen los parámetros ergoespirométricos y cardiológicos monitorizados durante esta fase de reposo para el grupo de soldados masculinos y femeninos y que se constituyen como indicadores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos durante la recuperación de esta fase 3 del test y que se corresponden al valor obtenido durante el primer minuto (R-1) y el tercer minuto de la recuperación (R-3).

RECUPERACIÓN FASE 3	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	966.2	73.8	383.8	1618.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	13.8	1.3	5.6	26.9
R-1-%VO₂ máx(%)	26.9	2.5	9.5	46.7
R-1-FC (p.p.m.)	143.9	4.6	107.3	182.0
R-1-VE (l/min)	43.3	2.1	27.7	58.8
R-3-VO₂ (ml/min)	511.3	45.6	264.0	1117.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	7.4	0.8	3.7	18.6
R-3-%VO₂ máx(%)	14.1	1.4	6.7	32.2
R-3-FC (p.p.m.)	122.9	3.6	104.0	156.0
R-3-VE (l/min)	26.9	1.7	17.5	45.2

TABLA 34. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 3 de esfuerzo de la maniobra de combate simulado en los soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

RECUPERACIÓN FASE 3	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	760.0	92.3	361.0	1177.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	12.1	1.3	6.6	18.3
R-1-%VO₂ máx(%)	24.1	2.8	11.4	35.6
R-1-FC (p.p.m.)	153.8	3.1	135.0	166.0
R-1-VE (l/min)	27.7	1.4	21.8	33.7
R-3-VO₂ (ml/min)	454.8	72.5	152.0	857.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	7.2	0.9	2.8	11.1
R-3-%VO₂ máx(%)	14.4	2.2	4.8	25.9
R-3-FC (p.p.m.)	134.3	2.6	121.0	144.0
R-3-VE (l/min)	22.2	2.0	14.1	31.9

TABLA 35. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 3 de esfuerzo de la maniobra de combate simulado en los soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En estas tablas 34 y 35 quedan expuestos los valores correspondientes a las mismas variables ergoespirométricas monitorizadas durante los períodos de recuperación de cada una de las fases que sucesivamente constituyen la maniobra simulada de combate obtenidos tanto durante el primer minuto como durante el tercer minuto, y que corresponden a indicadores metabólicos de la capacidad de recuperación, como son los valores de consumo de oxígeno, expresado en términos absolutos (R-1-VO₂ y R-3-VO₂), en términos relativos al peso corporal, o como porcentaje de su valor respecto al consumo máximo de oxígeno. Igualmente se analizan parámetros respiratorios, como la ventilación (R-1-VE y R-3-VE), expresada en términos absolutos (l/min), o cardiológicos como la frecuencia cardiaca en p.p.m. que tenía el soldado en el primer minuto (R-1-FC) y en el tercer minuto (R-3-FC) de la recuperación.

RECUPERACION FASE 3		MEDIA	E.E.M.	“p”
R-1-VO ₂ (ml/min)	σ	966.2	73.8	n.s.
	φ	760.0	92.3	
R-1-VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	13.8	1.3	n.s.
	φ	12.1	1.3	
R-1-%VO ₂ máx(%)	σ	26.9	2.5	n.s.
	φ	24.1	2.8	
R-1-FC (p.p.m.)	σ	143.9	4.6	n.s.
	φ	153.8	3.1	
R-1-VE (l/min)	σ	43.3	2.1	***
	φ	27.7	1.4	
R-3-VO ₂ (ml/min)	σ	511.3	45.6	n.s.
	φ	454.8	72.5	
R-3-VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	7.4	0.8	n.s.
	φ	7.2	0.9	
R-3-%VO ₂ máx(%)	σ	14.1	1.4	n.s.
	φ	14.4	2.2	
R-3-FC (p.p.m.)	σ	122.9	3.6	*
	φ	134.3	2.6	
R-3-VE (l/min)	σ	26.9	1.7	*
	φ	22.2	2.0	

TABLA 36. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 3 de esfuerzo de la maniobra de combate simulado en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001.

La comparación de los valores ergoespirométricos monitorizados durante el primer (R-1) y tercer minuto (R-3) del periodo de recuperación de la fase 3 de la maniobra simulada de combate tanto en el grupo de soldados masculinos como en el de soldados femeninos es mostrada en la tabla 36. En ella se reflejan las posibles diferencias en la capacidad de recuperación metabólica, ventilatoria o cardiológica en función de un tiempo de recuperación más inmediato o tardío, no observándose diferencias significativas entre ambos sexos en los valores referidos al consumo de oxígeno, ni a la frecuencia cardiaca de recuperación al 1º minuto, pero si en la FC del 3º min. (R-3-FC), que es un 8.5% mayor en la mujer (un total de 11.4 p.p.m.) lo que parece ser índice de una peor recuperación en el tiempo, tal y como parece observarse que ocurre con los parámetros de consumo de oxígeno en este 3º min que aparecen más aumentados (aunque no muestren diferencias significativas). Tan sólo se han observado diferencias muy significativas entre ambos sexos en la ventilación durante el primer minuto del periodo de recuperación (R-1-VE), y que siendo 15,6 l/min, es decir, un 36.1% mayor en las mujeres, (posiblemente ligado a una mayor deuda de oxígeno)

manteniéndose las diferencias en el tercer minuto en torno a los 4,7 l/min de forma significativamente mayor en las mujeres.

4.8.3. Análisis del esfuerzo realizado en cada una de las series que constituyen la fase 3 de la maniobra de combate simulada.

En la fase 3 del test se han de realizar 4 carreras de 50 metros con sus períodos correspondientes de descanso de 5 seg para la recuperación del soldado. En las tablas 37 y 38 se recogen los parámetros ergoespirométricos del grupo de soldados masculinos y femeninos, durante cada una de las series de carreras de 50 m desarrolladas en la fase 3 del test. Es decir se presentan los datos de las cuatro series de carreras de 50 metros (S1, S2, S3 y S4), todas realizadas a una velocidad constante de 8 km por hora intercaladas por pausas de reposo de 5 seg.

SERIES FASE 3	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
S1 VO₂/Kg (ml/kg/min)	30.3	1.6	18.3	42.1
S1 %VO₂ máx(%)	59.2	3.7	34.7	96.3
S1 FC (p.p.m.)	157.4	3.0	139.0	181.0
S1 VE (l/min)	56.6	4.0	27.6	88.1
S1 RER	1.0	0.0	0.9	1.1
S2 VO₂/Kg (ml/kg/min)	34.2	1.5	25.9	48.8
S2 %VO₂ máx(%)	66.8	3.6	43.9	99.8
S2 FC (p.p.m.)	164.7	3.3	144.0	196.0
S2 VE (l/min)	71.5	3.4	51.9	98.2
S2 RER	1.0	0.0	0.9	1.1
S3 VO₂/Kg (ml/kg/min)	35.8	1.4	26.8	48.4
S3 %VO₂ máx(%)	69.9	3.5	47.9	100.9
S3 FC (p.p.m.)	167.9	3.5	145.0	201.0
S3 VE (l/min)	75.6	3.6	50.2	102.6
S3 RER	1.0	0.0	0.9	1.2
S4 VO₂/Kg (ml/kg/min)	26.9	1.3	16.9	40.3
S4 %VO₂ máx(%)	52.4	2.9	32.8	82.8
S4 FC (p.p.m.)	169.5	3.1	148.0	200.0
S4 VE (l/min)	73.6	4.2	47.1	102.6
S4 RER	1.0	0.0	0.9	1.1

TABLA 37. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos de la primera serie (S1), segunda serie (S2), tercera serie (S3) y cuarta serie (S4), todas ellas carreras de 50 m, que constituyen la fase 3 de la maniobra de combate en el grupo de soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

SERIES FASE 3	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
S1 VO₂/Kg (ml/kg/min)	32.8	0.9	28.5	37.0
S1 %VO₂máx(%)	64.4	1.7	54.6	71.6
S1 FC (p.p.m.)	176.3	2.9	163.0	193.0
S1 VE (l/min)	39.5	2.7	25.3	50.5
S1 RER	0.9	0.0	0.8	1.1
S2 VO₂/Kg (ml/kg/min)	34.2	1.0	28.8	39.4
S2 %VO₂máx(%)	67.3	2.3	55.2	77.6
S2 FC (p.p.m.)	184.3	2.9	173.0	200.0
S2 VE (l/min)	54.0	2.3	44.7	66.9
S2 RER	1.0	0.0	0.9	1.1
S3 VO₂/Kg (ml/kg/min)	33.7	1.4	27.2	42.2
S3 %VO₂máx(%)	66.2	2.9	52.1	75.5
S3 FC (p.p.m.)	185.5	3.0	173.0	199.0
S3 VE (l/min)	54.9	1.6	47.8	64.3
S3 RER	1.0	0.0	0.9	1.1
S4 VO₂/Kg (ml/kg/min)	24.2	0.9	19.8	29.0
S4 %VO₂máx(%)	47.7	2.1	37.9	57.3
S4 FC (p.p.m.)	184.5	3.0	171.0	199.0
S4 VE (l/min)	47.1	1.4	40.1	55.1
S4 RER	1.0	0.0	0.9	1.0

TABLA 38. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos de la primera serie (S1), segunda serie (S2), tercera serie (S3) y cuarta serie (S4), todas ellas carreras de 50 m, que constituyen la fase 3 de la maniobra de combate en el grupo de soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En estas tablas 37 y 38 se presentan los valores de consumo de oxígeno expresado en términos relativos al peso corporal en la primera serie (S1 VO₂/Kg) segunda serie (S2 VO₂/Kg), tercera serie (S3 VO₂/Kg y cuarta serie (S4 VO₂/Kg), así como el valor porcentual (% VO₂) que alcanza en cada una de las series respecto a su VO₂máx. Además se detallan los valores de la frecuencia cardiaca obtenidos en cada una de las cuatro series (S1 FC, S2 FC, S3 FC y S4 FC)) y los valores de ventilación en las mismas expresados en l/min (S1 VE, S2 VE, S3 VE y S4 VE). Finalmente se expresa la relación de intercambio respiratorio en cada una de las cuatro series (S1 RER, S2 RER, S3 RER y S4 RER).

4. Resultados

SERIES FASE 3		MEDIA	E.E.M.	“p”
S1 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	30.3	1.6	n.s.
	φ	32.8	0.9	
S1 %VO ₂ máx (%)	σ	59.2	3.7	n.s.
	φ	64.4	1.7	
S1 FC (p.p.m.)	σ	157.4	3.0	***
	φ	176.3	2.9	
S1 VE (l/min)	σ	56.6	4.0	**
	φ	39.5	2.7	
S1 RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	0.9	0.0	
S2 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	34.2	1.5	n.s.
	φ	34.2	1.0	
S2 %VO ₂ máx (%)	σ	66.8	3.6	n.s.
	φ	67.3	2.3	
S2 FC (p.p.m.)	σ	164.7	3.3	***
	φ	184.3	2.9	
S2 VE (l/min)	σ	71.5	3.4	***
	φ	54.0	2.3	
S2 RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.0	0.0	
S3 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	35.8	1.4	n.s.
	φ	33.7	1.4	
S3 %VO ₂ máx(%)	σ	69.9	3.5	n.s.
	φ	66.2	2.9	
S3 FC (p.p.m.)	σ	167.9	3.5	***
	φ	185.5	3.0	
S3 VE (l/min)	σ	75.6	3.6	***
	φ	54.9	1.6	
S3 RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.0	0.0	

TABLA 39 a. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en cada una de las 4 series que integran la fase 3 de esfuerzo de la maniobra de combate simulada en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos.

Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001.

SERIES FASE 3 (Cont.)		MEDIA	E.E.M.	“p”
S4 VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	26.9	1.3	n.s.
	φ	24.2	0.9	
S4 %VO ₂ máx(%)	σ	52.4	2.9	n.s.
	φ	47.7	2.1	
S4 FC (p.p.m.)	σ	169.5	3.1	**
	φ	184.5	3.0	
S4 VE (l/min)	σ	73.6	4.2	***
	φ	47.1	1.4	
S4 RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.0	0.0	

(Continuación de la TABLA 39)

TABLA 39 b. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en cada una de las 4 series que integran la fase 3 de esfuerzo de la maniobra de combate simulada en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos.

Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001.

En esta tabla 39 se comparan en función del género los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos mediante la monitorización ergoespirométrica de cada una de las series (carreras de 50 m) de la fase 3 de la maniobra simulada de combate en los grupos de soldados masculinos y femeninos. Si bien tampoco se han llegado a observar que las diferencias sean significativas en cuanto a los parámetros metabólicos referidos como consumo de oxígeno, sí que se observan diferencias muy significativas ($p < 0.01$) entre ambos sexos en cuanto a los valores de frecuencia cardiaca y de ventilación para todas y cada una de las series o carreras de 50 m que constituyen la fase 3. La frecuencia cardiaca es mayor en las mujeres soldados en una cuantía de 18.9, 19.6, 17.6 y 15 p.p.m. respectivamente para las series 1, 2, 3 y 4 (es decir, un 10.8%, un 10.7%, un 9.5% y un 8.2% mayores, respectivamente), lo que denota un peor poder de recuperación que se mantiene en todas las series. Igual comportamiento tiene la ventilación, aunque estas diferencias significativas se van incrementando progresivamente con las series efectuadas, ya que son de una cuantía de 17.1, 17.5, 20.7 y 26.5 l/min respectivamente para las series 1, 2, 3 y 4 (es decir, un 30.3%, un 24.5%, un 27.4% y un 36.1% menor para el grupo de mujeres soldados) y posiblemente ligado a una menor eficiencia respiratoria a medida que el esfuerzo es más exigente por requerirse un mayor número de repeticiones con escasa recuperación.

4.9. MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DE ESFUERZO Y LA CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO PARA LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA, DURANTE LA FASE 4 DE LA MANIOBRA PROTOCOLIZADA QUE SIMULA EL MODO DE COMBATE.

4.9.1. Valoración del esfuerzo en recorrer la fase 4 de la maniobra simulada con el equipo de combate.

En la fase 4 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate, los soldados de nuestro estudio recorren los últimos 50 metros del protocolo a un ritmo máximo (aproximadamente a 13 km/h) hasta que se produce el agotamiento. Esta fase coincide con la fase IV que realiza la compañía de infantería ligera cuando avanza desde la “línea de asalto” hasta las posiciones enemigas donde se produce el combate cuerpo a cuerpo. En este período es muy importante disponer de una adecuada condición física para que el movimiento de aproximación de los soldados a las posiciones enemigas se realice en el menor tiempo posible y una vez alcanzada esa zona llevar a efecto la lucha individual en las mejores condiciones. En las tablas 40 y 41 se recogen los parámetros ergoespirométricos y cardiológicos de la intensidad del esfuerzo y de la capacidad de trabajo físico para el grupo de soldados masculinos y femeninos, durante esta fase 4 de la maniobra.

FASE 4	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂ (ml/min)	1493.1	92.2	951.5	2363.0
VO₂/Kg (ml/kg/min)	20.3	0.7	13.8	25.0
%VO₂máx(%)	39.5	1.7	26.4	52.3
VCO₂ (ml/min)	1439.6	99.9	867.0	2505.0
RER	1.0	0.0	0.9	1.1
METS	5.6	0.2	3.9	7.1
FC (p.p.m.)	151.6	3.7	128.0	186.0
FR (r.p.m.)	36.9	5.9	21.3	140.5
VE (l/min)	60.7	5.8	55.1	64.8
Vt (ml/min)	1645.1	82.4	1001.5	2455.0
VE/VO₂	36.7	1.3	28.0	47.0
VE/VCO₂	37.9	1.4	27.0	47.0

TABLA 40. Valores ergoespirométricos obtenidos durante la fase 4 de esfuerzo en soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

FASE 4	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
VO₂ (ml/min)	1135.1	186.0	83.5	1913.0
VO₂/Kg (ml/kg/min)	17.5	1.1	14.1	24.8
%VO₂máx(%)	34.9	3.6	25.2	57.8
VCO₂ (ml/min)	1284.3	105.9	849.0	1804.0
RER	1.0	0.0	0.9	1.0
METS	6.0	0.4	4.4	8.1
FC (p.p.m.)	173.0	2.8	155.0	182.0
FR (r.p.m.)	27.1	1.7	18.0	35.5
VE (l/min)	43.1	1.5	37.8	46.7
Vt (ml/min)	1593.6	168.6	1055.5	2641.0
VE/VO₂	32.6	2.4	24.0	45.5
VE/VCO₂	32.9	2.1	25.0	43.5

TABLA 41. Valores ergoespirométricos obtenidos durante la fase 4 de esfuerzo en mujeres soldados. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

En estas tablas 40 y 41 se recogen los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos mediante la monitorización ergoespirométrica del esfuerzo desarrollado (carrera de 50 m) durante la fase 4 de la maniobra simulada de combate objeto de estudio. Los parámetros metabólicos relacionados con el consumo de oxígeno (VO_2) son expresados tanto en términos absolutos (ml/min), como en términos relativos al peso corporal (VO_2/Kg), así como a su valor porcentual correspondiente a su consumo máximo de oxígeno ($\% \text{VO}_2 \text{máx}$). Además se muestra el correspondiente valor de producción de anhídrido carbónico (VCO_2) expresado en ml/min, lo cual también nos permite mostrar la relación de intercambio respiratorio (RER). También se reflejan en ella los valores de la frecuencia cardíaca en p.p.m., alcanzada durante este esfuerzo (FC), así como los parámetros ventilatorios definidos como frecuencia respiratoria (FR) y volumen tidal o circulante (V_t), lo que nos permite conocer la ventilación requerida durante el esfuerzo expresada en l/min (VE). También se recogen en esta tabla los valores que manifiestan la eficiencia respiratoria y que se refleja en los denominados equivalentes ventilatorios de oxígeno (VE/VO_2) y de anhídrido carbónico (VE/VCO_2). Finalmente se cuantifica el valor correspondiente al equivalente metabólico (METS) alcanzado en el esfuerzo.

FASE 4		MEDIA	E.E.M.	“p”
VO_2 (ml/min)	σ	1493.1	92.2	n.s.
	φ	1135.1	186.0	
VO_2/Kg (ml/kg/min)	σ	20.3	0.7	*
	φ	17.5	1.1	
$\% \text{VO}_2 \text{máx}(\%)$	σ	39.5	1.7	n.s.
	φ	34.9	3.6	
VCO_2 (ml/min)	σ	1439.6	99.9	n.s.
	φ	1284.3	105.9	
RER	σ	1.0	0.0	n.s.
	φ	1.0	0.0	
METS	σ	5.6	0.2	n.s.
	φ	6.0	0.4	
FC (p.p.m.)	σ	151.6	3.7	***
	φ	173.0	2.8	
FR (r.p.m.)	σ	36.9	5.9	n.s.
	φ	27.1	1.7	
VE (l/min)	σ	60.7	5.8	n.s.
	φ	43.1	1.5	
V_t (ml/min)	σ	1645.1	82.4	n.s.
	φ	1593.6	168.6	
VE/VO_2	σ	36.7	1.3	n.s.
	φ	32.6	2.4	
VE/VCO_2	σ	37.9	1.4	n.s.
	φ	32.9	2.1	

TABLA 42. Comparación de los valores ergoespirométricos de los soldados masculinos y femeninos obtenidos durante la fase 4 de la simulación. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.= no significativa; *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

En esta tabla 42 se comparan los valores ergoespirométricos y cardiológicos monitorizados durante la fase 4 en los grupos de soldados masculinos y femeninos, observándose diferencias muy significativas ($p < 0.001$) entre ambos sexos sólo en los valores de frecuencia cardíaca, que resultan ser 21.4 p.p.m. más elevadas en las mujeres (es decir, un 12.4%), llegando a alcanzar las mujeres soldado durante este esfuerzo el 86.7% de la frecuencia cardíaca máxima teórica, mientras que los soldados masculinos tan sólo alcanzan el 76.2% de su frecuencia cardíaca máxima teórica, por lo que queda constancia de que este último esfuerzo en el combate implica un menor estrés o esfuerzo a los soldados masculinos, quizás condicionado o relacionado por un mejor aporte de oxígeno ya que alcanzan valores significativamente mayores de VO_2/Kg (un 13.8%). No se han observado diferencias significativas en el resto de los parámetros ergoespirométricos analizados, y que derivan de los anteriores, aunque la ventilación se muestra mayor en los soldados masculinos, posiblemente relacionado con una mayor fatiga o con una menor condición física en las mujeres soldado.

4.9.2. Valoración de la recuperación del esfuerzo que implica la fase 4 de la maniobra simulada de combate.

Una vez concluida la fase 4, el soldado tendría que efectuar la acción de contacto con el enemigo. Sin embargo, en el protocolo de combate simulado de nuestro estudio, después de realizar la fase 4 se les somete a un período de descanso de tres minutos para valorar la recuperación como un indicador más de su condición física. En esta fase el soldado permanece con el equipo en reposo y bipedestación y controlándose las variables objeto del estudio tanto en el primer minuto (R-1) como en el tercer minuto de la recuperación (R-3).

RECUPERACIÓN FASE 4	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO_2 (ml/min)	746.7	52.3	412.0	1190.0
R-1-VO_2/Kg (ml/kg/min)	10.6	0.9	5.2	19.2
R-1-%VO_2 máx(%)	20.4	1.6	10.8	33.3
R-1-FC (p.p.m.)	131.1	4.3	99.0	167.0
R-1-VE (l/min)	32.7	1.5	24.0	45.8
R-3-VO_2 (ml/min)	356.4	25.7	212.0	615.0
R-3-VO_2/Kg (ml/kg/min)	5.0	0.4	3.1	10.2
R-3-%VO_2 (%)	9.6	0.7	6.0	17.7
R-3-FC (p.p.m.)	119.3	3.2	95.0	147.0
R-3-VE (l/min)	20.7	1.1	14.5	31.1

TABLA 43. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 4 de esfuerzo de la simulación de la maniobra de combate en soldados masculinos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

RECUPERACIÓN FASE 4	MEDIA	E.E.M.	MIN	MAX
R-1-VO₂ (ml/min)	694.3	65.6	324.0	1002.0
R-1-VO₂/Kg (ml/kg/min)	11.1	0.8	5.9	14.1
R-1-%VO₂ máx(%)	22.0	2.0	10.3	30.3
R-1-FC (p.p.m.)	147.8	1.4	143.0	155.0
R-1-VE (l/min)	27.4	1.0	23.0	33.5
R-3-VO₂ (ml/min)	312.8	30.2	220.0	505.0
R-3-VO₂/Kg (ml/kg/min)	5.0	0.3	4.0	6.6
R-3-%VO₂ (%)	9.9	0.9	7.0	15.3
R-3-FC (p.p.m.)	127.0	2.1	120.0	140.0
R-3-VE (l/min)	16.3	0.4	14.3	18.8

TABLA 44. Valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 4 de esfuerzo de la simulación de la maniobra de combate en soldados femeninos.

Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y rango (valores mínimos y máximos)

Durante ese período de reposo que sigue a la conclusión de la fase 4, el soldado debería disponer de una rápida recuperación que le permitiera afrontar mejor el combate final. Con el objeto de poder comparar su estado físico tras este esfuerzo con el realizado en fases anteriores, en estas tablas se presentan los valores ergoespirométricos y cardiológicos recogidos de este período de recuperación de la fase 4 y que se refieren a los valores de consumo de oxígeno durante el primer minuto (R-1-VO₂) y durante el tercer minuto (R-3-VO₂), expresado tanto en términos absolutos (ml/min), como en términos relativos al peso corporal durante el primer minuto (R-1-VO₂/Kg) y durante el tercer minuto (R-3-VO₂/Kg), incluido su valor porcentual respecto a su consumo máximo de oxígeno en el primer minuto (R-1-%VO₂máx) y en el tercer minuto de la recuperación (R-3-%VO₂máx). También se detallan los valores de la frecuencia cardiaca en p.p.m. durante el primer minuto (R-1-FC) y durante el tercer minuto (R-3-FC) así como la ventilación expresada en litros/min, tanto en el primer minuto (R-1-VE) como en el tercer minuto (R-3-VE) de la recuperación.

RECUPERACIÓN FASE 4		MEDIA	E.E.M.	“p”
R-1-VO ₂ (ml/min)	σ	746.7	52.3	n.s.
	φ	694.3	65.6	
R-1-VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	10.6	0.9	n.s.
	φ	11.1	0.8	
R-1-%VO ₂ máx(%)	σ	20.4	1.6	n.s.
	φ	22.0	2.0	
R-1-FC (p.p.m.)	σ	131.1	4.3	*
	φ	147.8	1.4	
R-1-VE (l/min)	σ	32.7	1.5	*
	φ	27.4	1.0	
R-3-VO ₂ (ml/min)	σ	356.4	25.7	n.s.
	φ	312.8	30.2	
R-3-VO ₂ /Kg (ml/kg/min)	σ	5.0	0.4	n.s.
	φ	5.0	0.3	
R-3-%VO ₂ (%)	σ	9.6	0.7	n.s.
	φ	9.9	0.9	
R-3-FC (p.p.m.)	σ	119.3	3.2	n.s.
	φ	127.0	2.1	
R-3-VE (l/min)	σ	20.7	1.1	*
	φ	16.3	0.4	

TABLA 45. Comparación entre los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos obtenidos en el primer minuto (R-1) y tercer minuto (R-3) durante la recuperación de la fase 4 de esfuerzo de la simulación de la maniobra de combate en soldados masculinos y soldados femeninos. Valores medios, error estándar de la media (E.E.M.) y diferencias significativas entre ambos. Nivel de significación “p”: n.s.=no significativa; *=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001.

En la tabla 45 se comparan en función del género los valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos monitorizados durante el periodo de recuperación de la fase 4 en los grupos de soldados masculinos y femeninos. En ella sólo se observan diferencias significativas (p<0.05) entre ambos sexos en los valores de la frecuencia cardiaca en el primer minuto de la recuperación, que es 16.7 p.p.m. mayor en las mujeres soldado (un 11.3% más), diferencia que persiste en 7.7 p.p.m. en el tercer minuto, aunque no de forma estadísticamente significativa. También se observa como la ventilación es significativamente mayor en el grupo de soldados masculinos tanto en el primer como en el tercer minuto de la recuperación, en concreto en 5.3 l/min y 4.4 l/min respectivamente (es decir, un 16.3% y 21.3% mayor).

4.10. COMPARACIÓN DEL ESFUERZO REALIZADO EN CADA UNA DE LAS CUATRO FASES QUE COMPONEN LA MANIOBRA DE ATAQUE EN LA POBLACIÓN MILITAR ESTUDIADA.

En la tabla 46 se recoge la comparación de los valores ergoespirométricos y cardiológicos obtenidos en cada una de las cuatro fases que constituyen la maniobra protocolizada que simula el modo de combate. En ella se expresan los parámetros metabólicos referidos como el consumo de oxígeno (VO_2) necesario para desarrollar el esfuerzo requerido en cada fase expresado tanto en términos absolutos (ml/min), como relativos al peso corporal (VO_2/Kg), o bien como porcentaje de consumo de oxígeno respecto a su consumo máximo de oxígeno ($\% \text{VO}_2\text{máx}$). También se muestran los valores de producción de anhídrido carbónico (VCO_2) expresado en valores absolutos (ml/min), por lo que además se refleja la relación de intercambio respiratorio (RER). Además se comparan los valores de la frecuencia cardíaca en p.p.m. alcanzada durante cada una de las fases (FC), así como los parámetros ventilatorios manifestados como frecuencia respiratoria (FR) y volumen tidal o circulante (V_t) y, por lo tanto, la ventilación alcanzada expresada en litros/min (VE). También se recogen en esta tabla la comparación en los valores correspondientes a los equivalentes ventilatorios de oxígeno (VE/VO_2) y de anhídrido carbónico (VE/VCO_2), lo que nos permite comparar la eficiencia respiratoria en función de los sucesivos esfuerzos que supone la realización de cada una de las fases. Por último también se detalla la comparación entre los valores del equivalente metabólico (METS) que implica cada fase de la maniobra protocolizada de combate.

	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
VO_2(ml/kg)	1489.6±64.6 ab	1690.5±84.8 de	1958.0±92.8 f	1387.1±89.0
VO_2/Kg(ml/kg/min)	20.7±0.7 ab	24.4±0.9 de	28.2±0.8 f	19.5±0.7
$\% \text{VO}_2$(%)	40.4±1.5 ab	48.0±2.2 de	55.3±2.1 f	38.2±1.6
VCO_2(ml/min)	1325.8±66.2 ab	1675.1±100.3	1983.4±94.1 f	1393.6±77.1
RER	0.9±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0
METS	5.8±0.2 ab	6.9±0.3 de	8.0±0.2 f	5.7±0.2
FC (p.p.m.)	121.3±6.6 abc	155.1±2.9 de	164.1±3.0 f	158.0±3.3
FR (r.p.m.)	29.1±1.0 abc	31.2±1.0 de	33.5±1.2	34.0±4.2
VE(l/min)	41.6±1.1 abc	51.9±4.5 d	63±1.4	51.9±3.6
V_t(ml/min)	1524.9±55.4	1764.6±66.2 de	1877.2±67.9 f	1629.9±74.8
VE/VO_2	31.2±0.8 ac	34.2±0.9 d	31.7±1.0 f	35.5±1.2
VE/VCO_2	33.3±0.9 c	33.9±1.1 e	32.7±1.2 f	36.4±1.2

TABLA 46. Comparación entre los parámetros metabólicos, ventilatorios y cardiológicos registrados en cada una de las 4 fases que componen la maniobra de simulación de un modo de combate militar. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: "d" y "e"; entre la fase 3 y 4: "f".

En esta tabla 46, y en las figuras 4, 5, 6, 7 y 8, en la columna correspondiente a la fase 1 se muestran las diferencias significativas ($p < 0,05$) encontradas cuando se comparan los resultados de la fase 1 con los de la fase 2, siendo manifestadas y expresadas con la letra (a); en cambio cuando se comparan los resultados de la fase 1 con los de la fase 3, se expresan con la letra (b); y por consiguiente, cuando se comparan los de la fase 1 con los de la fase 4, se expresan con la letra (c). Igualmente en la columna correspondiente a la fase 2, se muestran con la letra (d) las diferencias significativas encontradas cuando se comparan los resultados obtenidos en la fase 2 con los obtenidos en la fase 3 y con la letra (e) cuando hay diferencias significativas al comparar los resultados de la fase 2 con los de la fase 4. Además, y por último, cuando se comparan los resultados obtenidos en la fase 3 con los de la fase 4, las diferencias significativas encontradas se expresan con la letra (f).

En ella se puede observar como existen diferencias significativas entre las diferentes fases respecto a los parámetros metabólicos referidos como consumo de oxígeno requerido, lo que traduce un diferente requerimiento energético para su realización. El consumo de oxígeno es significativamente mayor a medida que se van realizando las sucesivas fases de esfuerzos que integran la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera, salvo para la cuarta fase en la que este requerimiento disminuye respecto a los requerimientos de consumo de oxígeno de las fases anteriores, siendo además significativas estas diferencias con las fases 2 y 3 (figuras 4 y 5). En este sentido, el VO_2 se incrementa respecto la fase 1, en 200.9 ml/min en la fase 2 (es decir, un 11.89%) y 468,4 ml/min en la fase 3 (es decir, un 23.93%). Además, se aumenta el VO_2 en la fase 3 respecto a la anterior en 267.5 ml/min (es decir, un 13.67%) y por el contrario se reduce significativamente en 560.9 ml/min en la fase 4 respecto de la anterior (un 29.2%), y en 303.4 ml/min respecto a la fase 2 (es decir, un 17.95%), sin que se reduzca significativamente respecto al valor alcanzado en la fase 1, aunque sea 102.5 ml/min menor. Similar comportamiento se observa cuando se expresa el consumo de oxígeno en términos relativos al peso corporal en kg, o en valor porcentual a su consumo máximo de oxígeno, incrementándose significativamente un 7.6% en la fase 2 respecto de la fase anterior, y un 7.3 % en la fase 3 respecto a la fase anterior (o un 14.9% respecto de la fase 1), y reduciéndose un 17.1 % en la fase 4 respecto a la anterior.

También, y como consecuencia de ser parámetros o variables derivadas del propio consumo de oxígeno monitorizado en el esfuerzo, los equivalentes metabólicos alcanzados en cada fase, siguen el mismo patrón que el consumo de oxígeno; es decir, incrementos significativos de 1.1 METS por cada fase, y reducción de 2.3 METS en la última fase respecto a la anterior (figura 5).

Como se puede también observar en la figura 6, la frecuencia cardiaca alcanzada, por su gran relación lineal con el consumo de oxígeno en cuanto a indicador de intensidades

de esfuerzos moderados, sigue un patrón similar al observado para el VO_2 . Es decir, se alcanzan valores significativamente superiores a medida que se va progresando en las fases 1, 2 y 3, en relación a que la intensidad de esfuerzo (número de repeticiones, kilómetros a recorrer y velocidad de realización) es mayor progresivamente en cada fase; de hecho se incrementa 33.8 p.p.m. en la fase 2 respecto a la fase 1 (es decir un 21.8%), y 11 p.p.m. en la fase 3 respecto a la fase 2 (es decir, un 5.5%), lo que implica un incremento de 42.8 p.p.m. en la fase 3 respecto a la fase 1 (es decir, un 26%); igualmente sólo se reduce significativamente en 6,1 p.p.m. (es decir, un 3.8%) en la fase 4 (en la que sólo se hace un esfuerzo de carrera de 50 m) respecto a la fase anterior, pero alcanzando un valor también significativamente superior de 36.7 p.p.m. respecto al alcanzado en la fase 1 (un 23.2%). Expresado de otra forma, se empieza alcanzando en la fase 1 una frecuencia cardíaca que supone el 60.9% de la frecuencia cardíaca máxima teórica; el 77.9% en la fase 2, el 82.4% en la fase 3 y el 79.3% en la fase 4.

En cuanto a los parámetros respiratorios monitorizados en cada una de las fases de la maniobra simulada de combate, la frecuencia respiratoria significativamente se va incrementando en 2,2 r.p.m. a medida que se avanza en las tres primeras fases, y se incrementa tan solo en la fase 4 en 0.5 r.p.m. aunque de forma no significativa, lo que puede traducir no ya una situación de mayor demanda energética y de consumo de oxígeno en cada fase, sino que también implica una situación de fatiga en la última fase (figura 8). Tendencia similar se obtiene al analizar el comportamiento del volumen tidal o circulante, aunque en él no se observan diferencias significativas entre fases salvo el descenso de 257.3 ml/min en la fase 4 respecto a la anterior (figura 8). Por otra parte, la ventilación presenta un claro incremento de sus valores aumentando de la fase 1 a la fase 2 en 10 l/min y de la fase 2 a la fase 3 en 11 l/min; por el contrario en la fase 4 los valores de la ventilación descienden hasta alcanzar un valor similar al de la fase 2 (51.9 l/min), lo que puede indicar una situación de mayor fatiga en este período. Los parámetros vinculados al estudio de la eficiencia respiratoria no se comportan con un patrón similar a los anteriores, y ni siquiera entre ambos equivalentes ventilatorios (figura 7), de forma que aunque en el equivalente ventilatorio del oxígeno se aprecian incrementos significativos en la fase 2 y 4 respecto a la 1, no ocurre igual en la fase 3 cuyos valores son iguales a los de la fase 1; en cambio, el equivalente ventilatorio para el anhídrido carbónico muestra que no existen diferencias significativas entre las fases 1, 2 y 3, pero si es significativamente mayor en la fase 4 respecto a los tres anteriores, lo cual puede indicar una situación de mayor fatiga en esta fase en función de una posible compensación respiratoria de una supuesta acidosis metabólica.

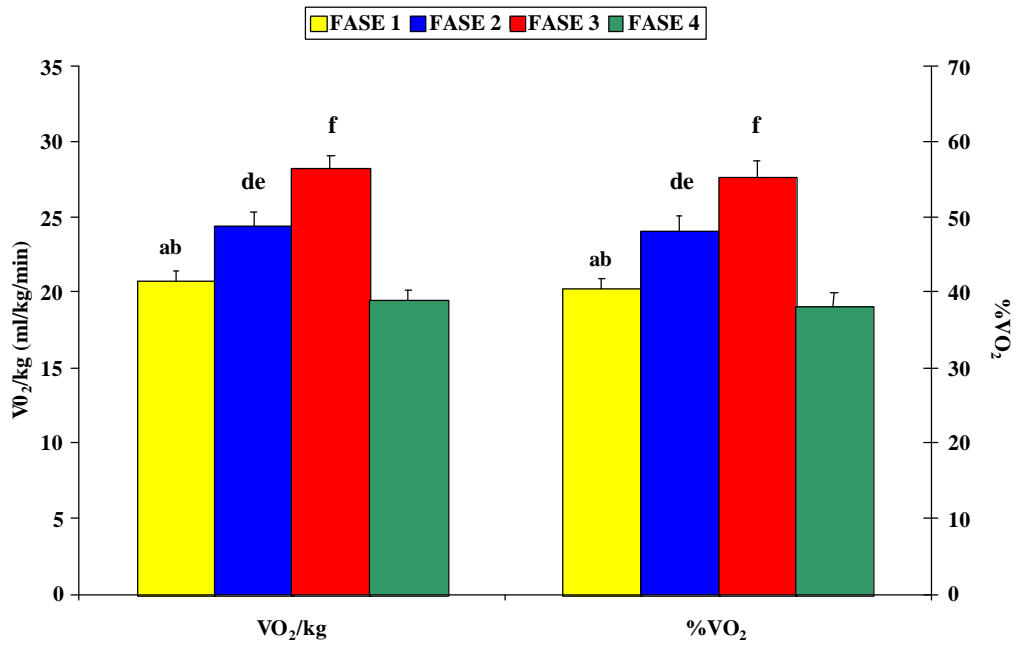


FIGURA 4. Consumo de oxígeno relativo al peso corporal (VO₂/kg), y valor porcentual respecto de su consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) en cada una de las 4 fases que componen la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: "d" y "e"; entre la fase 3 y 4: "f".

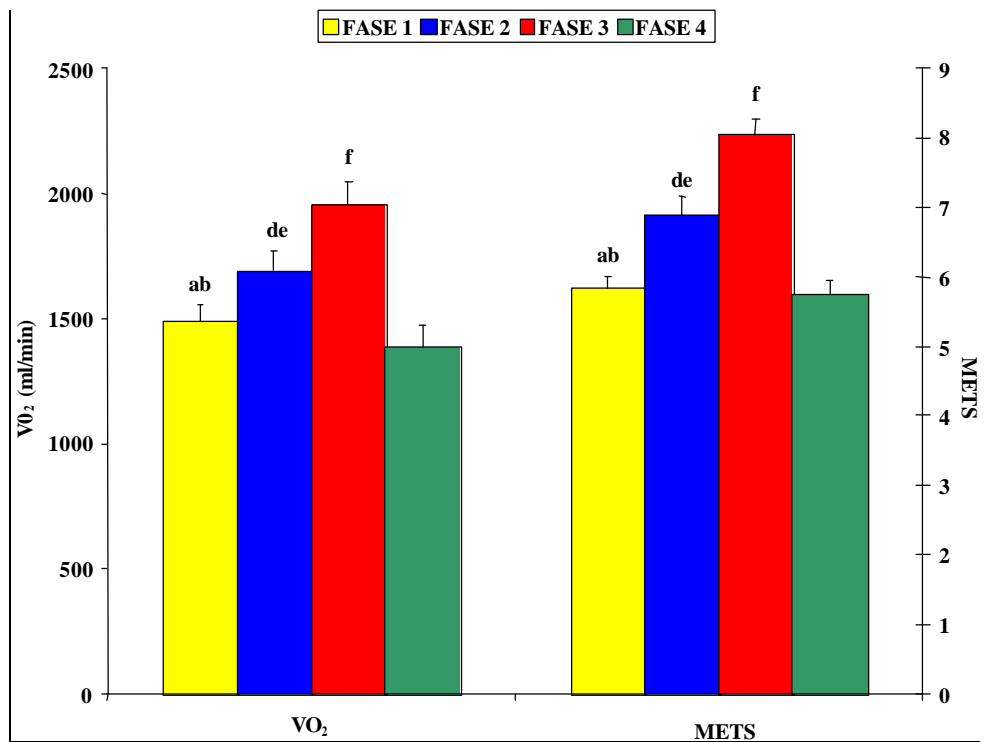


FIGURA 5. Consumo de oxígeno (VO₂) en ml/min y equivalente metabólico alcanzado (METS), en cada una de las 4 fases que componen la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: "d" y "e"; entre la fase 3 y 4: "f".

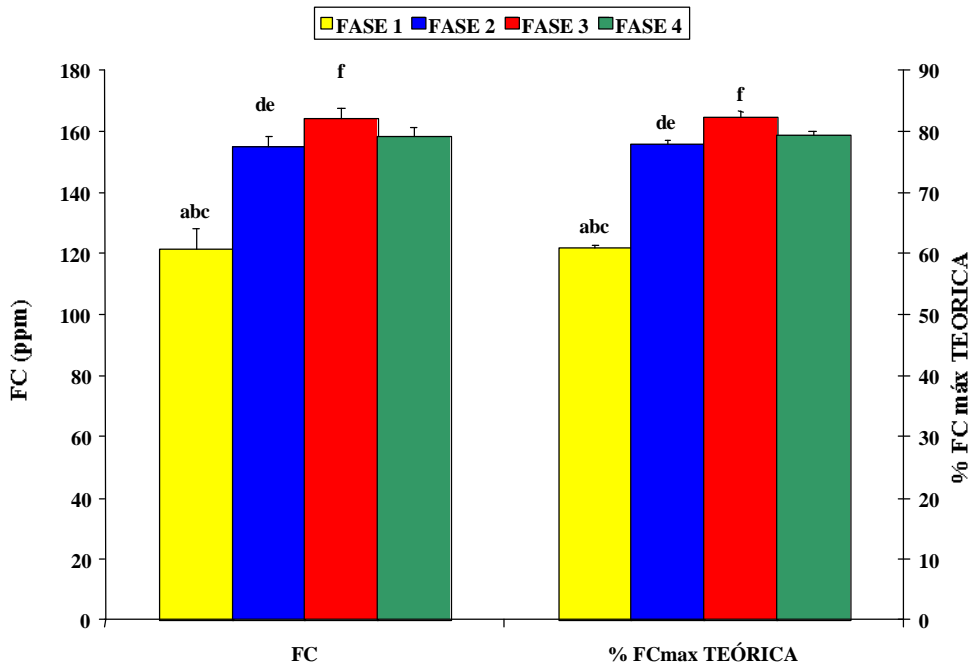


FIGURA 6. Frecuencia cardiaca (FC) y porcentaje de la FC máxima teórica alcanzadas en cada una de las 4 fases que componen la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: “d” y “e”; entre la fase 3 y 4: “f”.

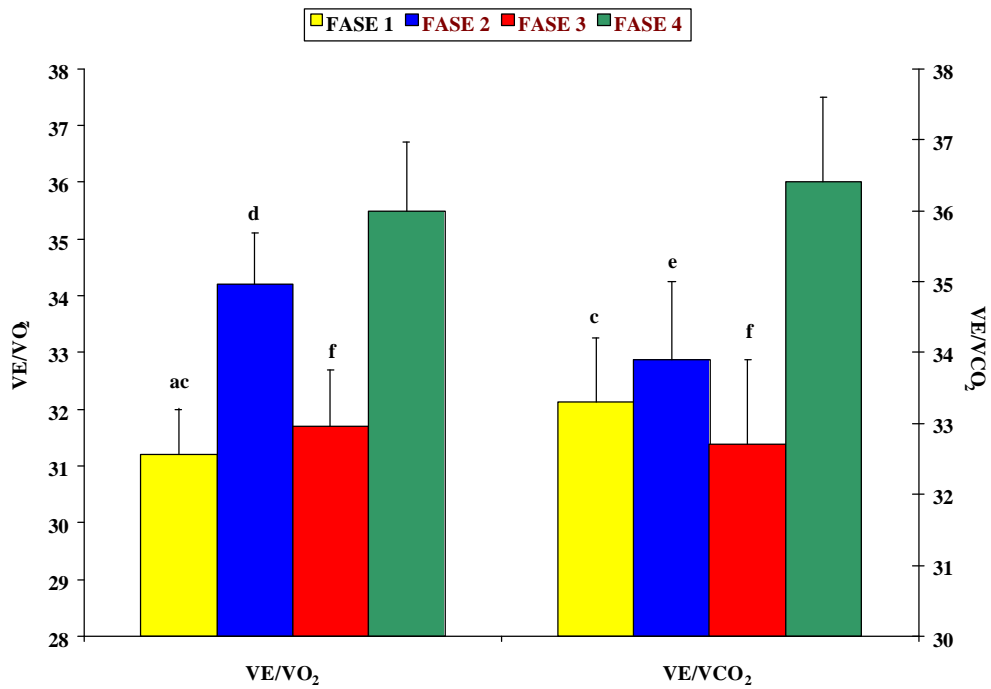


FIGURA 7. Valores del equivalente ventilatorio de oxígeno y equivalente ventilatorio del anhídrido carbónico alcanzados en cada una de las 4 fases que componen la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: “d” y “e”; entre la fase 3 y 4: “f”.

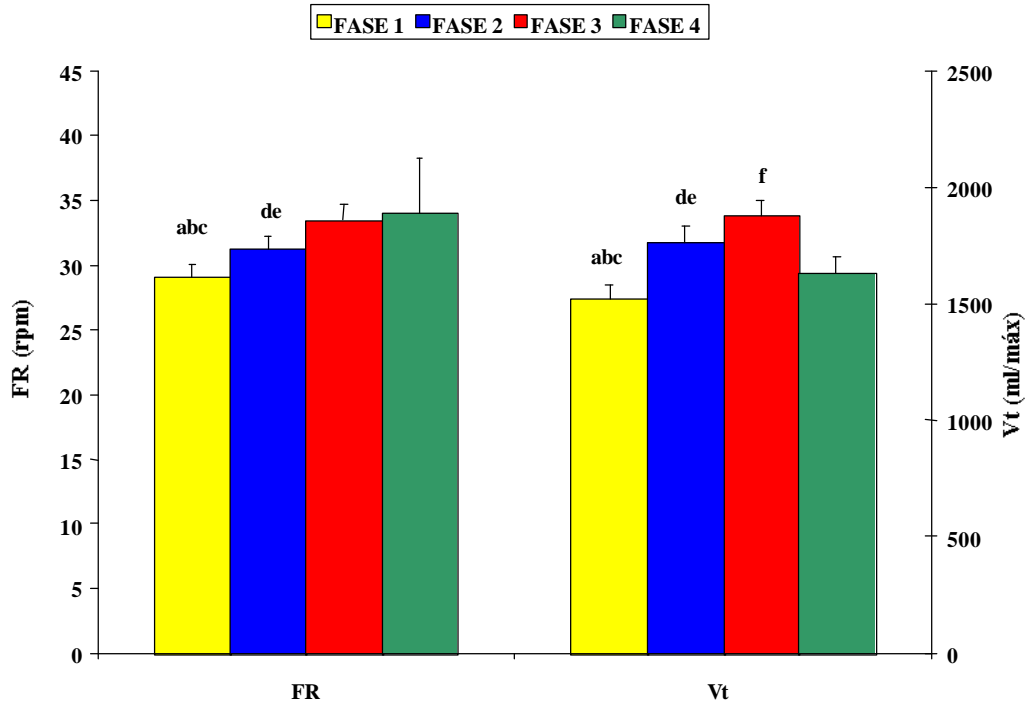


FIGURA 8. Frecuencia respiratoria y volumen tidal alcanzados en cada una de las 4 fases que componen la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: “d” y “e”; entre la fase 3 y 4: “f”.

4.11. COMPARACIÓN DEL ESFUERZO REALIZADO EN CADA UNA DE LAS SERIES QUE CONSTITUYEN LA FASE 2 DE LA MANIOBRA DE ATAQUE DE LA COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA.

La comparación entre los distintos parámetros ergoespirométricos y cardiológicos indicadores de la intensidad de esfuerzo en cada una de las 3 series que componen la fase 2 de la maniobra de combate, serie 1 (S1) o carrera de 100 m; serie 2 (S2) o carrera de 100 m; y serie 3 (S3) o carrera de 50 m, se recogen en la tabla 47. En ellas están representados los valores medios y E.E.M. de consumo de oxígeno (VO_2) expresado tanto en términos relativos al peso corporal (VO_2/Kg), como en valor porcentual a su consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2máx$). Además se expresa la relación de intercambio respiratorio (RER) y los valores de la frecuencia cardíaca alcanzada durante cada una de las carreras o series efectuadas en la fase 2 (FC), conjuntamente con los valores de la ventilación alcanzada, expresada en litros/min (VE).

En esta tabla 47 y en las figuras 9, 10, 11, 12 y 13 se expresan las diferencias significativas al comparar los resultados obtenidos en cada serie de la siguiente forma: diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y la serie 2 con la letra (a), y entre la serie 1 y la serie 3 se muestran con la letra (b); igualmente las diferencias significativas que aparecen en el análisis estadístico entre los valores de la serie 2 y los de la serie 3 se muestran con la letra (c).

	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3
VO₂/Kg (ml/kg/min)	29.8±0.9 a	34.2±1.0 c	29.1±1.0
%VO₂ (%)	58.3±2.3 a	67.1±2.6 c	57.1±2.4
FC (p.p.m.)	167.9±2.3 a	171.6±2.7 c	166.0±3.0
VE (l/min)	55.2±2.7 ab	65.0±3.2 c	60.1±2.5
RER	1 ab	1 c	1.1

TABLA 47. Comparación entre los parámetros metabólicos, ventilatorios y cardiológicos registrados en cada una de las 3 series que componen la fase 2 de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2 y 3: “a” y “b”; entre la serie 2 y 3: “c”.

Al analizar la intensidad de esfuerzo, evaluada como consumo de oxígeno en función del peso corporal (figura 9), se pueden observar diferencias significativas entre las 2 primeras series que ambas corresponden a carreras de 100 m a la misma velocidad, de forma que a pesar de los 20 seg de recuperación se requiere significativamente más VO₂, en concreto 4.3 ml/kg/min (es decir, un 12.9%) en la segunda serie lo que implica que se incrementa significativamente el porcentaje de VO₂máx necesario para realizar el mismo esfuerzo; es decir, que si se precisa más requerimiento para una misma demanda de esfuerzo, la eficiencia energética es menor, lo que puede estar relacionado con un componente de fatiga ligado a una pobre condición física si la intensidad requerida no es alta, como acontece con los requerimientos que aquí se manifiestan. Este fenómeno de la fatiga acumulada se puede ratificar observando que la serie 3, (se recorre a la misma velocidad de carrera pero tan sólo consta de 50 m, es decir la mitad de recorrido que las dos anteriores), es significativamente inferior en los requerimientos de VO₂ que en la serie que la antecede, o serie 2 (en concreto es de 5.1 ml/kg/min, un 15% menos), pero de igual cuantía requerida que la serie 1 que la dobla en distancia, requiriendo ambas una participación energética similar del orden de un 58.3% y 57.1 % del VO₂máx respectivamente (figura 10).

4. Resultados

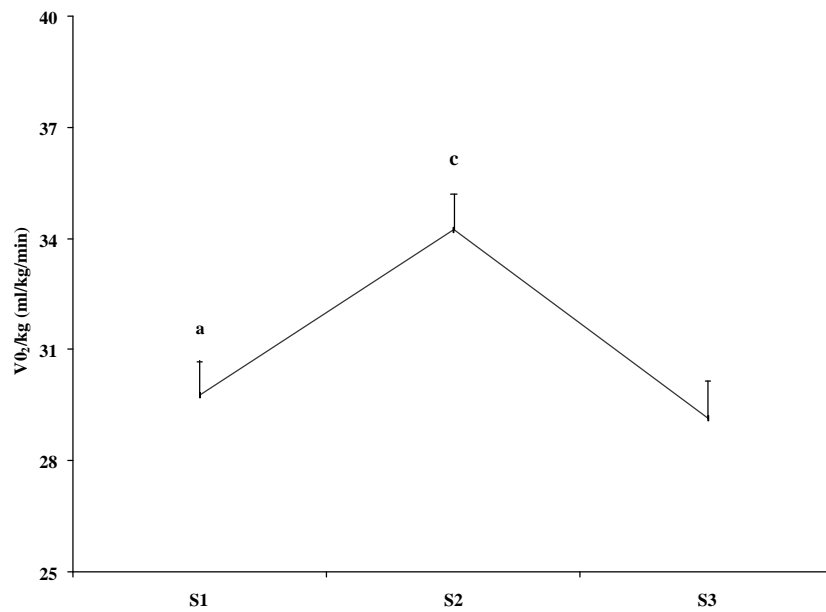


FIGURA 9. Consumo de oxígeno por kg de peso corporal en cada una de las 3 series de la fase 2, (S1 o carrera de 100 m; S2 o carrera de 100 m; y S3 o carrera de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2 y 3: "a" y "b"; entre las series 2 y 3: "c".

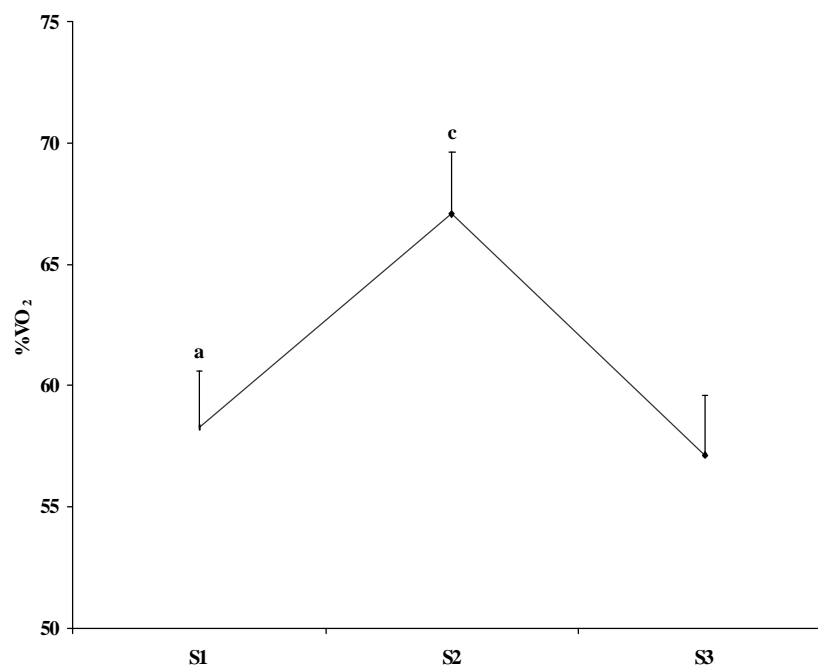


FIGURA 10. Porcentaje de consumo de oxígeno respecto a su máximo alcanzado en cada una de las 3 series de la fase 2, (S1 o carrera de 100 m; S2 o carrera de 100 m; y S3 o carrera de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2 y 3: "a" y "b"; entre las series 2 y 3: "c".

El mismo comportamiento podemos observar en las series de la fase 2 con la frecuencia cardiaca alcanzada en cada una de ellas (figura 11), siendo significativamente mayor en un 2.2% en la segunda carrera de 100 m respecto a la primera. Igual comportamiento que el VO_2 tiene la frecuencia cardiaca alcanzada en la serie 3 (carrera de 50 m) ya que es significativamente inferior en 5.6 p.p.m. (un 3.3% menor) que en la serie 2, pero prácticamente igual a la primera serie de 100 m.

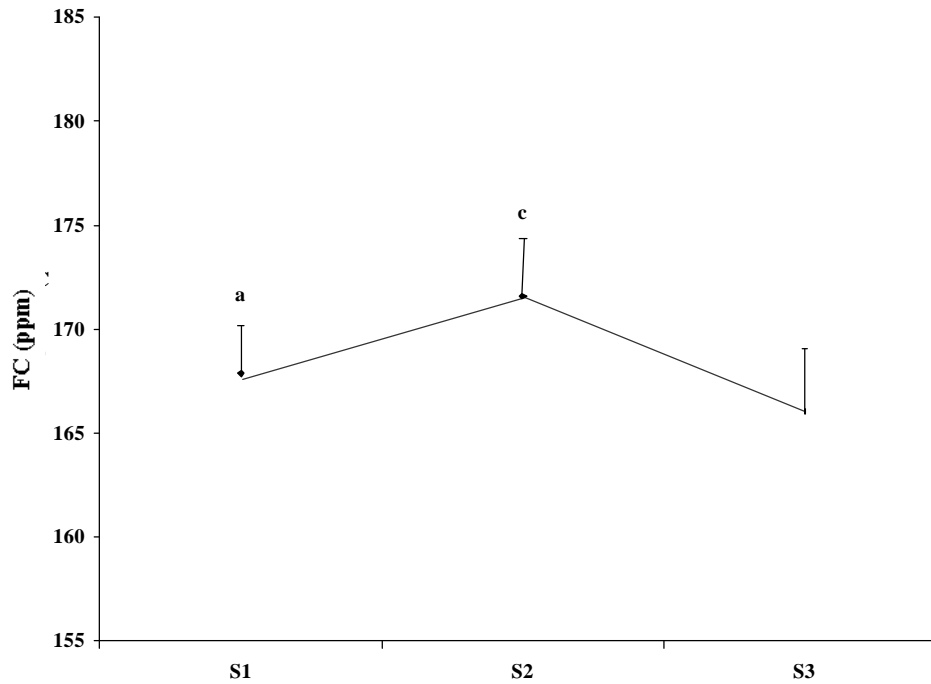


FIGURA 11. Frecuencia cardiaca alcanzada en cada una de las 3 series de la fase 2, (S1 o carrera de 100 m; S2 o carrera de 100 m; y S3 o carrera de 50 m). Valores medios y E.E.M.
Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2 y 3: "a" y "b"; entre las series 2 y 3: "c".

En la figura 12 se muestra el intercambio respiratorio en las distintas series de la fase 2 (S1, S2, S3), así como las diferencias significativas de dichos valores entre sí. El intercambio respiratorio aumenta significativamente durante toda la fase 2, siendo este aumento significativo ($p < 0,05$) entre todas las series, llegando a alcanzar al final de esta serie valores muy próximos a 1.1, lo que denota la relación del equivalente ventilatorio de CO_2 en su posible contribución a reducir la fatiga ocasionada por una acidosis metabólica.

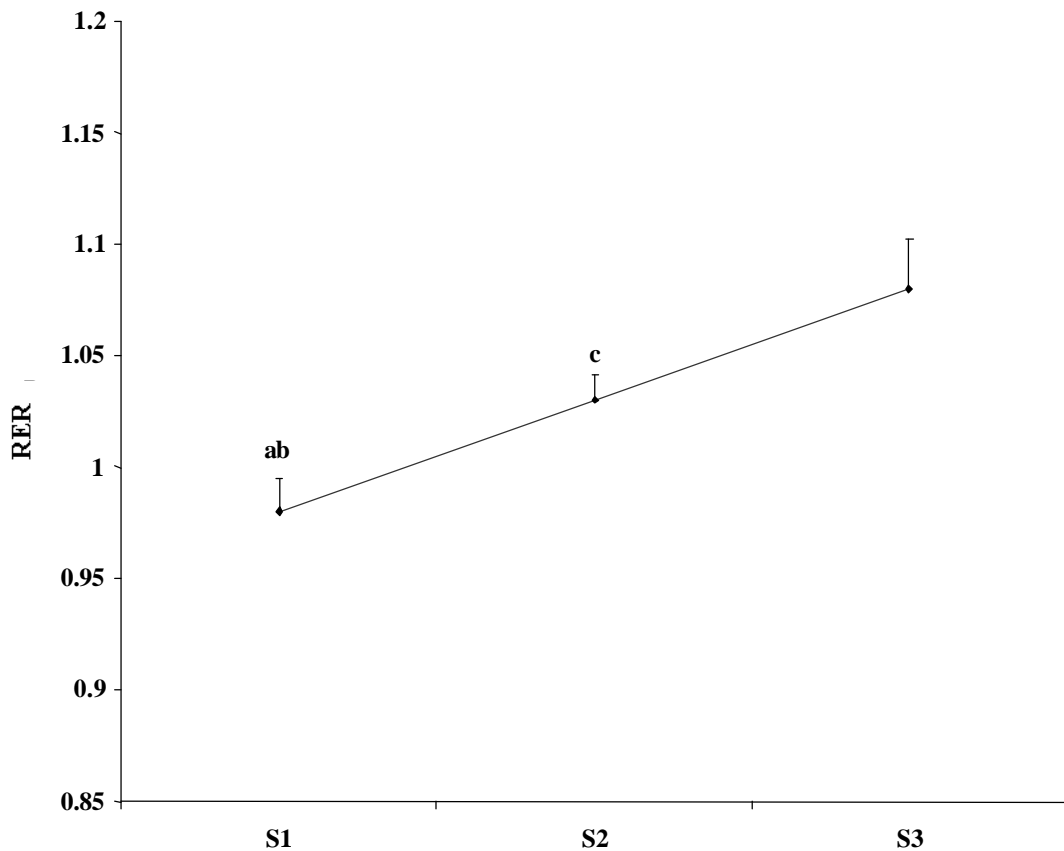


FIGURA 12. Relación de intercambio respiratorio en cada una de las 3 series de la fase 2, (S1 o carrera de 100 m; S2 o carrera de 100 m; y S3 o carrera de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2 y 3: “a” y “b”; entre las series 2 y 3: “c”.

Respecto a la ventilación (figura 13), ésta se incrementa significativamente en 9.8 l/min en la segunda carrera o serie de 100 m mientras que se reduce significativamente en 4.9 l/min en la tercera serie o carrera de 50 m. A pesar de ello, la ventilación en esta tercera serie se mantiene más elevada que en la primera carrera o serie de 100 m, en concreto 4.9 l/min (es decir, un 8.2%).

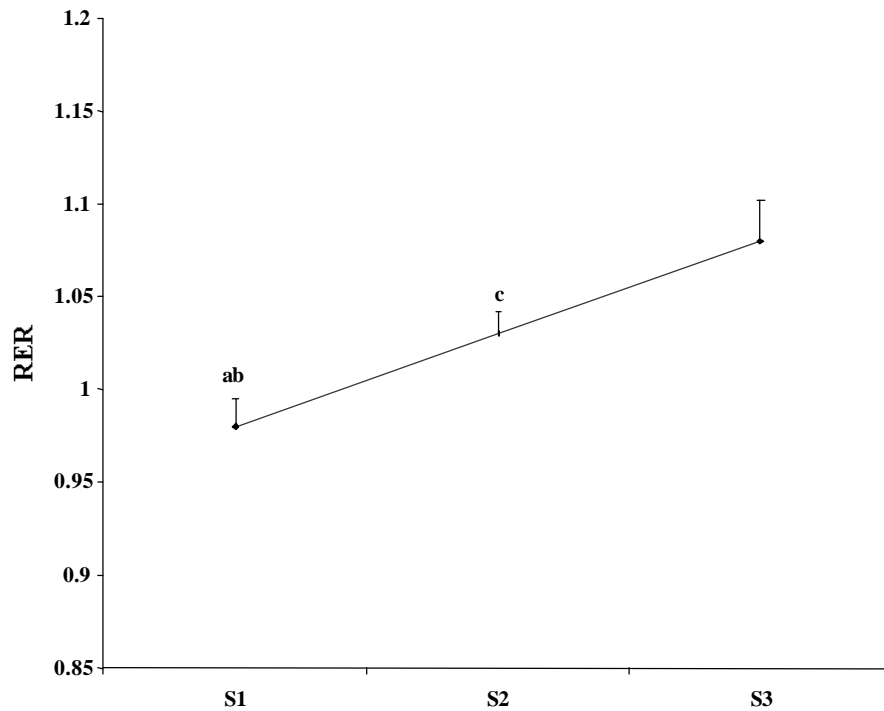


FIGURA 13. Ventilación alcanzada en cada una de las 3 series de la fase 2, (S1 o carrera de 100 m; S2 o carrera de 100 m; y S3 o carrera de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2 y 3: "a" y "b"; entre las series 2 y 3: "c".

4.12. COMPARACIÓN DEL ESFUERZO REALIZADO EN CADA UNA DE LAS 4 SERIES QUE CONSTITUYEN LA FASE 3 DE LA MANIOBRA DE ATAQUE DE LA COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA.

Resulta de especial interés a la hora de analizar la condición física de los soldados de nuestro estudio, comparar la intensidad de esfuerzo requerida para la realización de cuatro carreras consecutivas de 50 m a velocidad constante y con escasa pausa de recuperación entre ellas (5 seg). Por ello, en la tabla 48 se muestran los valores ergoespirométricos y cardiológicos monitorizados durante la fase 3, correspondientes a los valores de finalización de cada una de las cuatro series de 50 m que la componen, analizándose los mismos parámetros que en el estudio de las 3 series que componen la fase 2; es decir, el consumo de oxígeno (VO_2) expresado tanto en términos relativos al peso corporal (VO_2/Kg), como respecto al porcentaje de consumo de oxígeno máximo alcanzado ($\%VO_2máx$); la relación de intercambio respiratorio (RER); los valores de la frecuencia cardíaca alcanzada (FC) y la ventilación expresada en litros/min (VE).

En esta tabla 48, y en las figuras 14, 15, 16, 17 y 18 en la columna correspondiente a la serie 1 se muestran las diferencias significativas ($p < 0,05$) encontradas cuando se

comparan los resultados de la serie 1 con los de la serie 2, serie 3 y serie 4, siendo manifestadas y expresadas respectivamente con las letras (a), (b) y (c). En la columna correspondiente a la serie 2 se comparan los resultados de la serie 2 con los de la serie 3 y serie 4 y se expresan respectivamente con las letras (d) y (e). Finalmente en la columna correspondiente a la serie 3 se comparan con los de la serie 4 y se expresan con la letra (f).

	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4
VO₂/Kg (ml/kg/min)	31.1±1.2 abc	34.2±1.1 e	35.2±1.1 f	26.1±1.0
%VO₂ (%)	60.7±2.7 abc	66.9±2.6 e	68.8±2.6 f	51.0±2.2
FC (p.p.m.)	163.0±2.8 abc	170.5±3.0 de	173.1±3.0	173.9±2.7
VE (l/min)	51.6±3.3 abc	66.3±2.9 d	69.4±3.2 f	65.8±3.8
RER	1.0±0.0 abc	1.0±0.0 d	1.0±0.0	1.0±0.0

TABLA 48. Comparación entre los parámetros metabólicos, ventilatorios y cardiológicos registrados en cada una de las 3 series que componen la fase 2 de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la serie 2 y las series 3 y 4: “d” y “e”; entre las series 3 y 4: “f”.

En la tabla 48 y en las figuras 14 y 15 se puede observar como los parámetros metabólicos referidos como consumo de oxígeno alcanzado, tanto en términos relativos al peso, como en porcentaje respecto a su VO₂máx, muestran un valor significativamente mayor a medida que se realiza una nueva serie o carrera de 50 m, excepto en la última serie o carrera donde se reduce significativamente respecto a cada una de las series anteriores. Los incrementos observados a medida que se suceden las series o carreras de 50 m, son de 3,1 ml/kg/min (es decir, un 9.1%) en la segunda serie o carrera de 50 m y de 1 ml/kg/min más en la tercera serie (es decir, un 2.9%), por lo que la tercera respecto a la primera se ha incrementado en 4.1 ml/kg/min (es decir, un 11.65%). En cambio la cuarta serie resulta sorprendente que reduzca significativamente en 9.1 ml/kg/min (un 25.86%) respecto a la serie anterior, incluso también requiere 5 ml/kg/min (es decir, un 16.08%) menos que en la primera serie. Igual comportamiento se observa en el porcentaje de consumo máximo de oxígeno requerido, que tiende a incrementarse en un 6.2 % en la segunda serie y en un 1.9% en la tercera, pero se reduce en un 17.8% en la serie 4 respecto a la anterior. Posiblemente ello pudiera inducir a pensar en una escasa condición física que impide un rendimiento físico y fisiológico en la cuarta serie acorde al alcanzado en las anteriores, de forma que la progresión en la intensidad a satisfacer es reducida cuando se comparan los incrementos observados entre las series 1, 2 y 3.

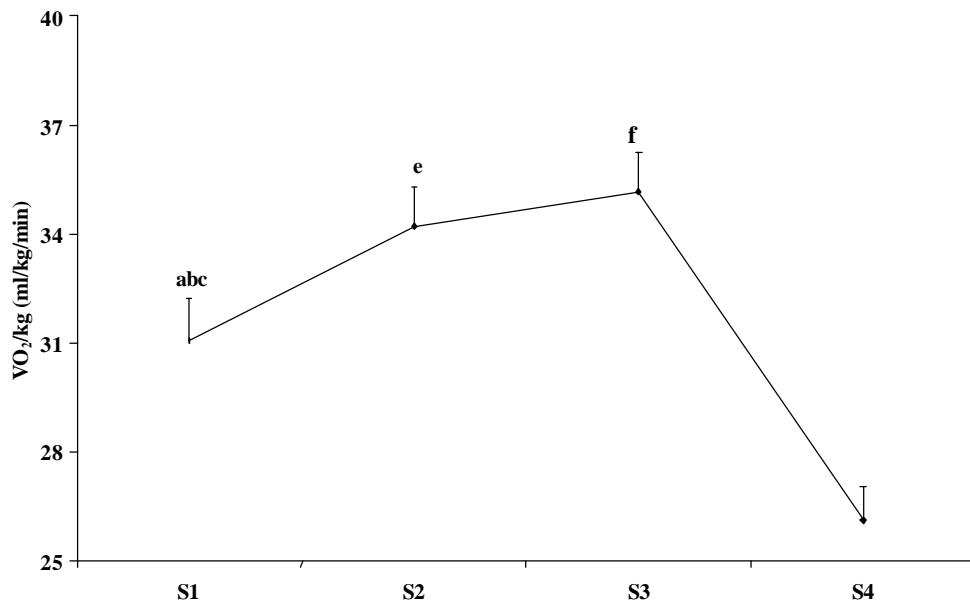


FIGURA 14. Consumo de oxígeno en función del peso corporal alcanzado en cada una de las 4 series de la fase 3, (S1; S2; S3 y S4, todas ellas carreras de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la serie 2 y las series 3 y 4: “d” y “e”; entre las series 3 y 4: “f”.

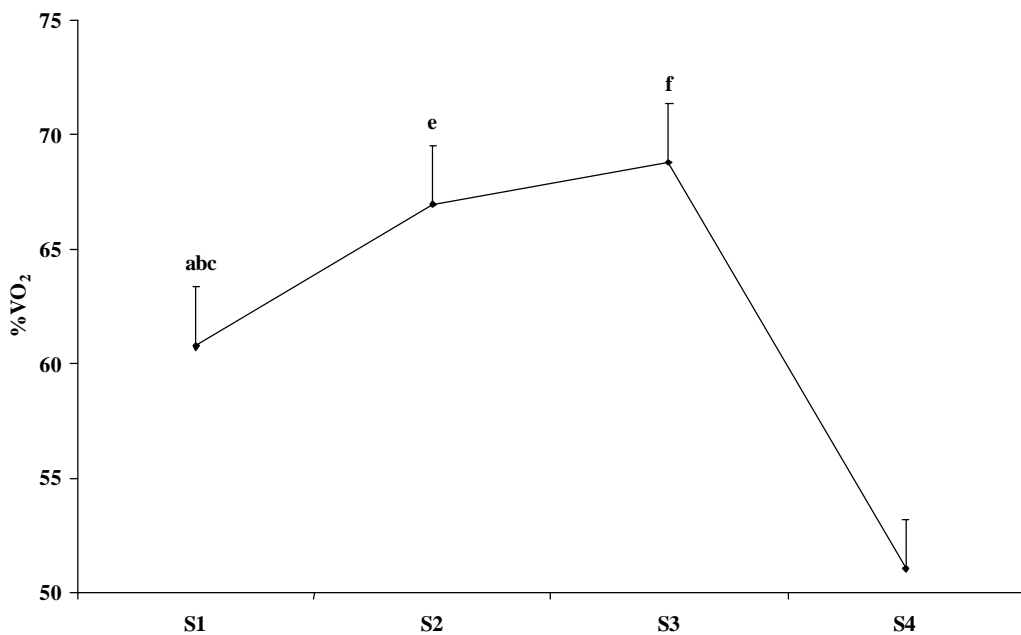


FIGURA 15. Porcentaje de consumo de oxígeno máximo requerido en cada una de las 4 series de la fase 3, (S1; S2; S3 y S4, todas ellas carreras de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la serie 2 y las series 3 y 4: “d” y “e”; entre las series 3 y 4: “f”.

Respecto al comportamiento de la frecuencia cardiaca alcanzada en cada una de las 4 series o carreras de 50 m se puede observar en la figura 16 como se va incrementando significativamente en cada una de las sucesivas series o carreras, siendo el mayor incremento el obtenido en la segunda serie respecto a la primera, llegando a ser de 7.5 p.p.m. (es decir, un 4.4% mayor), incremento que persiste al realizar la tercera pero ya sólo del orden

de 2.6 p.p.m. (es decir un 1.6% más), y en la última serie, en la que el consumo de oxígeno caía significativamente, la frecuencia cardiaca aún se incrementa un 0.5%.

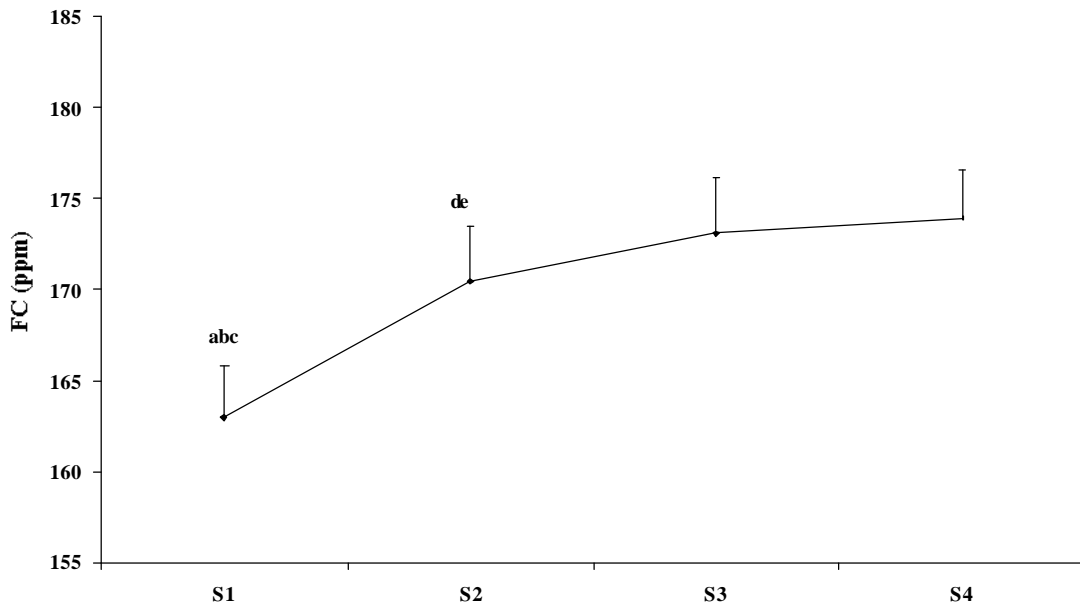


FIGURA 16. Frecuencia cardiaca alcanzada en cada una de las 4 series de la fase 3, (S1; S2; S3 y S4, todas ellas carreras de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la serie 2 y las series 3 y 4: "d" y "e"; entre las series 3 y 4: "f".

Igualmente en la figura 17 se representa el comportamiento de la relación de intercambio respiratorio, siendo significativamente inferior en la primera serie respecto a las demás, alcanzándose el mayor índice en la tercera serie o carrera de 50 m pero sin apenas sobrepasar el valor de 1.

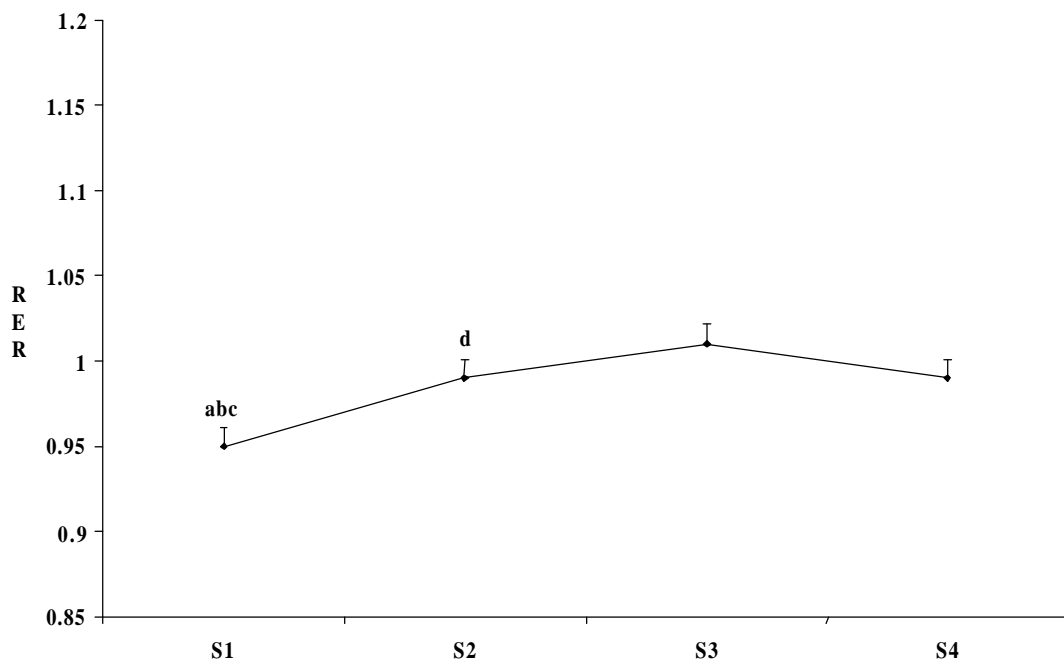


FIGURA 17. Relación de intercambio respiratorio alcanzada en cada una de las 4 series de la fase 3, (S1; S2; S3 y S4, todas ellas carreras de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la serie 2 y las series 3 y 4: "d" y "e"; entre las series 3 y 4: "f".

En cuanto a las modificaciones de la ventilación se puede observar en la figura 18 que posee un comportamiento similar al de la frecuencia cardíaca, incrementándose significativamente a medida que se suceden las series del orden de 14.7 l/min (un 22.1%) en la segunda serie, y de 3.1 l/min en la tercera serie respecto de la anterior (es decir, un 4.5%). En la serie cuarta se reduce en un 5.2% respecto de la serie tercera, si bien está significativamente más aumentada que en la primera serie o carrera de 50 m (un 21.6%).

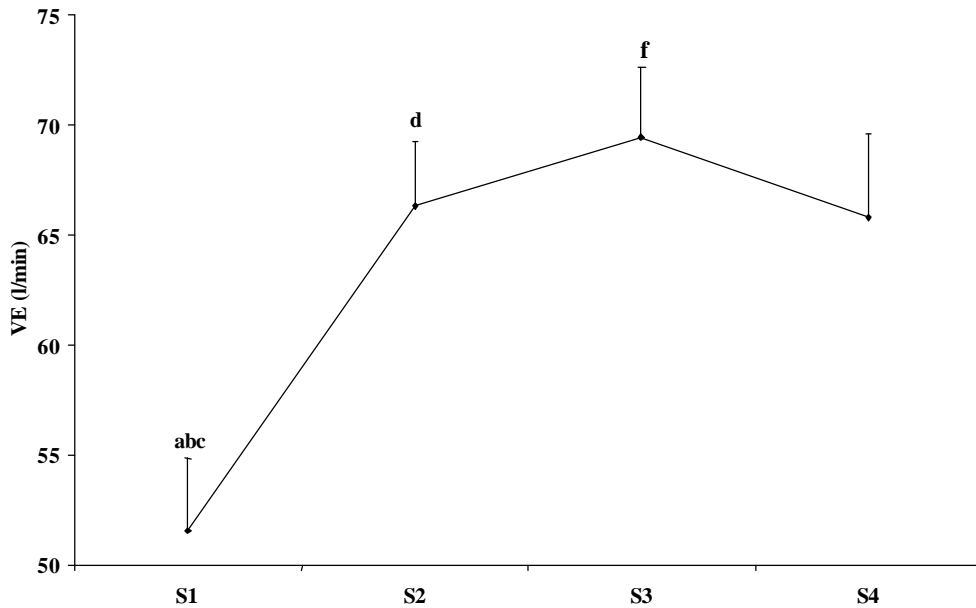


FIGURA 18. Ventilación alcanzada en cada una de las 4 series de la fase 3, (S1; S2; S3 y S4, todas ellas carreras de 50 m). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la serie 1 y las series 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la serie 2 y las series 3 y 4: “d” y “e”; entre las series 3 y 4: “f”.

4.13. COMPARACIÓN DEL ESFUERZO REALIZADO EN LA SERIE DE 50 METROS DE LA FASE 2 CON LAS SERIES DE LA FASE 3 DE LA MANIOBRA DE ATAQUE DE LA COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA.

La fase 2 y la fase 3 de la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera tienen por denominador común, que desarrollan series de carreras en las que una de ellas, al menos, es de 50 metros. En concreto, precisamente la última serie de la fase 2 que va precedida por otras dos de 100 metros, es una carrera de 50 metros, mientras que todas las de la fase 3 también son carreras de 50 metros. Con el objeto de valorar mejor la influencia de la fatiga sobre la condición física, en la tabla 49 se comparan los valores ergoespirométricos y cardiológicos monitorizados en la última serie de 50 metros de la fase 2 y las sucesivas series de la fase 3. En ella, se analizan los mismos parámetros que se habían estudiado en los apartados comparativos anteriores referidos al consumo de oxígeno, a la frecuencia cardíaca y a la ventilación.

Las diferencias significativas que se han observado entre la última serie de 50 metros de la fase 2 y el resto de las series de 50 metros de la fase 3, son expresadas respectivamente con las letras (a), (b), (c) y (d) para las series 1, 2, 3 y 4 de la fase 3, tal y como queda reflejado en la columna de la fase 2 de la tabla 49.

	50m Fase 2	1°-50m	2°-50m	3°-50m	4°-50m
VO₂/Kg (ml/kg/min)	29.1±1.0 bcd	31.1±1.2	34.2±1.1	35.2±1.1	26.1±1.0
%VO₂ (%)	57.1±2.4 bcd	60.7±2.7	66.9±2.6	68.8±2.6	51.0±2.2
FC (p.p.m.)	166±3 abcd	163.0±2.8	170.5±3.0	173.1±3.0	173.9±2.7
VE (l/min)	60.1±2.5 abcd	51.6±3.3	66.3±2.9	69.4±3.2	65.8±3.8
RER	1.1±0 abcd	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0

TABLA 49. Comparación entre los parámetros metabólicos, ventilatorios y cardiológicos registrados entre la última serie de 50 metros de la fase 2 y el resto de series iguales de la fase 3 que constituyen la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la última serie de la fase 2 y las sucesivas series 1, 2, 3 y 4 de la fase 3 que son expresadas como: “a”, “b”, “c” y “d”.

Tal y como se aprecia en la tabla 49 y en la figura 19, el consumo de oxígeno requerido para la realización de estas series es significativamente mayor en la fase 3 a medida que se suceden las series o carreras de 50 metros, salvo para la serie 1 que no difiere significativamente de la serie de 50 metros de la fase 2. Incluso la última serie o 4ª carrera de 50 metros de la fase 3 requiere significativamente menor consumo de oxígeno que la correspondiente a la fase 2 (un total de 3 ml/kg/min menos, es decir un 10.4%). Similar comportamiento se observa en la figura 20 con el porcentaje de consumo de oxígeno requerido y que no sobrepasa el 69% en la tercera serie de la fase 3, y apenas se queda en el 57 y 51% respectivamente en la últimas series de las fases 2 y 3. Los porcentajes de consumo de oxígeno no difieren entre la última serie de la fase 2 y la primera de la fase 3, aunque tiende a ser mayor un 3.6% en ésta. Además este valor se incrementa significativamente en la segunda y tercera serie (9.8% y 11.1%), aunque se reduce significativamente un 6.1% en la última serie de 50 metros de la fase 3.

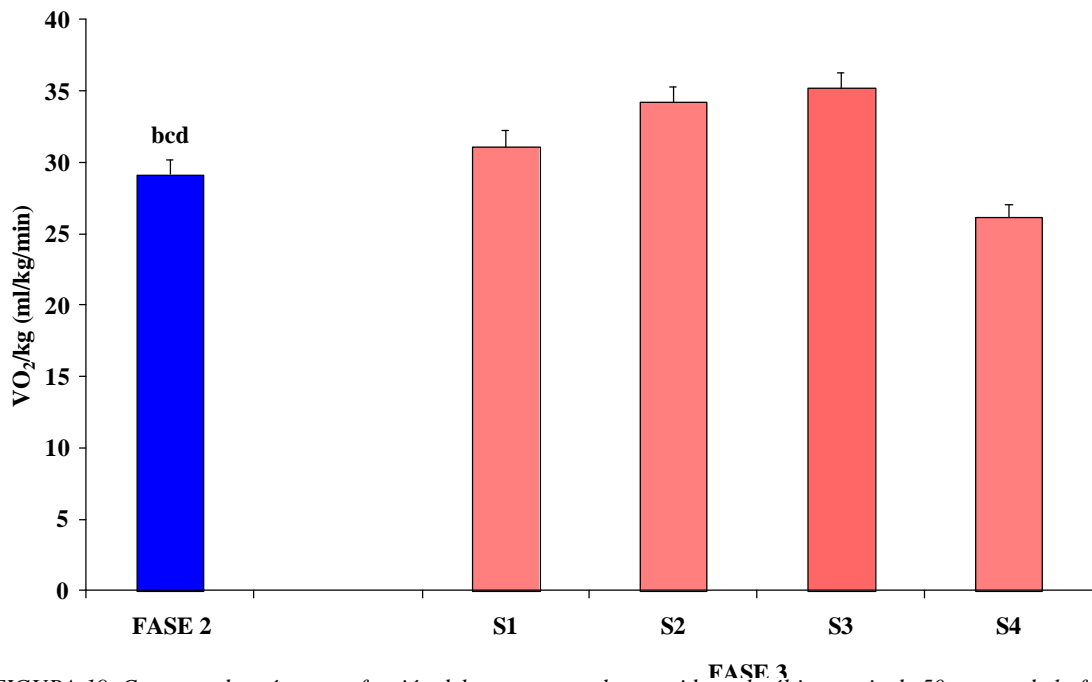


FIGURA 19. Consumo de oxígeno en función del peso corporal requerido en la última serie de 50 metros de la fase 2 y cada una de las series de 50 metros de la fase 3 (S1; S2; S3 y S4.). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la última serie de la fase 2 y las sucesivas series 1, 2, 3 y 4 de la fase 3 que son expresadas como: "a", "b", "c" y "d".

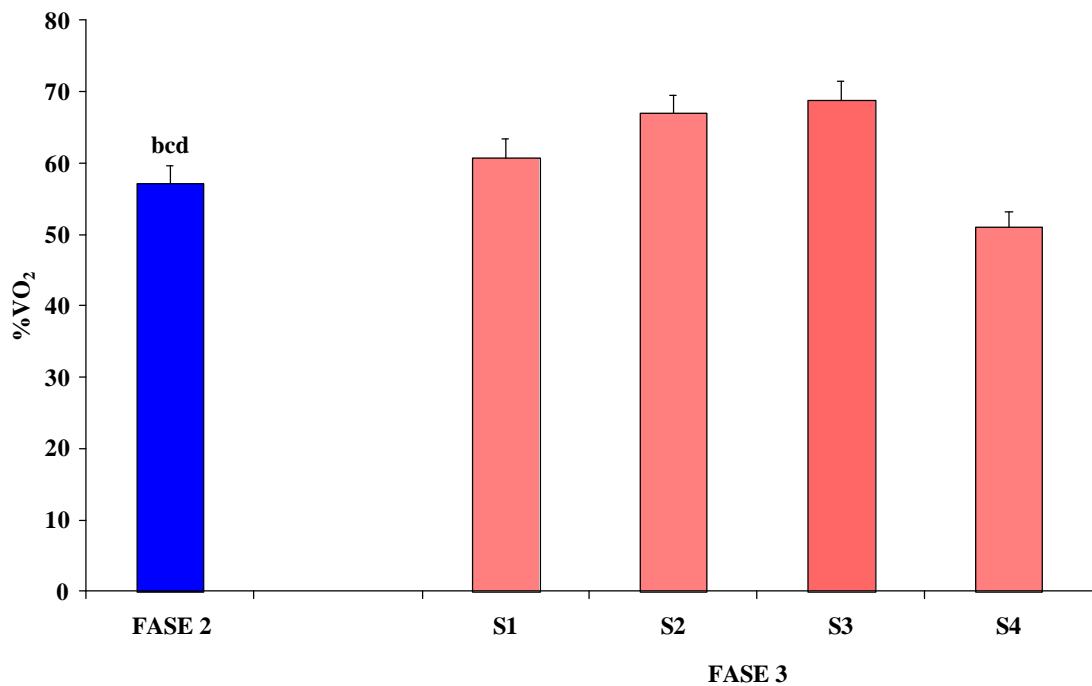


FIGURA 20. Porcentaje de consumo de oxígeno máximo requerido en la última serie de 50 metros de la fase 2 y cada una de las series de 50 metros de la fase 3 (S1; S2; S3 y S4.). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la última serie de la fase 2 y las sucesivas series 1, 2, 3 y 4 de la fase 3 que son expresadas como: "a", "b", "c" y "d".

También como se observa en la tabla 49 y en la figura 21 existen diferencias significativas entre la frecuencia cardíaca alcanzada en la última serie de la fase 2 y el resto de las series de igual intensidad de la fase 3. Si bien la tendencia significativa es que la frecuencia cardíaca se incremente en función de las series, esto no ocurre, sino que se reduce significativamente, en la primera serie de la fase 3. Ello posiblemente esté en relación con los fenómenos de fatiga y tiempo de recuperación entre esfuerzos de ésta índole.

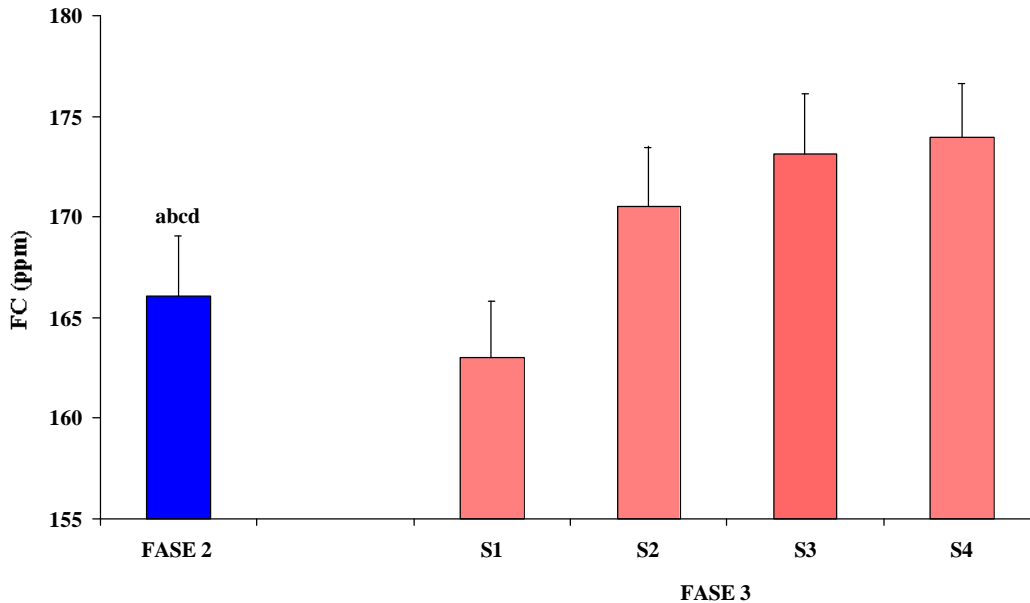


FIGURA 21. Frecuencia cardíaca alcanzada en la última serie de 50 metros de la fase 2 y cada una de las series de 50 metros de la fase 3 (S1; S2; S3 y S4). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la última serie de la fase 2 y las sucesivas series 1, 2, 3 y 4 de la fase 3 que son expresadas como: "a", "b", "c" y "d".

Por último, el comportamiento de la ventilación es similar al obtenido con el consumo de oxígeno, observándose en la tabla 49 y en la figura 22 diferencias significativas entre los valores correspondientes a la última serie de 50 metros de la fase 2 y todas las series de 50 metros de la fase 3, de forma que es significativamente menor en la serie 1 de la fase 3 (en concreto, 8.5 l/min, es decir un 14.2% menos), y mayor para el resto, hasta de 9.3 l/min (un 13.5% más) en la tercera serie de la fase 3.

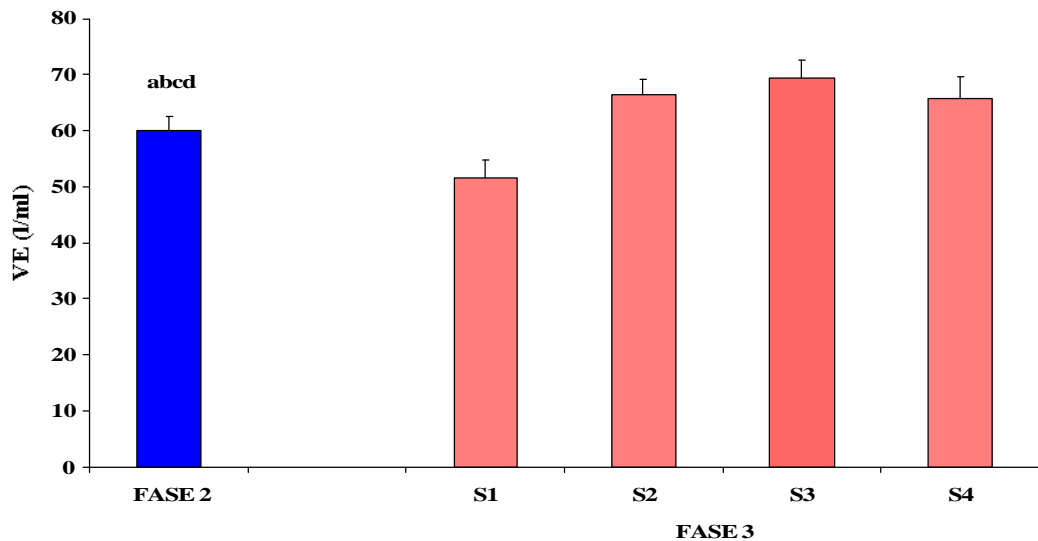


FIGURA 22. Ventilación alcanzada en la última serie de 50 metros de la fase 2 y cada una de las series de 50 metros de la fase 3 (S1; S2; S3 y S4.). Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la última serie de la fase 2 y las sucesivas series 1, 2, 3 y 4 de la fase 3 que son expresadas como: "a", "b", "c" y "d".

4.14. ANÁLISIS DEL GRADO (TIEMPO) DE RECUPERACIÓN QUE IMPLICA EL ESFUERZO DESARROLLADO EN LAS DIFERENTES FASES DE LA MANIOBRA DE ATAQUE DE LA COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA.

En este estudio resulta de especial interés conocer la eficacia de los períodos de recuperación para poder afrontar con las mejores garantías de éxito el esfuerzo siguiente. Por ello, se ha planteado el análisis de las diferencias entre el primer y tercer minuto de la recuperación del esfuerzo de todas las fases de la maniobra, y de esta forma establecer la diferencias entre una recuperación inmediata (1º minuto) y otra más diferida (3º minuto). Posteriormente se han analizado las diferencias de la recuperación al esfuerzo que ocurren entre cada una de las fases tanto en el primer como en el tercer minuto de la recuperación.

4.14.1. Diferencias entre el 1º y 3º minuto de recuperación del esfuerzo de todas las fases de la maniobra ofensiva.

En este estudio se pretende analizar como el tiempo que transcurre en la fase de recuperación influye en la misma, comparándose los parámetros metabólicos (VO_2), ventilatorios (VE) y cardiológicos (FC) monitorizados al primer minuto y tercer minuto de la recuperación, de todas las fases de esfuerzo realizadas en la maniobra de combate de la compañía de infantería ligera.

Para una mejor comprensión de los valores de la recuperación se presentan en la tabla 50, no sólo los valores monitorizados obtenidos al primer (R-1) y tercer minuto (R-2) de la recuperación, sino también los valores máximos y medios correspondientes al esfuerzo desarrollado en cada una de las fases de la maniobra. Estos parámetros se expresan como consumo de oxígeno (VO_2) expresado en términos relativos al peso corporal (VO_2/Kg), así como el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2\text{máx}$), además de la frecuencia cardiaca en p.p.m. (FC) y la ventilación alcanzada expresada en litros/min (VE).

Como se puede observar en la tabla 50, la recuperación al tercer minuto es significativamente diferente, y favorable, en todos los parámetros analizados que pueden identificar la capacidad de recuperación.

	Valores máximos	Valores Esfuerzo	R-1	R-3	"p"
VO_2 (ml/min)	3394.1	1631.3	850.6±27.9	435.2±18.6	*
VO_2/Kg (ml/kg/min)	51.15	23.2	12.5±0.4	6.4±0.3	*
$\%VO_2$ (%)	100	45.48	24.3±0.8	12.4±0.5	*
FC (p.p.m.)	189.8	149.6	137.3±1.7	120.4±1.3	*
VE (l/min)	138.7	54.43	35.8±1.0	22.7±0.7	*

TABLA 50. Comparación entre los valores medios obtenidos en el 1er minuto (R-1) y 3er minuto (R-3) de la recuperación, así como valores máximos y valores medios de todas las fases de esfuerzo de la maniobra protocolizada.

Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas entre R-1 y R-3: $*=p<0,05$.

En la tabla 51 se presentan los valores medios del esfuerzo desarrollado en todas las fases que componen la maniobra, al igual que los valores basales correspondientes a la fase 0, de inicio de la maniobra con el equipo de combate, para así comprender mejor en que porcentaje se recupera el soldado al 1º y 3º minuto de recuperación del esfuerzo medio desarrollado. Además, como el tercer minuto del período de recuperación coincide con el final de una fase y la situación metabólica de inicio de la siguiente, también se muestra en la tabla el porcentaje de incremento de los parámetros analizados respecto a la situación basal de inicio de la maniobra con el equipo (fase 0).

	Esfuerzo	$\%R-1$	$\%R-3$	"p"	Basal	$\%>Basal$
VO_2 (ml/min)	1631.3	48	77.3	*	258	68.6
VO_2/Kg (ml/kg/min)	23.2	46.1	72.4	*	4.6	39.1
FC (p.p.m.)	149.6	8.22	19.5	*	88.8	35.6
VE (l/min)	54.43	34.2	58.3	*	13.6	66.9

TABLA 51. Análisis de los porcentajes de recuperación obtenidos al 1er minuto ($\%R-1$) y al 3er minuto ($\%R-3$) de la recuperación respecto de los valores de esfuerzo medio en las fases de la maniobra y porcentaje de incremento respecto a los valores basales ($\%>Basal$) o de inicio de la maniobra. Diferencias significativas entre $\%R-1$ y $\%R-3$: $*=p<0,05$.

Los esfuerzos que suponen por término medio las diferentes fases que constituyen la maniobra de ataque que realizan los soldados objeto de estudio, requieren un consumo de oxígeno de 23.2 ml/kg/min, es decir un 45.4% del $\text{VO}_2\text{máx}$, por lo que son más bien esfuerzos de intensidad suave o moderada. A pesar de no ser esfuerzos cuantitativamente intensos, en valores absolutos (ml/min), se puede observar como sólo se recupera en el primer minuto un 48% el oxígeno (es decir, persiste una deuda de oxígeno inmediata del 52%), y mientras que la recuperación es del 77.3% en el 3º minuto (es decir, persiste una deuda de oxígeno del 22.7%), de forma que aún el consumo de oxígeno al 3º minuto, o momento de inicio de la siguiente fase, estaría incrementado en un 68.6%, por lo que la situación metabólica no parece ser la más óptima.

Si se analiza la frecuencia cardiaca, que en una maniobra ofensiva de combate simulado no estará afectada por otros factores de estrés simpático y neuroendocrino como en circunstancias de combate con fuego real no simuladas, se observa que se alcanzan frecuencias cardiacas medias de esfuerzo en torno a las 150 p.p.m (lo que confirma que se trata de esfuerzos no intensos, o mejor calificados esfuerzos de moderada intensidad). Sin embargo, la frecuencia cardiaca de recuperación tan sólo se ha reducido en un 8.2% en el primer minuto y en un 19.5% en el tercer minuto, respecto al valor del esfuerzo. Es decir, que está incrementada un 35.6% respecto de la situación basal a pesar de disponer de un tiempo de recuperación más que suficiente para sujetos medianamente entrenados.

Analizando la ventilación en la maniobra protocolizada, ésta sigue un comportamiento similar, precisando de ventilaciones en el esfuerzo de 54.4 l/min por término medio (un 39.2% de su ventilación máxima), recuperando un 34.2% al primer minuto y un 58.3% al 3º minuto de recuperación, de forma que está incrementada un 66.9% respecto a la situación basal. Estos datos confirman que la ventilación está posiblemente condicionada por el alto estímulo respiratorio que supone la producción incrementada de CO_2 consecuencia de la compensación respiratoria de una acidosis metabólica “temprana” derivada de la pobre condición física ante tales esfuerzos. Además, estos datos parecen confirmar las relaciones de intercambio respiratorio a tales esfuerzos observadas en las fases de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera.

4.14.2. Análisis al 1º minuto de recuperación en cada una de las fases de esfuerzo de la maniobra ofensiva.

Una vez analizado el esfuerzo que supone realizar cada una de las fases de la maniobra protocolizada y la comparación de las mismas, y tras observar, como era lógico, un comportamiento significativamente diferente entre el 1º y 3º minuto de recuperación, en este estudio se ha considerado importante analizar las diferencias en la recuperación al 1º

minuto en cada una de las fases de esfuerzo valoradas en función del esfuerzo significativamente diferente que les supuso unas fases respecto a otras (tabla 52).

Los valores monitorizados al primer minuto de recuperación en cada una de las fases que componen el estudio se muestran en la tabla 52, y corresponden al consumo de oxígeno (VO_2) expresado tanto en términos relativos al peso corporal (VO_2/Kg) como en porcentaje de consumo de oxígeno máximo ($\% \text{VO}_2\text{máx}$), a la frecuencia cardiaca en p.p.m. (FC) y a la ventilación en l/min (VE) que se tiene en dicho 1º minuto de la recuperación. En esta tabla 52 también se muestra la comparación efectuada entre las diferentes fases, representándose las diferencias significativas encontradas entre los diferentes valores de recuperación de la fase 1 y las sucesivas fases 2, 3 y 4 con las respectivas letras (a), (b) y (c); las de la fase 2 con las sucesivas fases 3 y 4 con las letras (d) y (e); y las de la fase 3 y 4 con la letra (f).

R-1	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
VO_2 (ml/min)	859.8±49.0 c	906.1±65.3 e	905.1±60.6 f	731.2±41.2
VO_2/Kg (ml/kg/min)	12.5±0.7 c	13.4±1.1 e	13.3±1.0 f	10.7±0.7
$\% \text{VO}_2$ (%)	24.2±1.3 c	25.9±2.0 e	26.1±1.9 f	20.9±1.3
FC (p.p.m.)	128.7±3.2 abc	137.7±2.6 d	146.8±3.4 f	136.1±3.4
VE (l/min)	34.9±1.9 ab	38.5±2.1 e	38.7±2.1 f	31.1±1.2

TABLA 52. Parámetros metabólicos, cardiológicos y ventilatorios al primer minuto de la recuperación en las diferentes fases de esfuerzo. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: “d” y “e”; entre las fases 3 y 4: “f”.

Los parámetros metabólicos expresados como VO_2 , independientemente a como sean referidos, sólo muestran diferencias significativas en el primer minuto de la recuperación en la fase 4, cuyos valores son significativamente menores, posiblemente condicionado porque también alcanzaban un significativo menor consumo de oxígeno en dicha fase de esfuerzo; no se han observado diferencias significativas entre el resto de las fases. Esto puede reflejar que desde un punto de vista metabólico al ser esfuerzos moderados, a pesar de su diferencias, la recuperación inmediata es similar.

%R-1	Fase 1	%R-1	Fase 2	%R-1	Fase 3	%R-1	Fase 4	%R-1
		Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4
VO_2 (ml/min)	1489	57.7%	1690	53.6%	1958	46.2%	1387	52.7%
VO_2/Kg(ml/kg/min)	20.7	60.3%	24.4	54.9%	28.2	47.1%	19.5	54.8%
FC (p.p.m.)	121.3	106.1%	155.1	88.7%	164.1	89.4%	158	86.1%
VE (l/min)	44.3	78.7%	55	70%	64	60.4%	55.4	56.1%

TABLA 53. Análisis de los porcentajes de recuperación obtenidos al 1er minuto (%R-1) de la recuperación respecto de los valores de esfuerzo medio en las diferentes fases de la maniobra..

Los valores de consumo de oxígeno durante el primer minuto de la recuperación, expresado en términos absolutos son significativamente mayores en las fases 2 y 3, coincidiendo con lo que acontecía cuando se analizaba el consumo de oxígeno en cada una de ellas. Por ello los porcentajes de recuperación son del orden del 57.7%, 53.6%, 46.2% como se muestra en la tabla 53. Sin embargo en la fase 4 se reducen significativamente sus valores respecto de la fase anterior, posiblemente motivado porque en el esfuerzo también se alcanzó un valor menor, tal y como corresponde a un porcentaje de recuperación del 52.7%.

En cambio los valores de recuperación al primer minuto de la frecuencia cardiaca en la fase 1, son significativamente superiores respecto a la fase 2 y 3, de igual forma a lo que sucedía cuando se analizaba la frecuencia cardiaca de esfuerzo en cada una de ellas, por lo que los porcentajes de recuperación deben ser similares (del orden del 106.1%, 88.7%, 89.4%), como se muestra en la tabla 53. En cambio, en la fase 4 se reducen significativamente sus valores respecto de la fase anterior, pero motivado porque en el esfuerzo también se alcanzó un valor menor, tal y como corresponde a un porcentaje de recuperación del 86.1%.

Los valores de ventilación alcanzados al primer minuto de recuperación muestran el mismo comportamiento que el observado para la frecuencia cardiaca, y también de forma similar a lo que se había observado en la comparación del esfuerzo en las diferentes fases de la maniobra, con porcentajes de recuperación similares (del orden del 78.7%, 70%, 60.4% y 56.1% en cada una de las fases, como se muestra en la tabla 53)

4.14.3. Análisis al 3º minuto de recuperación en cada una de las fases de esfuerzo de la maniobra ofensiva.

Finalmente queda por analizar las diferencias en la recuperación al tercer minuto en cada una de las fases de esfuerzo, en función del esfuerzo significativamente diferente que les supuso unas respecto a otras (tabla 54). Se comprueba, que en este tercer minuto todos los valores monitorizados fueron en conjunto significativamente diferentes a los valores del primer minuto de recuperación.

Los valores monitorizados al tercer minuto de recuperación en cada una de las fases de la maniobra simulada de combate se muestran en la tabla 54, y se detallan también los mismos parámetros: consumo de oxígeno (VO_2) expresado tanto en términos relativos al peso corporal (VO_2/Kg) como en porcentaje de consumo de oxígeno máximo ($\% \text{VO}_2\text{máx}$); frecuencia cardiaca en p.p.m. (FC) y ventilación en l/min (VE). En esta tabla 54 también se muestra la comparación efectuada entre las diferentes fases, representándose las diferencias

significativas encontradas entre los distintos valores de recuperación de la fase 1 con las sucesivas fases 2, 3 y 4 con las respectivas letras (a), (b) y (c); las de la fase 2 con las sucesivas fases 3 y 4 con las letras (d) y (e); y las de la fase 3 y 4 con la letra (f).

R-3	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
VO₂ (ml/min)	385.1±29.8 ab	517.7±46.1 e	494.6±38.2 f	343.5±20.3
VO₂/Kg (ml/kg/min)	11.0±0.9 ab	7.5±0.7 e	7.3±0.6 f	5.0±0.3
%VO₂ (%)	5.6±0.5 ab	14.7±1.3 e	14.2±1.2 f	9.7±0.6
FC (p.p.m.)	113.6±2.2 abc	120.2±2.3 d	126.3±2.8 f	121.6±2.4
VE (l/min)	19.7±1.3 ab	26.1±1.6 e	25.5±1.4 f	19.4±0.9

TABLA 54. Parámetros metabólicos, cardiológicos y ventilatorios al tercer minuto de la recuperación en las diferentes fases de esfuerzo. Valores medios y E.E.M. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: "d" y "e"; entre las fases 3 y 4: "f".

Los parámetros metabólicos expresados como VO₂, independientemente a como sean referidos, muestran diferencias significativas en el tercer minuto de la recuperación de forma que es significativamente menor (es decir, mejor recuperación) en la fase 1 que en las fases 2 y 3; igualmente sucede con la fase 4, aunque ella está claramente condicionada por el menor esfuerzo que se realiza en la misma lo que facilitaría su recuperación. No obstante, la fase 4 no difiere de la fase 1, por lo que induce a pensar en un componente acumulado de fatiga, posiblemente ligado a la pobre condición física a la hora de afrontar esfuerzos que se pueden cuantificar como de moderada intensidad.

%R-3	Fase 1	%R-3	Fase 2	%R-3	Fase 3	%R-3	Fase 4	%R-3
		Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4
VO₂ (ml/min)	1489	25.8%	1690	30.6%	1958	25.6%	1387	24.7%
VO₂/Kg (ml/kg/min)	20.7	27%	24.4	30.7%	28.2	25.8%	19.5	25.6%
FC (p.p.m.)	121.3	93.6%	155.1	77.4%	164.1	76.9%	158	76.9%
VE (l/min)	44.3	44.4%	55	47.4%	64	39.8%	55.4	35%

TABLA 55. Análisis de los porcentajes de recuperación obtenidos al 3er minuto (%R-3) de la recuperación respecto de los valores de esfuerzo medio en las diferentes fases de la maniobra.

Los valores de consumo de oxígeno durante el tercer minuto de la recuperación, expresado en términos absolutos son significativamente mayores en las fases 2 y 3, coincidiendo con lo que acontecía cuando se analizaba el consumo de oxígeno en cada una de ellas, por lo que los porcentajes de recuperación deben ser similares (del orden del 30.6% y del 25.6% como se muestra en la tabla 55), mientras que en la fase 4 se reducen sus valores respecto de la fase anterior, pero motivado porque en el esfuerzo también se alcanzó un valor menor, tal y como corresponde a un porcentaje de recuperación del 24.7%.

Los valores de recuperación al tercer minuto de la frecuencia cardiaca son significativamente superiores en cada una de las sucesivas fases 1, 2 y 3, coincidiendo con lo que acontecía cuando se analizaba la frecuencia cardiaca de esfuerzo en cada una de ellas, por lo que los porcentajes de recuperación deben ser similares aunque menores por estar ya más recuperados (del orden del 93.6%, 77.4%, 76.9%, como se muestra en la tabla 55). Por el contrario en la fase 4 se mantienen sus valores respecto de las fases 2 y 3, pero motivado porque en el esfuerzo también se alcanzó un valor menor que en la fase 3 (aunque mayor que en la fase 1 y 2), tal y como corresponde a un porcentaje de recuperación del 76.9%.

Finalmente, los valores de ventilación alcanzados al tercer minuto de la recuperación muestran el mismo comportamiento que el observado para la frecuencia cardiaca, y también de forma similar a lo que se había observado en la comparación del esfuerzo en las diferentes fases de la maniobra, con porcentajes de recuperación similares (del orden del 44.4%, 47.4%, 39.8% y 35% como se muestra en la tabla 55)

4.14.4. Análisis comparativo entre el 1º y 3º minuto de la recuperación en cada una de las fases de esfuerzo de la maniobra ofensiva.

En la figura 23 y 24 se muestran los resultados obtenidos en el consumo de oxígeno tanto en términos relativos al peso corporal (figura 23) como en valores porcentuales respecto de su valor máximo (figura 24), observándose diferencias significativas entre el primer minuto y tercer minuto de la recuperación para todas y cada una de las fases de la maniobra, tal y como se reflejó en las tablas 50, 52 y 54, y las diferencias significativas observadas entre las fases, comprobándose un similar comportamiento en las fases 1, 2 y 3.

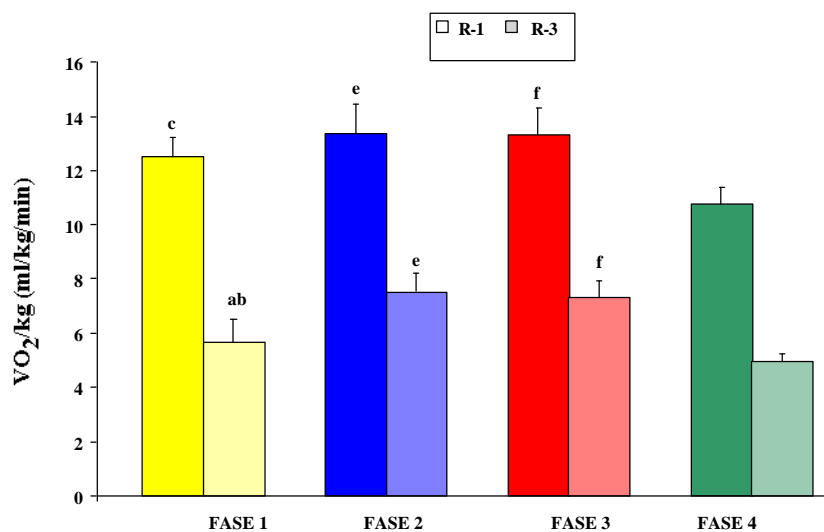


FIGURA 23. Consumo de oxígeno en función del peso corporal en el primer (R-1) y tercer (R-3) minuto de la recuperación en cada una de las fases de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: "a", "b" y "c"; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: "d" y "e"; entre las fases 3 y 4: "f".

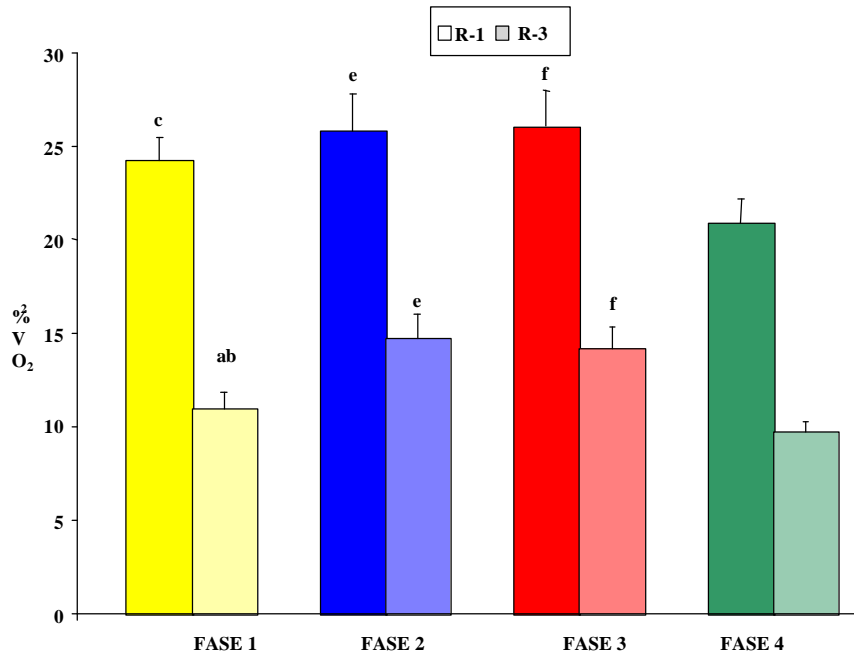


FIGURA 24. Porcentaje de consumo de oxígeno máximo al primer (R-1) y tercer (R-3) minuto de la recuperación en cada una de las fases de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: “d” y “e”; entre las fases 3 y 4: “f”.

En la figura 25 se representan las diferencias significativas entre las frecuencias cardíacas alcanzadas al primer y tercer minuto de la recuperación, así como las diferencias encontradas en la recuperación durante el primer minuto y durante el tercer minuto de cada una de las fases, observándose el mismo comportamiento en cada fase tanto en el primer como en el tercer minuto, tal y como se había reflejado en las tablas 51 a 54.

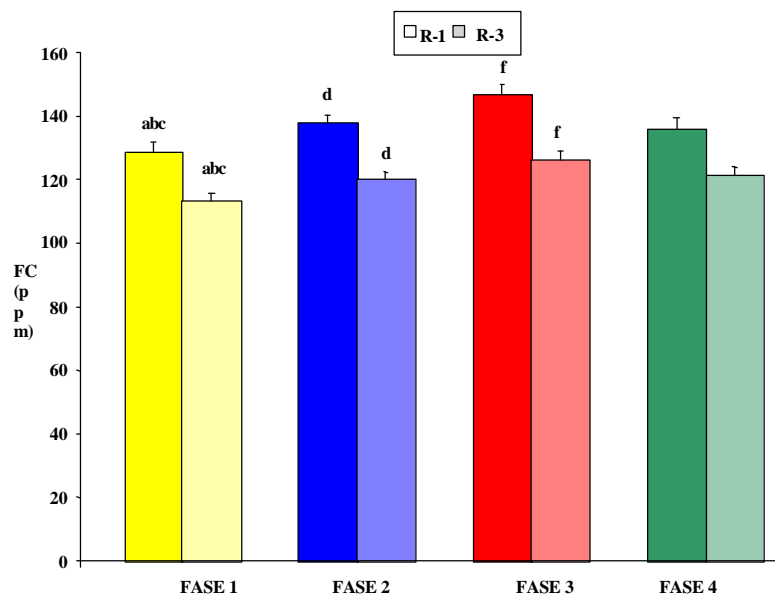


FIGURA 25. Frecuencia cardíaca en el primer (R-1) y tercer (R-3) minuto de la recuperación en cada una de las fases de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera. Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la fase 1 y las fases 2, 3 y 4: “a”, “b” y “c”; entre la fase 2 y las fases 3 y 4: “d” y “e”; entre la fase 3 y 4: “f”.

5. DISCUSIÓN Y COMENTARIOS

5.1. PATRÓN ANTROPOMÉTRICO Y ESPIROMÉTRICO DEL SOLDADO DE LA COMPAÑÍA DE INFANTERÍA LIGERA.

5.1.1. Patrón antropométrico y/o ponderal.

Hay una percepción pública y clara de que los jóvenes de la sociedad actual tienen peor condición física y sobre todo tienen un mayor peso graso que los jóvenes de décadas anteriores (Blair S.N., 1992). Aunque está demostrado que la prevalencia de obesidad ha aumentado en todas las edades y grupos demográficos durante los últimos 20 años (Kuckmarski y cols., 1994) hay una menor evidencia en lo concerniente al nivel de forma física. Observando los datos de los test de condición física de los jóvenes americanos, se comprueba que se está produciendo una declinación en la misma, especialmente en su capacidad aeróbica evaluada a través de su rendimiento en carrera (Kuntzleman, C.T. y cols., 1992).

En un estudio en el que se comparan la composición corporal y los niveles de forma física de soldados con edades comprendidas entre los 19 y 21 años, de ambos sexos en el momento de ingreso en las fuerzas armadas del ejército de los Estados Unidos entre los años 1978 y 1998 (Sharp, M.A. y cols., 2002), se comprueba que el porcentaje de grasa en los soldados varones no varía entre los años 1978 y 1983, pero sin embargo es significativamente menor (un 15%) que el obtenido en el año 1998, mientras que el peso magro en el año 1998 era un 5% y un 8% mayor que el peso magro obtenido en las muestras de los años 1983 y 1978 respectivamente. En las mujeres el peso graso en el año 1998 era mayor que el que presentaban las mujeres soldado en los años 1978 y 1983, mientras que el peso magro de ellas en 1998 era un 4% mayor que el obtenido en los años 1978 y 1983.

Los resultados de nuestro estudio en cuanto a la edad, nos muestran una población con una edad media de 20.9 años, con un rango entre 19 y 27 años. La muestra presenta una gran homogeneidad, dado que eran soldados profesionales que tenían que cumplir una edad determinada en el momento de la incorporación a filas. Dentro de la muestra de 27 soldados había 8 mujeres y 19 varones y todos ellos pudieron finalizar el estudio con normalidad.

Para valorar los datos de la población militar de este estudio, se realiza la comparación con una muestra de reclutas de la armada americana con edades comprendidas entre los 17 y 25 años (Mc Ardle, 1991). La población de soldados masculinos de nuestro trabajo presentan unos valores de peso corporal total (72.8 kg) que se aproximan a los datos del grupo de reclutas americanos cuyo peso medio era de 70.5 kg, mientras que los valores de

la talla (174.7 cm), coinciden exactamente con los presentados en el grupo de la armada americana. Finalmente los valores de porcentaje de grasa en los soldados varones (15.9%), son ligeramente superiores a los que presentaban los soldados americanos (15.6%).

Por otra parte, en las mujeres soldados de este estudio, los valores del peso corporal total (62.1 kg), superan el peso del grupo de reclutas femeninas de la armada americana cuyo valor medio era de 58.6 kg, mientras que los valores de la talla (161.9 cm) se diferencian tan solo en 1 mm, siendo mayor en el grupo de la armada americana (162.0 cm). Sin embargo y posiblemente debido al tipo de dieta seguido por las militares españolas de nuestro estudio, los valores de porcentaje de grasa (27.3%) son ligeramente inferiores a los que presentaban los soldados femeninos americanos (28.4%).

Por ello, nuestro grupo poblacional se correlaciona con el grupo de soldados americanos en cuanto a las características cineantropométricas, lo que habla a favor de un patrón o somatotipo o biotipo de selección del soldado profesional.

Los soldados de nuestro estudio en el momento de llevar a cabo la prueba de esfuerzo que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera, tenían un peso de $67.4 \text{ kg} \pm 2.6$. En los varones el peso medio era de $72.8 \text{ kg} \pm 2.9$ y entre las mujeres el peso medio era de $62.1 \text{ kg} \pm 2.4$. En realidad estos valores son congruentes con los datos de la población militar española que se publican en el Anuario Estadístico Militar de 1993 y con los datos publicados por Mojares en 1997 que presentaban una edad media de 21 ± 2 años, un peso de $70.5 \pm 8.0 \text{ kg}$ (ligeramente inferior al peso que presentan los soldados varones de este trabajo).

Por otra parte, Lim y cols. estudiaron en 1994, los efectos de 20 semanas de entrenamiento militar básico sobre la composición corporal comprobando que se reducían claramente los valores del índice de masa corporal y del peso graso en reclutas. Los datos que ellos recogieron en su estudio previamente a las 20 semanas de entrenamiento, se encuentran en consonancia con los de la muestra de nuestro trabajo.

La talla de los soldados de nuestra muestra tienen una media de $167.9 \text{ cm} \pm 1.5$. Por sexos, entre los varones la talla es de $174.7 \text{ kg} \pm 1.5 \text{ cm}$ y entre las mujeres de $161.9 \text{ kg} \pm 0.8 \text{ cm}$. Estos datos coinciden también con las cifras presentadas en el Anuario Estadístico Militar de 1993 así como con los presentados por Mojares en 1997 que tenían una talla de $174.0 \pm 12.9 \text{ cm}$ (similar a la talla de los varones de nuestra muestra).

El modelo teórico de Katch, V. L. (1980) estudiaba la distribución de grasa corporal para una mujer de referencia en la cual, el peso corporal total era de 56.7 kg (inferior al de la población femenina de nuestro estudio) y el porcentaje de grasa era de 23.6% también inferior a la muestra femenina de nuestro estudio (27.3%). Podemos observar por tanto, que los valores de peso graso e índice de masa corporal de la muestra femenina de nuestro estudio presenta valores ligeramente superiores a este modelo teórico.

Analizando los datos medios del deportista español recogidos en los reconocimientos efectuados en el Centro de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deportes, se comprueba que los deportistas varones tienen una edad media de 23.2 años y un peso medio de 76.3 ± 13.6 kg, peso superior al de los soldados de nuestra muestra, mientras que las mujeres presentan un peso de 59.8 ± 10.8 kg, peso inferior al de las mujeres soldados de nuestra población. La talla de los deportistas varones españoles es de 179.7 ± 8.8 cm, mientras que la de las mujeres deportistas es de 167 ± 8 , valores en ambos casos superiores a la talla de los soldados de nuestro estudio. Es decir la población militar estudiada tiene valores de peso y talla inferiores a la media de los deportistas de elite españoles.

5.1.2. Patrón espirométrico.

Nanas y cols. (1999) estudiaron, en pacientes con insuficiencia cardíaca, el volumen inspiratorio máximo, la presión espiratoria y el VO_2 durante el esfuerzo y en el periodo de recuperación a los 5 y 10 minutos de concluida la prueba. El objetivo de su estudio era demostrar que la disnea que acontece en algunos de estos pacientes es una limitación que aparece durante el ejercicio. Para ello utilizaron a 55 pacientes con insuficiencia cardíaca crónica y 11 sujetos control que realizaron una ergoespirometría de esfuerzo en tapiz rodante y que fueron divididos en 2 subgrupos (A y B) dependiendo de la reducción de su volumen inspiratorio máximo de reposo comparado con el del final del ejercicio. El grupo A tenía una reducción mayor del 10% (sólo lo formaban 11 pacientes con insuficiencia cardíaca crónica) y el grupo B tenía una reducción menor del 10% (el resto de pacientes y los 11 controles). Los pacientes con mayor reducción del volumen inspiratorio tenían valores más bajos de resistencia aeróbica ($VO_{2\text{máx}}$ y umbral anaeróbico), así como también una peor curva de recuperación del VO_2 durante los 5 primeros minutos de la recuperación, no estableciéndose en este estudio las correlaciones entre la capacidad de recuperación del VO_2 y los parámetros de resistencia aeróbica.

La valoración de la función pulmonar de los soldados estudiados en nuestro trabajo, se realizó a través de una espirometría forzada previa a la prueba de esfuerzo máxima, con

el objeto de descartar la existencia de procesos patológicos respiratorios en estos soldados profesionales. Teniendo en cuenta que los soldados realizan inicialmente una prueba de esfuerzo máxima y posteriormente el protocolo de la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera en un combate simulado, las cuales deben de requerir una aptitud física adecuada para realizar esfuerzos de moderados a altos, era preciso descartar cualquier proceso patológico pulmonar que impidiera llevar a cabo la prueba en alguno de los soldados elegidos para el estudio.

Por otra parte, los valores del índice de Tiffeneau que superan la cifra de 86.3% en los soldados masculinos y del 90.5% en la población militar femenina indican que no existe patología obstructiva, restrictiva ni mixta que les impida llevar a cabo la prueba de esfuerzo máxima ni la maniobra protocolizada que simula el combate ofensivo de una compañía de infantería ligera. Asimismo a través de las curvas de flujo volumen y del flujo espiratorio forzado entre el 25-75% de la capacidad vital forzada (FEF 25-75%), se descartan enfermedades respiratorias subclínicas especialmente patología obstructiva pulmonar en estadios precoces (SEPAR, 1995).

Efectuando comparaciones entre los resultados de las espirometrías y el comportamiento ventilatorio durante el esfuerzo en otros deportistas, dichos análisis demuestran que la espirometría basal simple no es un buen indicador de la capacidad funcional del soldado, pero sí nos puede orientar sobre la adaptación ventilatoria con el ejercicio, especialmente para determinar si el test fue o no maximal desde el punto de vista ventilatorio (Martinez, I. y cols., 1994).

En las espirometrías efectuadas, no se constató ninguna alteración de la función respiratoria, observándose un pico espiratorio máximo (PET) de 9.4 l/min, valor incluido dentro de la normalidad pero ligeramente más bajo que el observado en deportes de resistencia (Cox, M., 1991).

Comparando los valores espirométricos entre ambos sexos, encontramos diferencias en la capacidad vital forzada (FVC), la capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC) y los valores del volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV1); mínimas diferencias que posiblemente están vinculadas a la mayor capacidad torácica que presentan los soldados varones (Domingo y cols., 1989). Así la relación entre el IMC y la FVC, expresa un índice "r" mayor en los soldados femeninos (4.67) en relación a los soldados varones (5.26). A través del análisis de la composición corporal se comprueba una mayor robustez entre los soldados masculinos que se traduce en unos valores más elevados de esos parámetros respi-

ratorios, aunque el índice de Tiffeneau es mayor en los soldados femeninos. En cualquier caso este índice en los soldados de ambos sexos es mayor del 80%, lo indica que no existe patología restrictiva ni obstructiva a nivel respiratorio que limite la práctica de ejercicio físico moderado ni alto.

5.2. CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO (VO_2 máx) E ÍNDICE DE RESISTENCIA AERÓBICA DEL SOLDADO: ERGOESPIROMETRÍA DE ESFUERZO.

5.2.1. Utilización del VO_2 máx como evaluador de la capacidad de trabajo físico o condición física.

Generalmente la eficacia del entrenamiento militar intenso ha sido estudiada mediante pruebas de esfuerzo máximas y submáximas desarrolladas en tapiz rodante o cicloergómetro. De hecho en un estudio llevado a cabo por Knapik y cols. en 1999 en Estados Unidos, se valoraron los factores antropométricos y fisiológicos del personal militar encargado del transporte de heridos en camilla. Para ello se sometió a estos camilleros a una prueba de esfuerzo sobre un tapiz rodante transportando una camilla con un maniquí de 82 kg. Es decir, aunque la capacidad aeróbica del soldado ha sido repetidamente estudiada, sin embargo las repercusiones fisiológicas del esfuerzo físico durante una maniobra de combate nunca se habían estudiado, reproduciendo como hemos hecho nosotros el ejercicio de una maniobra específicamente ofensiva sobre un tapiz rodante.

La condición física, también denominada aptitud física, forma física o physical fitness (Delgado y cols., 1997) se puede definir haciendo referencia a un concepto general (Miller y cols., 1991; Gutin y cols., 1992), o bien girar alrededor de dos conceptos: “*condición física relacionada con la habilidad atlética*” y “*condición física relacionada con la salud*” (Pate, 1988; Pollock, 1988; Sharkey, 1993; Acosta, 1998). La primera se refiere esencialmente a los componentes que intervienen en el rendimiento deportivo y el trabajo óptimo (Rivera y Padró, 1996); así, Caspersen y cols. en 1985 la definen como “*el conjunto de atributos o capacidades que el individuo posee, o poseerá, relacionados con la capacidad para realizar una actividad física*”. La segunda está referida a la condición física en relación con la salud, y que Pate (1988) la define como “*un estado caracterizado por la capacidad de realizar diariamente actividades con vigor y la demostración de destrezas y capacidades que están asociadas con un bajo riesgo de desarrollar enfermedades hipocinéticas prematuramente*”; en este sentido se ha definido como “*la capacidad de llevar a cabo diariamente tareas con vigor y viveza, sin excesiva fatiga y con suficiente energía*”

como para disfrutar del tiempo libre aunque surjan emergencias imprevistas” (Presidents’s Council of Physical Fitness and Sport, 1971; Cambra y cols., 1991; Serra, 1997). Por otra parte, Morrow y cols. (1995) la definen como “el logro o mantenimiento de unas capacidades físicas que mejoran o son buenas para la salud, entendida ésta en el amplio sentido del bienestar y que son necesarias para el desarrollo de las actividades diarias”. Este concepto es bastante similar al aportado Heyward (1996), que la entiende como “la capacidad de ejecutar las actividades de trabajo, recreativas y cotidianas sin quedar excesivamente cansado”.

Atendiendo a todas estas consideraciones el Colegio Americano de Medicina del Deporte define la condición física como *“un estado dinámico de energía y vitalidad que permite a las personas llevar a cabo las tareas diarias habituales, disfrutar del tiempo de ocio activo, afrontar las emergencias imprevistas sin una fatiga excesiva, a la vez que ayuda a evitar las enfermedades hipocinéticas - derivadas de la falta de actividad física - y a desarrollar el máximo de la capacidad intelectual y a experimentar plenamente la alegría de vivir”*(ACSM, 1991; Bouchard y cols., 1994; Rodríguez, 1995 a; Rodríguez, Gusi, Marina y cols., 1995).

5.2.1.1. Componentes de la condición física en relación con la salud.

Desde hace varios años muchas publicaciones indican el interés del fomento y desarrollo de la salud en relación con la práctica de ejercicio físico y de mejora de la condición física (Devís y Peiró, 1991). Entre los años ochenta y noventa, la condición física se enfoca de forma más genérica hacia la consecución de la salud (Devís y Peiró, 1992), señalándose que aunque todos los componentes de la condición física dependen de factores genéticos, los relacionados con la salud responden mucho mejor a la práctica física que los relacionados con la habilidad atlética (Pate, 1983), por lo que los primeros se consideran típicamente como más universales (Oja, 1991).

El Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa (1989), considera nueve elementos o factores que contribuyen a la condición física, pero realza aquellos factores que por desarrollar la salud e incrementar la capacidad funcional del organismo están relacionados directamente con la misma. Actualmente existe un consenso sobre los componentes y factores determinantes de la condición física en relación con la salud (ACMS, 1992; Bouchard y cols., 1994; ACSM, 1998a) aceptándose generalmente que estos componentes son: capacidad aeróbica, fuerza y resistencia muscular, flexibilidad y composición corporal (Maud y Foster, 1995); no obstante, el Comité para el Desarrollo del Deporte

del Consejo de Europa también incluye la aptitud motriz, referida al equilibrio, como una dimensión más de la condición física en relación con la salud al tratarse de adultos (Oja y Tuxworth, 1995).

5.2.1.2. La condición física aeróbica.

La condición física aeróbica, también llamada condición cardiorrespiratoria, viene determinada por la capacidad de los sistemas sanguíneo y respiratorio; por ello nos referimos a menudo como capacidad cardiorrespiratoria, capacidad cardiovascular, resistencia cardiorrespiratoria, capacidad de trabajo físico, etc. (Mateo, 1995).

Para muchos autores, supone el más importante de los elementos condicionales relacionados con la salud (Rodríguez, 1995b; Morrow y cols., 1995; Delgado y cols., 1997) porque implica al sistema pulmonar para el aporte de oxígeno, al sistema cardiovascular para el transporte de oxígeno y de productos de desecho y al sistema muscular para la utilización y consumo del oxígeno (George y cols., 1996); es decir, resulta básico para el mantenimiento de la salud cardiovascular (Vuori, 1991; Skinner y Oja, 1994).

Numerosas investigaciones han demostrado una relación directa entre la condición física aeróbica o cardiorrespiratoria y la salud (Blair y cols., 1989; Bouchard y cols., 1994; Marcos Becerro, 1994; Kokkinos y cols., 1996; Sánchez, 1996), donde se analizan exhaustivamente los diversos factores que vinculan a la condición física de carácter aeróbico con la prevención y el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares. Entre los beneficios cardiovasculares como consecuencia de una buena forma aeróbica o, dicho de otra manera, entre las causas más importantes que se aducen para explicar los efectos positivos de una buena forma física aeróbica, Marcos Becerro (1994) y Sánchez (1996) realizan una completa revisión de los mismos, citando entre otros: un aumento en el número y densidad de los capilares sanguíneos, una disminución de la frecuencia cardíaca en reposo, una disminución de la presión arterial tanto en reposo como durante el ejercicio o un mejor rendimiento del corazón reduciéndose las necesidades energéticas sobre un grado de esfuerzo así como una disminución de la producción de lactato a un porcentaje dado del consumo máximo de oxígeno o incluso los beneficios de carácter psicológico referidos fundamentalmente a sensaciones de autoestima, competencia, control, autosuficiencia, control de estados negativos (ansiedad, depresión, etc). También se cita el incremento en plasma sanguíneo de partículas de lipoproteínas de alta densidad, especialmente la fracción HDL, que interviene en el proceso de transporte del colesterol (Rauramaa y cols., 1995); la mejora de los niveles de glucosa, o incluso el aumento del control de azúcar en sangre (Skinner y Oja, 1994).

5.2.1.3. Valoración de la capacidad aeróbica.

Los dos indicadores de la condición cardiorrespiratoria relacionados con la salud más ampliamente reconocidos son el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) y la capacidad de realizar un ejercicio submáximo durante un período prolongado de tiempo (Skinner y cols., 1990). El $\text{VO}_2\text{máx}$ ha sido el parámetro tradicionalmente utilizado en la mayoría de los estudios que evalúan los efectos sobre el ejercicio, la condición física y la salud cardiovascular (Skinner y Oja, 1994), siendo aceptado como indicador de la resistencia cardiorrespiratoria (Villa, 1999), ya que refleja el nivel de entrenamiento y de actividad física de un individuo dentro de los límites genéticamente determinados (Oja y Tuxworth, 1995).

La medida directa del consumo de oxígeno durante un test de ejercicio máximo se considera la forma más adecuada de determinar la capacidad aeróbica o condición cardiorrespiratoria de un individuo (Kline y cols., 1987). Se pueden usar muchos tipos de ergómetros para determinar de forma directa el $\text{VO}_2\text{máx}$, y cada uno tiene sus ventajas y desventajas (Shephard, 1984). En la actualidad, la elección de una prueba de valoración de la condición cardiorrespiratoria está condicionada a la adecuación de la prueba a la población en la que se va a realizar (Ward y cols., 1995) y existen pocas razones para hacer los tests máximos de ejercicio con adultos de mediana edad o mayores (Sidney y Shephard, 1977; Thomas y cols., 1987), ya que una prueba máxima es la que se realiza al 100% de intensidad, es decir, hasta que el participante no puede continuar el ejercicio por fatiga, donde pueden aflorar patologías que impliquen incluso un riesgo de mortalidad (Mateo, 1995).

En la población militar estudiada en esta tesis, antes de llevar a cabo la prueba de simulación de la maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera, los soldados realizaron una prueba máxima ergoespirométrica en tapiz para cuantificar los valores máximos (indicadores de la capacidad de trabajo físico) y sus valores en el umbral anaeróbico (indicadores de la resistencia aeróbica). De esta forma hemos obtenido unos valores de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) en términos relativos al peso corporal de 51.9 ml/kg/min en los soldados varones y de 50.4 ml/kg/min en las mujeres soldados; además alcanzaron los varones una frecuencia cardiaca máxima de 194.2 p.p.m. y de 184 p.p.m. en las mujeres, es decir un 97.6% y un 92.2% respectivamente de su frecuencia cardiaca máxima teórica (220–edad). La producción de VCO_2 fue de 3851.7 ml/min en los soldados varones y de 3222.9 ml/min en las mujeres. Finalmente otros parámetros estudiados como la ventilación máxima alcanzada fue de 136.5 l/min en los hombres y 140.9 l/min en las mujeres y el RER alcanzado fue de 1.1 para los soldados de ambos sexos.

La diferencia de aptitud física interindividual o intraindividual (evolución de la aptitud en un mismo sujeto) depende de factores ligados al entorno o ambiente (entrenamiento, nutrición, etc.) y de factores constitucionales (genéticos, edad, sexo, etc.) (Monod, 1986). En cuanto al sexo se observa un mayor $\text{VO}_2\text{máx}$ en los varones, debido a diferencias en la composición corporal (mayor porcentaje de peso graso y menor peso muscular en la mujer) y posiblemente en la concentración de hemoglobina (menor cantidad de hemoglobina en la mujer) y a otros factores relacionados con el estilo de vida y el nivel de entrenamiento físico.

No habiéndose medido el ácido láctico, se cumple con los criterios de maximalidad de la prueba de esfuerzo que son cociente respiratorio ≥ 1.1 , alcanzar la meseta en el $\text{VO}_2\text{máx}$ y llegar al 100% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, por lo que los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ obtenidos identifican claramente su capacidad de trabajo físico.

5.2.2. Umbral anaeróbico como indicador de resistencia aeróbica.

Tradicionalmente se ha utilizado como único indicador de la resistencia aeróbica el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$), hasta que en el año 1967 Wasserman definió el concepto de umbral anaeróbico (UAn) como *“intensidad de ejercicio o trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre, a la vez que la ventilación se intensifica también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido”* (Wasserman, K. y cols., 1967).

Por otra parte, este parámetro ha sido bastante discutido y controvertido, pero muy utilizado en la valoración del rendimiento deportivo, y así lo reflejan diferentes autores, que independientemente del método usado para determinarlo, ratifican la importancia de su correcta valoración para delimitar las intensidades de entrenamiento (Terrados, 1991; García Manso y cols., 1996), para dosificar las cargas de entrenamiento y para observar las adaptaciones del entrenamiento (García Manso y cols., 1996).

La aplicación del UAn en la fisiología del ejercicio viene dada porque es un parámetro capaz de diferenciar a los atletas de resistencia respecto a individuos sedentarios o deportistas de potencia, siendo además sensible a los efectos del entrenamiento de resistencia, aproximándose a los valores del $\text{VO}_2\text{máx}$, y prediciendo el rendimiento deportivo en pruebas de larga duración (López, J. y cols., 1991).

Los deportistas presentan valores superiores a los sedentarios cuando éste se expresa en porcentaje del $\text{VO}_2\text{máx}$, y diferentes estudios estiman que mientras los sedentarios tienen

su UAn a un 60-80% del $\text{VO}_2\text{máx}$, los deportistas presentan valores entre el 80-95% del $\text{VO}_2\text{máx}$ (García Manso y cols., 1996; Gonzalez Gallego, 1992; Bompa, 1990; Kinderman, 1979; Platonov, 1991, citando a Kinderman y cols., 1979).

En los deportes de resistencia, el rendimiento deportivo ha presentado mejores relaciones con el UAn que con el $\text{VO}_2\text{máx}$, habiéndose llegado a referir que el UAn ventilatorio puede explicar el 88% de la varianza del resultado de una competición (Chavarren y cols., 1997).

El UAn resulta un parámetro válido para valorar la capacidad de resistencia en aquellos esfuerzos de mediana (10-30 minutos) y de larga duración (más de 30 minutos), mientras que el consumo máximo de oxígeno sólo permite una medición de carácter global sobre los factores cardiorrespiratorios y metabólicos que afectan a la máxima capacidad del organismo para transportar y utilizar oxígeno, siendo válido únicamente para trabajos cortos (3-10 minutos) (López, J. y cols., 1991).

Para demostrar este concepto sirven de ejemplo los estudios realizados con ciclistas de fondo en carretera, en los que el metabolismo aeróbico es la base para su rendimiento. Así, se ha comprobado que el $\text{VO}_2\text{máx}$ de los ciclistas de alto nivel es relativamente constante, e incluso un entrenamiento para desarrollarlo no siempre conduce a un aumento notable del mismo, existiendo una mínima variabilidad cuando se determina en diferentes momentos de la vida deportiva (Platonov, 1991; López-Calbet y cols., 1993). Son varios los autores que han medido la evolución del $\text{VO}_2\text{máx}$ a lo largo de un período prolongado, coincidiendo todos ellos en el mantenimiento o aumento no significativo de ese parámetro. En este sentido Sjogardy y cols., en 1981 (citados por Saltin, 1989), estudiaron el $\text{VO}_2\text{máx}$ de ciclistas profesionales en el mes de febrero (74 ml/kg/min) y después de cinco meses del inicio del Tour de Francia, constatando pequeños aumentos de un 5% solamente. Estos mismos autores describieron una gran adaptación local reflejada en un aumento de las enzimas oxidativas, y que no se acompañaba del correspondiente aumento en el $\text{VO}_2\text{máx}$.

Para apoyar la teoría de que el $\text{VO}_2\text{máx}$ es poco entrenable, Norris y Petersen, en 1988, realizaron un entrenamiento de resistencia aeróbica en ciclistas, controlando al inicio, mitad y final del plan, la evolución de las variables $\text{VO}_2\text{máx}$ y VO_2 en el UAn. Estos autores observaron que el $\text{VO}_2\text{máx}$ sólo se incrementó en las 4 primeras semanas de entrenamiento, mejorando mucho más el VO_2 en el UAn. Por tanto, se puede concluir que el $\text{VO}_2\text{máx}$ es importante para competir con éxito en los deportes de resistencia, pero no es el principal factor determinante una vez que se alcanzan valores elevados (Navarro y Legaz, 1997).

Por otra parte, según los estudios de Bouchard y cols. (1986) con hermanos gemelos monocigóticos (de un mismo óvulo) y bicigóticos (de óvulos diferentes), el $\text{VO}_2\text{máx}$, vendría determinado genéticamente, de forma independiente del nivel de entrenamiento y en una cuantía aproximada al 80%. Para Saltin (1989) el $\text{VO}_2\text{máx}$, es genético en un 70-80%, al igual que para otros autores como Terreros (1999), Pollock (citado por Navarro, 1998) y Platonov que estiman que genéticamente está determinado en un 70-85%. En el ámbito del entrenamiento físico los estudios de Gollnick y cols. (1982) afirman que el entrenamiento mejora, más que el $\text{VO}_2\text{máx}$, la capacidad de trabajo a intensidades próximas al $\text{VO}_2\text{máx}$ (UAN).

En definitiva en las actividades de resistencia (deportes cíclicos) el $\text{VO}_2\text{máx}$ y el UAN pudieran determinar el rendimiento deportivo (marca deportiva) y sobre todo el UAN parece bastante más definitivo en el mismo. Sin embargo, en las disciplinas de equipo (deportes acíclicos) los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ y UAN son mayores que los encontrados en la población sedentaria en general o en disciplinas de duración corta (disciplinas de potencia), pero no se describen niveles tan elevados como en las disciplinas de resistencia (Withers y cols., 1977; Novak, L.P. y cols., 1978; Reilly, T. y cols., 1990; Bangsbo, 1994).

Además, en las disciplinas de resistencia el UAN y el $\text{VO}_2\text{máx}$ pudieran servir para distinguir entre deportistas de mayor y menor nivel (nivel de rendimiento deportivo) y sin embargo en las disciplinas de equipo existe todavía controversia ya que ni Brewer y Davis (1992) ni Tokmakidis y cols. (1992) no observaron diferencias significativas en el $\text{VO}_2\text{máx}$. Chatard y cols. (1991) comparando el $\text{VO}_2\text{máx}$ medido en tapiz rodante de 20 estudiantes de educación física, 21 jugadores profesionales de fútbol, 17 jugadores amateurs y 36 jugadores de selecciones nacionales no apreciaban diferencias significativas entre ninguno de los grupos cuando se comparaban los valores absolutos (l/min) de $\text{VO}_2\text{máx}$, pero sí al comparar los valores relativos (ml/kg/min) salvo entre profesionales y amateurs que obtuvieron valores similares de $\text{VO}_2\text{máx}$ (61ml/kg/min). En cambio, Wilson y cols. (1993) sí encuentran diferencias significativas en el $\text{VO}_2\text{máx}$ dependiendo de la categoría y del nivel de práctica, independientemente de expresar el $\text{VO}_2\text{máx}$ en valores absolutos o relativos.

Teniendo en cuenta estos estudios, sería dudosa la relevancia del $\text{VO}_2\text{máx}$ y del UAN como indicadores de la resistencia aeróbica en esfuerzos que no sean cíclicos. Pero esta afirmación no es del todo cierta, ya que muchos autores manifiestan también su trascendencia en aquellos esfuerzos acíclicos de naturaleza aeróbico-anaeróbica (Bangsbo, J., 1996a; Rodríguez, F. y cols., 1996a), destacándose la importancia del metabolismo aeróbico incluso en ejercicios supramáximos hasta el agotamiento y en ejercicios intermitentes que se repiten en el tiempo. (Medbo y Tabata, 1989, Gaitanos y cols., 1993, Bangsbo, J., 1996b).

Son muchas las referencias bibliográficas que resaltan la importancia de los procesos aeróbicos (metabolismo aeróbico) en el rendimiento deportivo en disciplinas individuales de media o larga duración (más de 10 minutos), hasta el punto de afirmarse que los buenos deportistas que participan en deportes con un esfuerzo prolongado de más de 2 minutos requieren de un mayor metabolismo aeróbico: carrera, natación, ciclismo, remo, esquí, etc. (MacDougall, J.D. y cols., 1995; López, J.L. y col., 1991) así como en aquellas que combinan tanto las acciones físicas propias del metabolismo aeróbico como del anaeróbico (baja y alta intensidad, respectivamente) (Franco, L., 1998; Sanuy, X. y cols., 1995), acciones que requieren de una rápida aportación energética (potencia energética), dependientes inicialmente de los sistemas anaeróbicos: aláctico (ATP y PC) y láctico (glucosa y glucógeno) (Fox, E.L. y col., 1984), aunque desde hace tiempo se reconoce el papel del metabolismo aeróbico en sus periodos de recuperación (Astrand, P.O. y col., 1985), ya que la capacidad de estos sistemas es limitada para recuperar los substratos utilizados durante el esfuerzo y para contribuir a la homeostasis del medio interno (Gaitanos y cols., 1993).

Por lo tanto, quizás en este tipo de esfuerzos intermitentes el metabolismo aeróbico pueda tener mayor grado de importancia durante la recuperación que durante el propio esfuerzo (Bangsbo, J., 1996).

Los parámetros ergoespirométricos a nivel del umbral anaeróbico para el grupo de soldados de este estudio, demuestran unas cifras de consumo de oxígeno a nivel del umbral anaeróbico ($\text{VO}_2\text{-UAn}$) en términos relativos al peso corporal de 45.4 ml/kg/min, el cual se identifica a un 88.2% del $\text{VO}_2\text{máx}$. La frecuencia cardiaca alcanzada durante el umbral anaeróbico fue de 176.3 p.p.m., es decir un 88.5% de la FC máxima teórica. Finalmente otros parámetros estudiados como la ventilación alcanzada durante el umbral anaeróbico presentaba un valor de 109.5 l/min. Estos valores en el umbral anaeróbico son valores medios que corresponden a deportistas moderadamente entrenados si los comparamos con los obtenidos por Anderson y cols. en 1987, en una población de deportistas jóvenes.

Las pruebas submaximales son llamadas así porque partiendo de la realización de un ejercicio físico liviano llegan hasta un nivel de esfuerzo predeterminado o delimitado y que implica no superar el 85% de la frecuencia cardíaca máxima teórica o pronosticada (220-edad en años) (Villa, 1999), y permiten estimar el $\text{VO}_2\text{máx}$ basándose en la relación lineal entre frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno e intensidad del esfuerzo (Skinner y cols., 1990).

No obstante, la precisión de las evaluaciones del $\text{VO}_2\text{máx}$ a partir de la frecuencia

cardiaca submáxima está limitada ya que si bien mayormente se establece una relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el VO_2 , en algunos sujetos esto no se cumple, sino que más bien sigue una curva, o llega a ser asintótica con las cargas más intensas de trabajo, con lo que se podría caer en el error de subestimar el VO_2 máx. Además la frecuencia cardiaca máxima en todos los sujetos no se alcanza por igual ni siquiera para los sujetos de la misma edad; por ello es preciso considerar la disminución de la frecuencia cardiaca con la edad para no sobrestimar el VO_2 . Por otro lado, presupone que la eficacia mecánica es constante, pero si un sujeto tiene una deficiente eficiencia mecánica (un VO_2 con un trabajo submáximo mayor de lo supuesto) el VO_2 máx será subestimado porque la frecuencia cardiaca estará elevada respecto al costo adicional de oxígeno de un trabajo ineficiente e incluso algunos autores destacan la alta variabilidad en las determinaciones diarias de la frecuencia cardiaca, incluso en condiciones bien normalizadas (Villa, 1999).

Por todo ello, y aunque pueda existir un error del 10% al 20% en la estimación del VO_2 máx basándose en la frecuencia cardiaca submáxima (Shephard, 1968), resultan más prácticos los tests submáximos para estimar la capacidad aeróbica cuando se investiga a individuos de 40 o más años, a grandes grupos de población o cuando el tiempo o el equipo es limitado (Ward y cols., 1995).

5.2.3. Condición física del soldado.

El 55% de la masa corporal total del hombre está constituida por el aparato locomotor y un 40% por musculatura esquelética. El sistema músculo esquelético como elemento básico de la movilidad, es el único que puede modificar su tasa metabólica en mayor grado que otros tejidos, pudiendo incrementar sus procesos de oxidación hasta 50 veces el valor de reposo como ya reflejaron Asmussen y cols. en 1939. Sin embargo, para llevar a cabo esta vigorosa actividad, es necesario mantener el equilibrio interno que depende de aquellos órganos y sistemas que atienden a los músculos, y entre ellos principalmente el sistema cardiorrespiratorio.

El concepto de ejercicio o actividad física considera que es una ejecución sistemática de acciones motrices con el objeto de mejorar la respuesta o el nivel de rendimiento funcional sin modificación morfológica perceptible. Sin embargo, el entrenamiento físico es una repetición sistemática de tensiones musculares en función de objetivos precisos, cuyo fin es estimular la adaptación morfológica, estructural y funcional de los órganos implicados, directa o indirectamente, y mejorar la capacidad de rendimiento físico. Las actividades deportivas que caracterizan a una competición, representan el límite de las posibili-

dades y potencialidades orgánicas que determinan su capacidad de rendimiento. (Weineck, 1982; Hollmann y Hettinger, 1980). Todo esto significa que tanto la respuesta al ejercicio físico, entrenamiento y competición como la capacidad física del individuo presentan diferencias en función tanto del grado de intensidad de esfuerzo como en el tipo de esfuerzo (acondicionamiento físico).

Para determinar la condición física de estos soldados, vamos a comparar sus datos ergoespirométricos con los datos de deportistas españoles de alto nivel, según los estudios a los que son sometidos mediante pruebas de esfuerzo realizadas en tapiz rodante en el Centro de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deportes. (Arós y cols., 2000).

En general, en todas aquellas personas jóvenes y sedentarias así como en aquellos deportes con un bajo componente dinámico (tipo A de la clasificación de Mitchell, 1994) como el tiro olímpico perteneciente al grupo estático bajo (I), el valor medio de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) en términos relativos al peso corporal corresponde a 45.8 ml/kg/min alcanzando una ventilación máxima de 139.8 l/min.

En otro deporte con un bajo componente dinámico (tipo A de la clasificación de Mitchell, 1994) como el tiro con arco perteneciente al grupo estático alto (II), los valores medios obtenidos son muy similares a los conseguidos por los soldados de nuestra muestra. Así el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) en términos relativos al peso corporal fue de 50.5 ml/kg/min, y la ventilación máxima presentaban un valor de 143 l/min.

Realizando el estudio comparativo de los valores ergoespirométricos con otro deporte con un componente dinámico moderado (tipo B de la clasificación de Mitchell, 1994) como el voleibol perteneciente al grupo estático bajo (I), el valor de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) en términos relativos al peso corporal fue de 56.4 ml/kg/min llegando a una ventilación máxima de 170.4 l/min. Es decir, el consumo máximo de oxígeno de los soldados de nuestro estudio es ligeramente inferior al obtenido por los jugadores de voleibol.

En otros deportes con un componente dinámico moderado (tipo B de la clasificación de Mitchell, 1994) como el esquí alpino perteneciente al grupo estático alto (III), el valor medio obtenido de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) en términos relativos al peso corporal fue de 60 ml/kg/min, (es decir, un 14.7% superior al obtenido en la población militar estudiada) y una ventilación máxima de 172.4 l/min.

Finalmente en deportes de alto componente dinámico (tipo C de la clasificación de Mitchell, 1994) como la carrera de larga distancia (estático bajo I) el valor medio obtenido

de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) en términos relativos al peso corporal fue de 74.8 ml/kg/min (un 31.7% superior que el obtenido por la población militar estudiada) y las ventilaciones máximas presentaban un valor de 169 l/min. En otra actividad de este grupo de alto componente dinámico (tipo C de la clasificación de Mitchell, 1994) como la carrera de medio fondo (estático moderado II) donde el valor medio alcanzado de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) en términos relativos al peso corporal fue de 71.2 ml/kg/min, (un 28.2% mayor que en la población militar) y una ventilación máxima alcanzada de 176 l/min. Por último en deportes como el ciclismo en ruta (estático alto III), el valor medio obtenido de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$), en términos relativos al peso corporal, es de 71.5 ml/kg/min, (un 28.5% superior que en la población militar estudiada) y ventilaciones máximas de 179 l/min.

En definitiva, se comprueba que durante el desarrollo de la prueba de esfuerzo máxima en tapiz rodante, los soldados de este estudio han presentado un valor de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) ligeramente inferior al obtenido en un deporte con alto componente dinámico como es el fútbol (estático bajo I), con un $\text{VO}_2\text{máx}$ de 56.3 ml/kg/min o al conseguido por los jugadores de baloncesto (estático moderado II) que presentan un $\text{VO}_2\text{máx}$ de 56.6 ml/kg/min. Otro parámetro estudiado como la ventilación máxima se asemeja al valor conseguido por los tiradores olímpicos, deporte de componente dinámico bajo encuadrado en el grupo estático bajo (I).

Teniendo en cuenta que el $\text{VO}_2\text{máx}$, es el máximo volumen de oxígeno que un individuo puede consumir por unidad de tiempo en el curso de un esfuerzo intenso que requiera la puesta en funcionamiento de grandes grupos musculares (Villegas y cols., 1999), este parámetro es utilizado en la mayoría de los estudios que evalúan los efectos sobre el ejercicio, la condición física y la salud cardiovascular (Skinner y Oja, 1994), siendo aceptado como indicador de la capacidad cardiorrespiratoria y la forma física o condición física (Villa, 1999).

La medida directa del consumo de oxígeno durante un test de ejercicio máximo se considera la forma más adecuada de determinar la capacidad aeróbica o condición cardiorrespiratoria de un individuo (Kline y cols., 1987).

Myles y Allen (1979) encontraron en una población de reclutas canadienses de la misma edad, recién incorporados a filas, un $\text{VO}_2\text{máx}$ de 47 ml/kg/min y una capacidad aeróbica muy similar a la de los soldados de los ejércitos noruego y británico. En un estudio de

Vogel (1986) se comprobó que los reclutas del ejército de los Estados Unidos tenían un $\text{VO}_2\text{máx}$ de 51 ml/kg/min y por otra parte Song y Moore en 1989 en un estudio sobre 46 soldados varones del ejército canadiense con edades comprendidas entre los 17 y 21 años determinaron la capacidad física tanto en un grupo de ellos que pertenecía a una compañía de infantería como en otro grupo de soldados pertenecientes a un batallón de servicios que realizaban actividades en el acuartelamiento sin desarrollar actividades de combate. Se comprobó que el $\text{VO}_2\text{máx}$ era muy similar entre ambos grupos (39 ml/kg/min), teniendo globalmente un valor más bajo que el de las fuerzas regulares canadienses y que el $\text{VO}_2\text{máx}$ de la población civil de la misma edad. Este bajo nivel de consumo de oxígeno se consideró que era debido a que su programa de entrenamiento no ofrecía un adecuado estímulo para mejorar su $\text{VO}_2\text{máx}$ y a la falta de responsabilidad para llevar a cabo un correcto entrenamiento aeróbico.

Parece claramente demostrado que la actividad militar cotidiana que a menudo implica tareas específicas estáticas, no suele ser suficiente para mantener el estado físico óptimo que se precisaría para actividades tan vitales como el combate cuerpo a cuerpo. Por ello, la mayor parte de los investigadores recomiendan aplicar planes de entrenamiento que complementen y adecuen la forma física del soldado a la exigencia del combate.

Ya en el año 1973 Knuttgen sugirió que sería conveniente mejorar el $\text{VO}_2\text{máx}$ un 20% durante el primer mes de instrucción militar básica, mediante el desarrollo de tres sesiones de entrenamiento interválico de 30 minutos. Las sesiones debían tener fases de ejercicio de 3 minutos y fases de descanso de 3 minutos. No obstante se pudo comprobar que la mejoría obtenida con este protocolo se perdía fácilmente al detener el entrenamiento.

Hartling y cols. (1975) estudiaron, mediante un test en cicloergómetro, una muestra de reclutas varones comprobando que estos presentaban en el momento de la incorporación al ejército un $\text{VO}_2\text{máx}$ de 45 ml/kg/min. Ellos pudieron demostrar que mediante el entrenamiento militar intenso durante 3 meses, se producía un incremento del 6% en el $\text{VO}_2\text{máx}$; sin embargo en un tercio de la muestra cuyo valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ era de 52 ml/kg/min el entrenamiento militar provocaba una reducción de su condición física hasta en un 20%. La explicación dada era que los soldados con mejor condición física al ingresar en el ejército, no valoraban tanto el entrenamiento para mantener esa forma física que presentaban, por no ser de la intensidad adecuada para ellos, mientras que los sedentarios se beneficiaron de los programas de entrenamiento. En la población militar que nosotros hemos estudiado el valor de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) en términos relativos al peso corporal es de 51.9 ml/kg/min en los soldados varones. Es muy importante tratar de personalizar la actividad

física así como el entrenamiento físico militar de acuerdo al grado de condición física de la población que se incorpora a filas.

Vogel y cols. (1978) estudiaron las modificaciones producidas en el $\text{VO}_2\text{máx}$ de una población de 254 soldados pertenecientes al ejército de tierra del Reino Unido, tras un entrenamiento físico militar de 2 meses, de forma que el $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado mediante cicloergómetro mejoraba en torno a un 8% desde 42 a 45.3 ml/kg/min mediante el entrenamiento. Sin embargo, los reclutas que presentaban un $\text{VO}_2\text{máx}$ a partir de 45 ml/kg/min, no experimentaban apenas mejoría o incluso sus valores descendían. De aquí se puede deducir que la instrucción física militar básica es útil para mejorar el $\text{VO}_2\text{máx}$ en todos aquellos soldados que lo tenían bajo, pero no en los que ya presentaban unos niveles adecuados. Si comparamos estos valores con los de nuestra muestra de estudio, podemos comprobar que el consumo máximo de oxígeno, es mayor entre nuestros soldados.

En un estudio realizado en Nueva Zelanda por Stacy y cols. (1982), se estudiaron mediante un test de carrera de 2.4 km la condición física de 50 reclutas del ejército de tierra. Los valores medios del $\text{VO}_2\text{máx}$ en el momento de la incorporación a filas era de 48 ml/kg/min y tras 10 semanas de entrenamiento militar era de 56 ml/kg/min. Comparando los datos con los obtenidos en nuestro estudio podemos comprobar que el grado de acondicionamiento de nuestro soldados era inferior al conseguido por estos soldados neozelandeses tras las diez semanas de preparación, por lo que posiblemente la condición física de nuestros soldados sea potencialmente muy mejorable con programas adecuados de entrenamiento físico e instrucción militar.

Para evaluar un protocolo experimental de marcha y compararlo con el entrenamiento habitual, Rudzki y cols. (1989) investigaron la mejoría de la condición aeróbica en el ejército de tierra australiano. Tomaron una muestra de 46 soldados que fueron estudiados durante las 11 semanas que duraba el período de instrucción básica y estimaron mediante cicloergometría submáxima el $\text{VO}_2\text{máx}$. Dividieron la muestra en un grupo control que hizo el programa tradicional de instrucción mientras que otro grupo realizó un programa sin carrera, excepto la realizada en circuito o durante la instrucción de combate. Este grupo realizó durante las primeras 6 semanas, toda la instrucción a ritmo de marcha de 5 km/h, transportando su equipo reglamentario de 16 a 21 kg en todo momento. En el grupo control, el aumento del $\text{VO}_2\text{máx}$ inicial (54.7 ml/kg/min) en las primeras 6 semanas era de 8% y de un 12% en las 11 semanas que duraba este período. Sin embargo en el grupo que trabajaba todo el programa mediante marcha, el aumento de las primeras 6 semanas era tan solo de un 3%. A partir de la sexta semana se incrementó el ritmo de marcha a 7.5 km/h y como conse-

cuencia de ello el $\text{VO}_2\text{máx}$ aumentó hasta un 8%. Mediante este estudio se revela que el entrenamiento de marcha sería un método de instrucción muy efectivo, siempre que el ritmo de marcha sea superior a 5 km/h, aunque el método de carrera es mucho más eficaz para la optimización del $\text{VO}_2\text{máx}$. Los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ determinados en nuestro estudio coinciden con los obtenidos en la fase previa al entrenamiento militar de este estudio de Rudzky.

Para determinar la validez de un test de carrera de 2.4 km, que rutinariamente se utiliza durante los programas de entrenamiento militar en el ejército de Sudáfrica, Burger y cols. (1990), evaluaron la capacidad aeróbica en una población militar. A través de dicho test se comprobó que el $\text{VO}_2\text{máx}$ en un grupo de 20 militares voluntarios era de 59.89 ml/kg/min. Comparando estos datos con los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ de los soldados de nuestra muestra, se observa un mayor grado de preparación de los militares sudafricanos con un nivel de consumo máximo de oxígeno hasta de un 12% superior al de nuestros soldados y posiblemente ligado al grado de entrenamiento y profesionalización al que están sometidos.

Radomski, M. W. y cols. en Canadá (1992), examinaron en un estudio la influencia del entrenamiento aeróbico sobre la respuesta de una serie de hormonas en combinación con el efecto estresante de la privación de sueño. Para ello, trabajaron con una muestra de mujeres soldados con nivel físico que ellos denominan alto, cuyo $\text{VO}_2\text{máx}$ era mayor de 50 ml/kg/min y otra muestra de nivel físico bajo cuyo $\text{VO}_2\text{máx}$ era menor de 40 ml/kg/min. En la población militar femenina que nosotros estudiamos, encontramos que las mujeres soldados presentan un valor de consumo máximo de oxígeno de 50.4 ml/kg/min equivalente a los que Radomski denominaba de nivel físico alto. Según estos datos podemos considerar que las chicas soldados de nuestro estudio presentan una buena capacidad aeróbica.

En un estudio realizado por Legg, S. J. y Duggan, A. (1996), se valoraron los efectos del entrenamiento militar sobre algunos componentes de la condición física del soldado en el ejército inglés (capacidad aeróbica y resistencia muscular). La medición se realizó de nuevo mediante un test submáximo en cicloergómetro. De esta manera se pudo comprobar que los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ en jóvenes reclutas de infantería eran de 58 ml/kg/min y para los cadetes de este arma era de 58.3 ml/kg/min. Comparando estos valores estimados con los medidos en nuestro estudio se puede afirmar que la capacidad aeróbica de nuestros soldados estaría por debajo de la condición aeróbica de los soldados estudiados en este trabajo del ejército inglés, aunque ello no significa que en este grupo poblacional se mantenga siempre así, ya que en otro estudio realizado por Williams, A.G. en el año 1999 se estudió la capacidad aeróbica de un grupo de soldados del mismo ejército y se demostró

que su $\text{VO}_2\text{máx}$ era de 51.4 ml/kg/min. Por el contrario estos datos son equiparables a los obtenidos en nuestro estudio.

Históricamente se ha asumido que para el desarrollo de tareas específicas en las operaciones de infantería se necesitan altos niveles de capacidad física (McMichael, 1987). Por otra parte, informes y documentos del ejército británico obtenidos durante la guerra de las Islas Falklands (McCraig and Gooderson, 1986) y de las operaciones del ejército estadounidense en Granada (Dubik and Fuilerton, 1987) han citado que la forma física es un importante factor en el éxito de esas operaciones. Mientras que el valor de la condición física de los soldados no es cuestionable por la mayoría de los observadores, es importante tener en cuenta que el acondicionamiento físico debe estar relacionado con las diferentes tareas específicas que realizan los soldados durante el combate. Por ello, el concepto de forma física se considera un término vago y se sugiere que varios factores fisiológicos incluyendo la capacidad aeróbica, la capacidad anaeróbica y la fuerza muscular son los componentes más importantes para determinar la condición física del soldado para el desarrollo del combate (Zuidema, 1974).

Por tanto se puede concluir que la mejoría de la potencia aeróbica que produce el entrenamiento militar aeróbico es muy distinto siendo de rango muy variable dependiendo de los estudios revisados y observándose que el grado de mejoría conseguido varía dependiendo especialmente de la condición inicial de los soldados que se incorporan a filas y apreciándose que la mayoría de los trabajos lo estiman en test inespecíficos para el quehacer del soldado (pruebas de esfuerzo en bicicleta). En cambio en nuestro estudio se ha medido directamente en una tapiz rodante evitándose toda tendencia a sobre o subestimar con objeto de poder utilizar con precisión el $\text{VO}_2\text{máx}$ indicador de referencia de su condición o capacidad física aeróbica real.

Las mujeres parecen también beneficiarse del entrenamiento mixto con hombres, objetivándose mejorías entre el 7 y el 10% en el $\text{VO}_2\text{máx}$. En el primer estudio realizado en el ejército de tierra español sobre la eficacia del entrenamiento militar (Mojares 1997), se demuestra la eficacia del período de instrucción de 8 semanas en soldados de una unidad militar de elite como son los grupos de operaciones especiales, sobre la capacidad aeróbica del soldado, comprobándose que el $\text{VO}_2\text{máx}$ que inicialmente era de 51.23 ml/kg/min se incrementaba un 9.4% mientras que en nuestro estudio con soldados de una unidad operativa presentaban un $\text{VO}_2\text{máx}$ de 51.15 ml/kg/min, un 5.9% menor que la muestra de Mojares. La FC máxima en el estudio del año 1997 tenía un valor de 194 p.p.m. y en nuestro estudio de 189.1 p.p.m. Finalmente la ventilación en el grupo de soldados sometidos a un

período de 8 semanas de instrucción tenía un valor de 131 l/min en el test previo a la fase de entrenamiento y un valor de 141 l/min después de finalizar el período de instrucción. Por el contrario, los militares de este estudio presentaron una ventilación máxima de 138.7 l/min, lo que supone un 1.4% menor. Es decir 3 ó 4 años después el grupo poblacional que integran los soldados profesionales presentan una condición física similar.

Con nuestros datos podemos afirmar que la población de 27 soldados profesionales presentan una buena capacidad aeróbica en comparación con la presentada por otros estudios de investigación en militares. Dichos valores son de suma importancia teniendo en cuenta que la muestra estudiada se encontraba en una fase relativamente sedentaria desarrollando tareas militares en el acuartelamiento, y sin entrenamiento específico, en un período posterior a una fase de campaña de 6 meses de duración que tuvo lugar en el desempeño de una acción humanitaria en la Guerra de Bosnia, formando parte de un contingente internacional.

5.3. ANÁLISIS DEL ESFUERZO Y COSTE ENERGÉTICO DE UNA MANIOBRA PROTOCOLIZADA DE SIMULACIÓN DE COMBATE EN TAPIZ RODANTE.

Para determinar la intensidad del esfuerzo que los soldados realizan durante la maniobra de combate simulado, nosotros hemos comparado los valores monitorizados durante la prueba de esfuerzo máxima con aquellos valores metabólicos, ventilatorios y cardiológicos monitorizados durante la maniobra de ataque que simula una acción ofensiva de una compañía de infantería ligera.

Con este objetivo se procedió a la valoración del porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno (% $\text{VO}_2\text{máx}$) en cada una de las fases de las que se compone la maniobra de combate simulado al igual que se hizo con el valor de la frecuencia cardíaca (FC) y de la ventilación (VE) obtenidos en cada fase de esfuerzo simulado.

Durante la fase 0 de la maniobra simulada los soldados permanecen en reposo y bipedestación durante un período de 3 minutos, con el uniforme de campaña y con la mochila, portaequipo de combate, chaleco y armamento, de forma que su valor de su VO_2 podemos considerarlo como el valor basal para esta condición siendo de 4.6 ml/kg/min lo que representa el 9.3% respecto al consumo máximo de oxígeno (% $\text{VO}_2\text{máx}$) y el 10.1% respecto $\text{VO}_2\text{-UAn}$. En cuanto a la frecuencia cardíaca en esta fase 0 es de 88.9 p.p.m.

comprobandose que los valores alcanzados equivalen a un 47% de los valores de la frecuencia cardiaca alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y el 50.4% de la FC-UAn. Finalmente si comparamos la ventilación, ésta alcanza un valor de 13 l/min lo que supone un 9.4% de la ventilación máxima alcanzada y el 11.9% de la VE-UAn. Aparentemente son valores bajos, pero hay que tener en cuenta que en esta fase, el soldado permanece en reposo a la espera de recibir la orden de inicio de la maniobra de aproximación que supone desarrollar las cuatro fases ya descritas.

Teniendo en cuenta que en esta fase se permanece en situación de reposo es lógico encontrar unos valores de consumo de oxígeno y de frecuencia cardiaca tan bajos respecto a los datos máximos, si bien la FC está más alta debido a la contribución del equipo, al estrés que supone llevar el equipo en el tapiz y finalmente debido al nerviosismo previo al esfuerzo (actuación simpática).

Durante la fase 1 de la maniobra protocolizada el soldado recorrerá 1000 metros con el equipo de combate a una velocidad controlada de 5 km por hora. En estas condiciones el consumo de oxígeno en los soldados es de 20.3 ml/kg/min lo que representa el 39.7% respecto al consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) y el 44.7% respecto al VO₂-UAn. En cuanto a la frecuencia cardiaca obtenida en esta fase 1 es de 118.9 p.p.m. lo que supone un 62.8% de los valores de la frecuencia cardiaca alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y el 67.4% de la FC-UAn. Teniendo en cuenta los valores de intensidad referidos como VO₂ y FC, ésto supone realizar un esfuerzo de intensidad moderada. Finalmente comparando la ventilación en esta fase tiene un valor de 41.6 l/min lo que supone un 29.9% de la ventilación máxima alcanzada y el 37.9% de la VE-UAn.

Considerando que en esta fase el soldado recorre caminando una distancia de 1 km, encontramos un incremento de los valores de consumo de oxígeno y de la frecuencia cardiaca y la ventilación respecto a los datos obtenidos en la fase 0, de forma que este esfuerzo le supone un gasto energético de 5.6 METS.

Durante la fase 2 de la maniobra simulada en la cual se realizan dos períodos de carrera de 100 metros y un período de 50 metros a una velocidad constante de 8 km por hora intercalados por pausas de reposo de 20 seg, el consumo de oxígeno requerido en los soldados es de 24.1 ml/kg/min, que representa el 47.1% del consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) y el 53% respecto al VO₂-UAn. En cuanto a la frecuencia cardiaca (FC) en esta fase 2 se comprueba que los valores alcanzados por los soldados fueron de 158.8 p.p.m. lo que supone el 83.9% de los valores de la frecuencia cardiaca alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y el 90% de la FC-UAn. Finalmente la ventilación en esta fase tiene un valor de 50.4 l/min lo que supone un 36.3% de la ventilación máxima alcanzada y el 46% de la VE-UAn.

Considerando que en esta fase el soldado recorre 250 metros con el equipo, el esfuerzo desarrollado requiere de unos valores de consumo de oxígeno inferiores al 50% del máximo siendo un 8.2% mayor que cuando en la fase 1 recorría 1000 m, porque en esta fase 2 la velocidad de desplazamiento con el equipo era mayor en 3 km/h, aunque la distancia total recorrida fue de 250 m y con interrupciones; mientras que la frecuencia cardiaca alcanzada experimenta un mayor aumento.

Finalmente comparando estos parámetros entre los soldados de ambos sexos se comprueba que existen diferencias significativas en la frecuencia cardiaca de forma que las mujeres soldados en esta fase 2 alcanzan una FC un 11% superior a la que presentan los soldados varones, mientras que la ventilación es menor en un 25% respecto a la alcanzada por ellos. Esto traduce la dificultad para llevar a cabo estos ejercicios cortos de carrera que en las mujeres llega a alcanzar un ritmo cardiaco superior al 90% del valor máximo. Una de las posibles causas de estas diferencias radique en el claro incremento del porcentaje de grasa de la población militar femenina respecto a la masculina, al margen del hecho de realizar los “saltos de carrera” con el equipo completo de combate que implica un peso muy elevado, conjuntamente con una peor condición física.

Pero esta fase 2 está dividida en dos series de 100 metros (S1 y S2) y una serie final de 50 metros (S3), con descansos o interrupciones de 20 segundos para recuperar. Por ello interesa conocer las diferencias existentes entre los datos ergoespirométricos en cada una de las tres series respecto a los valores obtenidos en la prueba de esfuerzo máxima para ver si la sucesión de las mismas requiere de un mayor esfuerzo metabólico y cardiológico. En estas condiciones el consumo de oxígeno en los soldados fue de 29.2 ml/kg/min en la serie 1 lo que representa el 57.1% respecto al consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2\text{máx}$) y el 64.3% respecto al $VO_2\text{-UAN}$; en la serie 2 fue de 33.9 ml/kg/min lo que supone el 66.3% respecto al consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2\text{máx}$) y un 74.6% respecto al $VO_2\text{-UAN}$; finalmente en la serie 3 recorriendo una distancia de 50 m, el valor fue de 29.1 ml/kg/min lo que supone el 56.9% respecto al consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2\text{máx}$) y el 64% respecto al $VO_2\text{-UAN}$. En cuanto a la frecuencia cardiaca en la serie 1 se comprueba que los valores alcanzados por los soldados fueron de 170.6 p.p.m. lo que equivale a un 90.2% de los valores de la frecuencia cardiaca alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y el 96.7% respecto a la FC-UAn; en la serie 2 los valores alcanzados (175.3 p.p.m.) por los soldados equivalen a un 92.7% de los valores alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y el 99.4% respecto de la FC-UAn; finalmente en la serie 3 con una distancia recorrida menor se comprueba que los valores de FC alcanzados por los soldados (169.9 p.p.m.) equivalen a un 89.8% de los alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y de 96.3%

respecto a la FC-UAn. Por último, la ventilación en la serie 1 tiene un valor de 58.9 l/min lo que supone un 42.4% de la ventilación máxima alcanzada y el 53.7% de la VE-UAn; en la serie 2 el valor de la ventilación fue de 60.5 l/min lo que supone un 43.6% de la ventilación máxima alcanzada y el 55.2% de la VE-UAn; y en la serie 3 con una distancia recorrida de 50 m (la mitad de las series 1 y 2) el valor de la ventilación fue de 57.1 l/min, lo que equivale a un 41.1% de la ventilación máxima alcanzada y el 52.1% de la VE-UAn.

Con estos datos podemos comprobar que el consumo de oxígeno es más alto en la 2ª serie de 100 m (un 13.9% mayor) realizándose a la misma velocidad, mientras que la 3ª serie, que dura la mitad de tiempo llega a valores similares a los de la 1ª serie (que dura el doble de tiempo). La frecuencia cardiaca de esta población militar presenta valores respecto a la FC de la prueba máxima que oscilan entre un 90.2% en la primera serie, 92.7% en la segunda y 89.8% en la tercera, es decir la 2ª serie de 100 m implica un mayor coste energético, que podría relacionarse con el tiempo de recuperación; de hecho la 3ª serie de igual intensidad pero menor duración alcanza valores de VO_2 y FC similares a la 1ª serie, por lo que el coste energético de esos 50 m es igual o más intenso que las otras dos series, condicionado por una escasa recuperación. En definitiva, parece que el coste energético entre las series de la fase 2 tiende a ser mayor.

No obstante el consumo de oxígeno respecto al valor máximo ($\%VO_{2\text{máx}}$) de estos soldados está muy lejos del porcentaje al que aparece el umbral anaeróbico ($\%VO_{2\text{máx-Uan}}$) y por ello podemos decir que se trata de esfuerzos moderados que no deberían acumular fatiga. No obstante el mantenimiento de esfuerzos moderados y repetitivos con un sobrepeso de 26,170 kg del equipo, puede ir provocando un acúmulo de fatiga si los tiempos de recuperación son escasos o si la condición física es pobre (que puede quedar enmascarada en una única prueba de esfuerzo máximo).

Sin embargo los valores de la frecuencia cardíaca son muy superiores a los que corresponden a un ejercicio moderado, posiblemente debido a una fatiga y estrés físico que se va acumulando por la baja condición física o entrenamiento físico, de tal forma que la recuperación parece que se hace escasa; de hecho cuando la 3ª serie dura la mitad de las dos primeras series, el VO_2 se acerca al valor de la 1ª y 2ª serie y sin embargo la FC es mayor. Estos datos son todavía más evidentes en las mujeres soldados, quizás debido al elevado porcentaje de grasa respecto a los soldados masculinos y sobre todo a la carga del equipo de combate, que supone un sobrepeso en los soldados masculinos de un 35.9% y en los soldados femeninos de un 42.1%.

Durante la fase 3 de la maniobra simulada de combate en la cual se realizan 4 períodos de carrera de 50 metros a una velocidad constante de 8 km por hora, intercalados por pausas de reposo de 5 seg de duración, el consumo de oxígeno obtenido en los soldados fue de 28 ml/kg/min lo que representa el 54.7% respecto al consumo máximo de oxígeno ($\% \text{VO}_2\text{máx}$) y el 61.6% respecto al $\text{VO}_2\text{-UAn}$. En cuanto a la frecuencia cardiaca (FC) en esta fase 3 el valor medio alcanzado fue de 167.7 p.p.m. lo que equivale a un 88.6% de los valores alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima y el 95.1% respecto a la FC-UAn. Finalmente la ventilación alcanzó unos valores de 59.5 l/ lo que supone un 42.8% de la ventilación máxima alcanzada y el 54.3% de la VE-UAn.

Considerando que en esta fase el soldado recorre 200 metros repartidos en cuatro series, por término medio el esfuerzo realizado requiere un consumo de oxígeno superior al 50% del $\text{VO}_2\text{máx}$, mientras que la frecuencia cardiaca alcanzada en las mismas en los soldados masculinos supone un 79.8% de su FC máxima teórica mientras que en los soldados femeninos alcanza un 88.5% de su FC máxima teórica.

Los valores alcanzados en la ventilación (VE) demuestran cifras superiores en los soldados varones de un 25.1%. Sin embargo este incremento se produce a partir de un aumento de la frecuencia respiratoria entre los varones del 17.8% mientras que el volumen tidal sólo es superior en los soldados varones en un 8.4%.

Todos estos datos traducen que no son dificultosos (esfuerzos moderados) llevar a cabo estos ejercicios cortos de carrera con el equipo de combate, pero que se desarrollan a una FC con un porcentaje mayor de lo esperado quizás condicionado por la fatiga, por los escasos períodos de recuperación, por el escaso acondicionamiento y por el estrés que supone el esfuerzo con el equipo en un tapiz rodante con el que no se está familiarizado. Este grado de fatiga, cuando se prolonga en el tiempo puede condicionar una deficiente recuperación que puede incidir en el rendimiento en el combate.

Sin duda estos incrementos progresivos de la frecuencia cardiaca y especialmente de la frecuencia respiratoria durante las series de la fase 3, indican el progresivo esfuerzo y la fatiga para llevar a cabo este ejercicio moderado con el equipo de combate, lo que puede dificultar el objeto final de la maniobra o el combate.

Esta fase 3 a su vez, está dividida en cuatro períodos de carrera de 50 metros (S1, S2, S3 y S4) que se recorren a la misma velocidad constante de la fase 3 es decir a 8 km/h. Por ello interesa conocer las diferencias existentes entre los datos ergoespirométricos y

cardiológicos en cada una de las cuatro series respecto a los valores obtenidos en la prueba de esfuerzo máxima, para conocer el esfuerzo y coste energético que requieren y conllevan, observando como se comportan en las sucesivas series de esfuerzo con escasos períodos de recuperación de tiempo. En estas condiciones el consumo de oxígeno medido en los soldados en la serie 1 fue de 31.5 ml/kg/min, lo que representa el 61.6% respecto al consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) y el 69.3% respecto al VO₂-UAn; en la serie 2 (34.2 ml/kg/min) representa el 66.9% respecto al consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) y el 75.3% respecto al VO₂-UAn; en la serie 3 (34.7 ml/kg/min) representa el 67.9% respecto al consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) y el 76.4% respecto al VO₂-UAn; finalmente en la serie 4 (25.5 ml/kg/min) representa el 49.9% respecto al consumo máximo de oxígeno (%VO₂máx) y el 56.1% respecto al VO₂-UAn. En cuanto a la frecuencia cardiaca (FC) en la serie 1 se comprueba que los valores alcanzados por los soldados fue de 166.8 p.p.m. lo que supone un 88.2% de los valores alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima; en la serie 2 los militares del estudio alcanzaron un valor de 174.5 p.p.m. es decir un 92.2% de la frecuencia cardiaca máxima; en la serie 3 la FC llega a ser mayor alcanzando un valor de 176.7 p.p.m. es decir, un 93.4% de la frecuencia cardiaca máxima; y finalmente en la serie 4 la frecuencia cardiaca sigue su aumento (177 p.p.m.) lo que supone un 93.6% de la frecuencia cardiaca alcanzada durante la prueba de esfuerzo máxima.

Con estos datos podemos comprobar que el consumo de oxígeno es progresivamente mayor a medida que se hacen más series de la misma intensidad y con el mismo tiempo de recuperación, excepto para la última serie donde disminuye significativamente respecto a cada una de las series anteriores. Así el requerimiento energético para recorrer las series de igual distancia y velocidad se incrementa un 9.1% en la segunda serie, un 2.9% en la tercera serie y por el contrario en la cuarta serie se reduce significativamente en un 25.8% (serie en la cual ya no puede mantener la intensidad debido a su gran fatiga obteniendo los mayores valores de FC).

Sin embargo la frecuencia cardiaca alcanzada por los soldados respecto a la FC máxima presenta un progresivo incremento a lo largo de las cuatro series con un valor en la primera serie de 88.4% y en la serie 4 de 93.7%.

Por tanto, podemos resumir diciendo que la fase 3 respecto a la fase 2, se diferencia en que tiene una serie más y que aunque en conjunto la distancia recorrida en la fase 3 (200 m) es menor que en la fase 2 (250 m), los periodos de recuperación entre las series de la fase 3 son más cortos. Ello condiciona un mayor esfuerzo en las sucesivas fases suponiendo un

mayor requerimiento energético, del orden de 13.5% (VO_2 de 24.4 ml/kg/min en fase 2 a 28.2 ml/kg/min en fase 3); y un porcentaje de consumo de oxígeno respecto al VO_2 máx de 13.3% (% VO_2 en la fase 2 de 48% a un 55.3% en fase 3). Teniendo en cuenta los datos de FC, también se comprueba un mayor esfuerzo en la fase 3, pues se produce un aumento de un 5.5% (155.1 p.p.m. en la fase 2 a 164.1 p.p.m. en la fase 3). Por ello, a pesar de recorrer una distancia más corta, implica un mayor esfuerzo y con menos posibilidades de recuperar la FC y la VE para un mismo esfuerzo metabólico expresado en VO_2 , lo que habla a favor de una fatiga progresiva. Además en la serie 4, paradójicamente no se alcanzan los valores de VO_2 requeridos en las series anteriores, siendo significativamente menores (se reducen un 25.8% en la fase 4 respecto a la fase 3) y la FC al contrario se eleva un 1.6%. Por ello, el hecho de que los esfuerzos realizados no sean intensos, la aparición de FC tan altas y progresivas para los mismos, y en militares con capacidad aeróbica aceptable o buena nos induce a pensar que no tienen un acondicionamiento físico adecuado, o dicho de otra manera, que el entrenamiento es y ha sido pobre o insuficiente para soportar esfuerzos sucesivos y moderados.

Finalmente en la fase 4 de la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera, se recorren los últimos 50 metros a un ritmo máximo (13 km/h) hasta que se produce el agotamiento. En estas condiciones y a pesar de mantener un ritmo mayor y ser la misma distancia que las series de la fase 3, el consumo de oxígeno alcanzado en los soldados fue de 19.5 ml/kg/min, lo que representa el 38.2% respecto del consumo máximo de oxígeno (% VO_2), mientras que la frecuencia cardíaca (FC) alcanzada (158 p.p.m.) equivale a un 83.5% de los valores de la frecuencia cardíaca alcanzados durante la prueba de esfuerzo máxima, es decir significativamente inferior a la fase anterior aunque más alto que en las fases 1 y 2. Finalmente comparando la ventilación (VE) de la fase 4 (51.9 l/min) respecto a la alcanzada durante la prueba de esfuerzo máxima (138.7 l/min) observamos que los soldados presentan en esta fase un 37.4% de la ventilación máxima.

Considerando que en esta fase el soldado recorre 50 metros a una velocidad un 61.5% mayor que en las fases anteriores, es decir a 13 km/h, encontramos unos valores de consumo de oxígeno inferiores al 40% de los valores máximos. La razón de obtener unos valores tan discretos podría estar en que la distancia de 50 metros sería insuficiente para alcanzar unos valores de consumo de oxígeno más elevados, si bien también es cierto que es significativamente inferior al obtenido en los 50 m de las series de la fase 3 a pesar de haber tenido un tiempo de recuperación de 3 min entre las citadas fases.

También la frecuencia cardíaca alcanzada en esta fase es superior en los soldados femeninos respecto a los soldados masculinos en un 12.3%, por lo que se puede pensar que el nivel de fatiga es mucho mayor en las mujeres. El patrón respiratorio presentado en esta fase indica que la frecuencia respiratoria es superior en los soldados masculinos en un 29.2% mientras que el volumen tidal es un 29% mayor entre los soldados masculinos. Todos estos datos traducen la dificultad para llevar a cabo estos ejercicios cortos de carrera con el equipo de combate, que en las mujeres producen un aumento de la frecuencia cardíaca próximo a los valores máximos (94% de la FC máxima) y en el varón un gran incremento de la frecuencia respiratoria.

Finalmente el gasto energético de las cuatro fases de las que se compone la maniobra protocolizada de combate simulado, alcanza unos valores que se incrementan desde la fase 1 (5.8 METS) a la fase 2 (6.9 METS) en un 15.9% y desde la fase 2 (6.9 METS) a la fase 3 (8 METS) en un 13.7%. Sin embargo en la fase 4 (5.7 METS) se produce una disminución del gasto energético en un 28.7%.

Revisando la bibliografía, encontramos que Knapik y cols. en 1990, estudiaron el rendimiento físico en una muestra de 34 soldados de infantería del ejército alemán, antes durante y después de 5 días de combate simulado. Durante las maniobras su rendimiento en el campo era controlado por otros militares que actuaban de observadores. Antes y después del ejercicio militar se realizó la medición directa de la composición corporal y del VO_2 máx así como la estimación de la capacidad anaeróbica (test de Wingate y test de Thorstensson) y de la fuerza isométrica e isocinética. Sus resultados indicaron que no había una disminución significativa en el rendimiento durante el ejercicio práctico, lo que para ellos demostró la importancia de la fuerza del tren superior y de la capacidad anaeróbica en las operaciones de infantería. Además observaron una tendencia a disminuir los parámetros componentes de la condición física (capacidad anaeróbica y fuerza muscular), durante las operaciones de combate. En nuestro caso se comprueba que, durante la fase 1 del estudio de combate simulado, el consumo de oxígeno supone un 39.3% respecto al consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2$ máx). Sin embargo durante la fase 4 en la cual se considera que finaliza la maniobra los valores de consumo de oxígeno respecto al máximo en los soldados representa el 37.2%. Es decir los valores descienden en un 2.1% entre la fase 1 y la fase 4. Sin embargo si promediamos el consumo máximo de oxígeno obtenido referido en $\%VO_2$ máx tanto en la fase 1 como en la fase 2 obtenemos un valor de 44%; mientras que el promedio del consumo máximo de oxígeno obtenido y referido en $\%VO_2$ máx de la fase 3 y de la fase 4 fue de 46.7%. Es decir no hay diferencias en estos esfuerzos moderados pero si en la progresión de los mismos cuando la recuperación es escasa, de tal forma que en el tercer minuto (R-3), la

recuperación permite alcanzar consumos de oxígeno y costos energéticos parecidos en las sucesivas fases, excepto en la última.

La validez y fiabilidad de un test en cicloergómetro sobre una distancia de 5 km para predecir el consumo máximo de oxígeno fue estudiado por Buono y cols. (1996), concluyéndose que éste era un test fiable y válido para predecir el $\text{VO}_2\text{máx}$, parámetro muy útil para ser utilizado en trabajos clínicos, estudios sobre rendimiento de poblaciones militares y en proyectos de investigación. Sin embargo, en nuestro estudio, en el que tratamos de simular el protocolo de una maniobra de ataque, hemos preferido para reproducir las condiciones de la maniobra, la utilización de un test que incluye un ejercicio de marcha y otros de carrera sobre el tapiz rodante (es decir mayor especificidad), con una mayor familiarización en el gesto motor, implicando a grandes grupos musculares y midiéndolo directamente con un analizador de gases para determinar con total precisión el $\text{VO}_2\text{máx}$ y el coste energético de cada una de las fases de la maniobra, evitando cualquier estimación que por válida que sea, conllevaría un porcentaje de error intrínseco de hasta un 15% (Villa, 1999), lo que falsearía el estudio entre fases y series de la maniobra.

Para conocer las repercusiones fisiológicas de los ejercicios de marcha y carrera con el equipo completo de combate en los soldados objeto de estudio, cuando simulan la maniobra específica de una compañía de infantería ligera, se comparan los datos ergoespirométricos y cardiológicos monitorizados continuamente, durante las cuatro fases que dura la maniobra de aproximación y ataque al enemigo.

En dicha valoración efectuamos un estudio comparativo de los resultados de cada una de las fases entre sí. De todas las comparaciones efectuadas, encontramos diferencias significativas entre la fase 1 y las fases 2 y 3 en los parámetros metabólicos como el consumo de oxígeno (VO_2) expresado en términos absolutos (ml/min) así como en el porcentaje de consumo de oxígeno respecto al consumo máximo de oxígeno ($\% \text{VO}_2\text{máx}$) y del equivalente metabólico de oxígeno (MET). En los parámetros cardiológicos (FC), así como en los parámetros ventilatorios, tanto en la ventilación (VE) como en la frecuencia respiratoria (FR) y volumen tidal (V_t), se muestran diferencias significativas de la fase 1 con las fases 2, 3 y 4. Por otra parte, todos los datos de la fase 2 muestran diferencias significativas con los datos de la fase 3 y de la fase 4 excepto la frecuencia cardiaca (FC) que sólo presenta diferencias significativas con la fase 3. Finalmente todos los valores de la fase 3 muestran diferencias significativas con la fase 4, excepto la relación de intercambio respiratorio y la frecuencia respiratoria.

En definitiva, la reiteración de esfuerzos (series en una misma fase), conlleva a un progresivo y mayor costo energético y a una mayor frecuencia cardiaca, condicionado por la menor recuperación entre series (20 seg en la fase 2 y 5 seg en la fase 3) que entre las fases (que son de 3 min), a pesar de tratarse de esfuerzos de intensidad moderada (a una media del 50% del VO_2 máx), lejos de su umbral anaeróbico (cuando éste se determina sin el equipo de combate), por lo que las posibilidades de mejorar su condición física con entrenamientos específicos repercutirá en un menor costo energético de la maniobra.

Es decir, podemos deducir de todo este estudio comparativo que todos los parámetros estudiados presentan un incremento progresivo desde la fase 1 a la fase 3, para disminuir en la fase 4 donde se alcanzan unos valores similares a los de la fase 1. Parece probable que el aumento continuo de los parámetros metabólicos, ventilatorios y cardiológicos durante las tres primeras fases de la maniobra protocolizada, está claramente relacionado con el aumento de la intensidad del ejercicio en cada una de ellas. Sin embargo, el hecho de que los esfuerzos realizados sean de una intensidad moderada, unido a la aparición de FC tan altas y progresivas para los mismos, en personal militar con una capacidad aeróbica buena o aceptable implica que el acondicionamiento físico o entrenamiento de estos soldados es escaso o insuficiente para soportar esfuerzos moderados y repetidos como son los que se necesitan para el desarrollo de una maniobra de ataque de una compañía de infantería ligera.

5.3.1. Fatiga y recuperación: ¿El protocolo de la maniobra de ataque es adecuado para la recuperación?.

Son escasos los estudios realizados sobre la forma física óptima para el combate, estando realizados la mayoría de ellos en población anglosajona y siempre ligados a aspectos del entrenamiento. Sin embargo, no existen estudios que analicen la influencia de la condición física en el esfuerzo o coste energético que se precisa para el combate, lo que puede condicionar la realización de entrenamientos adecuados que permitan aumentar la capacidad de trabajo físico y de esta forma mejorar su puesta en acción en el combate, especialmente en nuestras fuerzas armadas en las cuales ahora se tiende a un modelo de militar profesional. A partir de este estudio la determinación de la condición o aptitud física adecuada para el combate debe suponer un punto de referencia.

Así en la Armada de los EEUU, Marcinik y cols. (1987) estudiaron el efecto del entrenamiento en 224 marineros. El entrenamiento consistía en 32 sesiones de 40 minutos de duración cada una de ellas, durante 8 semanas. Cada una de estas sesiones constaba de

10 minutos de ejercicios de calentamiento, seguidos de carrera continua; la distancia de la carrera progresivamente se iba incrementando entre 2 y 3.6 km a un ritmo de 8 minutos por milla (12 km/h). Este tipo de entrenamiento experimental era cada vez más intenso y estaba orientado a mejorar la potencia aeróbica. Los resultados demostraban un aumento sustancial en el trabajo físico alcanzado en cicloergómetro (14%) frente al método habitual (3%). De estas investigaciones se puede deducir la validez de este tipo de programas para mejorar la capacidad aeróbica del combatiente.

O'Connor, J. S. y cols. (1990) realizaron un estudio en el ejército de los Estados Unidos y determinaron los niveles de forma física a través de los test de actividad física específicos del ejército americano, concluyendo que el nivel de preparación física de la mayoría de los soldados, especialmente los más jóvenes, es insuficiente para las necesidades que impone el combate y la guerra.

Knapik y cols. (1996) estudiaron en el ejército americano la influencia de la edad y del entrenamiento físico sobre los valores de resistencia cardiorrespiratoria y resistencia muscular, en un grupo de 5079 soldados varones sanos de edades comprendidas entre los 18 y 53 años. Las conclusiones de sus estudios sugieren que las tareas militares que implican diversos sistemas pueden ser influenciadas por la edad y el entrenamiento, de forma que éste podría enlentecer la disminución del rendimiento asociado a la edad en aquellas tareas y ejercicios que requieren un nivel de resistencia cardiorrespiratoria, pero no en aquellas tareas que precisan cierto nivel de resistencia muscular.

Posteriormente, Hoffman, J. (1997) estudió la relación entre la forma física aeróbica y la recuperación después de un ejercicio de alta intensidad en soldados de infantería, examinando una muestra de 197 soldados de ese arma. En este trabajo se pudo concluir que la recuperación después de un ejercicio de alta intensidad es mejor en aquellos soldados con niveles más altos de capacidad aeróbica.

En nuestro estudio hemos monitorizado los parámetros metabólicos, cardiológicos y respiratorios durante el primer y tercer minuto de la recuperación de cada una de las fases que componen la maniobra protocolizada del modo de combate de una compañía de infantería ligera. En el primer minuto de la recuperación sólo se observan diferencias significativas en el consumo de oxígeno tanto en términos absolutos como relativos en la fase 4, cuyos valores son significativamente menores, quizás condicionado porque también alcanzaban un significativo menor consumo de oxígeno en dicha fase de esfuerzo; no se han observado diferencias significativas entre el resto de las fases en el primer minuto de la

recuperación. Por tanto, desde un punto de vista metabólico al tratarse de esfuerzos moderados, a pesar de sus diferencias, la recuperación inmediata es similar.

En cambio los valores de recuperación al primer minuto de la frecuencia cardíaca son significativamente mayores en cada una de las fases, de forma similar a lo que sucedía cuando se analizaba la frecuencia cardíaca de esfuerzo en cada una de ellas, salvo en la fase 4 donde se reducen significativamente sus valores respecto de la fase anterior, debido a que en el esfuerzo también se alcanzó un valor menor. Los valores de ventilación alcanzados al primer minuto de recuperación muestran el mismo comportamiento que el observado para la frecuencia cardíaca.

Sin embargo estudiando la recuperación durante el tercer minuto, los parámetros metabólicos expresados como VO_2 , son significativamente menores (es decir, presentan una mejor recuperación) en la primera fase que en la segunda y tercera; igualmente sucede con la fase 4, aunque esta fase 4 está claramente condicionada por el menor esfuerzo que se realiza en la misma, lo que facilitaría su recuperación. Sin embargo dado que ella no difiere de la fase 1, hay que pensar en un componente acumulado de fatiga, posiblemente ligado a la pobre condición física a la hora de afrontar esfuerzos que se pueden cuantificar como de moderada intensidad. Los valores de FC siguen un comportamiento diferencial similar a los del primer minuto, siendo significativamente más altos en cada una de las sucesivas fases, similar a lo que acontecía cuando se analizaba la frecuencia cardíaca de esfuerzo en cada una de ellas, salvo en la fase 4 donde se mantienen sus valores respecto de las fases 2 y 3, pero motivado porque en el esfuerzo también se alcanzó un valor menor que en la fase 3. También, los valores de ventilación alcanzados al tercer minuto de recuperación muestran el mismo comportamiento que el observado para la frecuencia cardíaca.

En un estudio realizado por Williams, A.G. y cols. (1999) se pudo concluir que con el entrenamiento militar básico desarrollado en las fuerzas armadas británicas, se producía una adaptación favorable, especialmente en términos de capacidad aeróbica. Sin embargo, el escaso entrenamiento de la fuerza y de la habilidad para el manejo del material durante el período de instrucción es insuficiente para mejorar la capacidad del soldado en el desarrollo de maniobras militares simuladas. En nuestro caso la dificultad en el manejo del material venía condicionada por el desarrollo de la simulación de la maniobra de combate en un tapiz rodante de 90 cm de anchura. Por otra parte, la realización de la prueba simulada conectada a una máscara para la medición de gases condiciona mucho la movilidad del soldado durante la prueba de esfuerzo.

A pesar de estas dificultades técnicas, para poder comprobar la idoneidad de este protocolo de ataque que desarrollan las compañías de infantería ligera del ejército español nosotros hemos comparado entre sí los datos ergoespirométricos de las tres series que componen la fase 2 de la maniobra de ataque (100 m, 100 m y 50 m).

Analizando la intensidad de esfuerzo, evaluada como consumo de oxígeno en función del peso corporal, se pueden observar diferencias significativas entre las 2 primeras series de 100 m, de forma que a pesar de los 20 seg de recuperación se requieren significativamente más VO_2 en la segunda serie; esto implica que se incremente significativamente el porcentaje de $VO_{2máx}$ que se precisa para realizar el mismo esfuerzo; es decir, precisando más requerimiento para una misma demanda de esfuerzo, la eficiencia energética es menor, lo que implica un componente de fatiga unido a una pobre condición física si la intensidad requerida no es alta, como acontece con los requerimientos que aquí se manifiestan. La fatiga acumulada parece acontecer igualmente en la serie 3, que aunque se haga a la misma velocidad de carrera tan sólo consta de 50 m, siendo significativamente inferior en los requerimientos de VO_2 que en la serie que la antecede, o serie 2, pero de igual cuantía requerida que en la serie 1 que la dobla en distancia.

El mismo comportamiento podemos observar en las series de la fase 2 con la frecuencia cardíaca alcanzada en cada una de ellas siendo significativamente mayor en la segunda carrera respecto a la primera. Igual comportamiento que el VO_2 tiene la frecuencia cardíaca alcanzada en la serie 3 de 50 m, ya que es significativamente inferior que en la serie 2, pero prácticamente igual a la primera serie de 100 m. Respecto a la ventilación, ésta se incrementa significativamente en la segunda carrera o serie de 100 m. En cambio se reduce significativamente en la tercera serie o carrera de 50 m, aunque es más elevada en esta carrera que en la primera carrera o serie de 100 m.

Es decir que si bien la forma física ha sido aceptada como un importante componente en el desarrollo de las operaciones de infantería (McCraig, R.H., 1986) y teniendo en cuenta que la mayoría de los artículos publicados se refieren al grado de condición aeróbica, algunos autores como Knapik (1990), sugieren que la fuerza en las extremidades superiores y la capacidad anaeróbica son los componentes fundamentales para el éxito de las operaciones de infantería, mientras que el entrenamiento aeróbico y por tanto el grado de condición aeróbica no está directamente relacionado con el éxito de la maniobra del combate pero se considera un importante factor en la reducción del nivel de fatiga y de la mejora de la recuperación durante esas operaciones de guerra.

Por ello, profundizando más en nuestro estudio, igualmente comparamos entre sí los datos ergoespirométricos de las cuatro series de 50 m que componen la fase 3. Como resultado de dicha comparación comprobamos como el consumo de oxígeno alcanzado, tanto en términos relativos como en porcentaje respecto a su VO_2 máx, muestran un valor significativamente mayor a medida que se realiza una nueva serie o carrera de 50 m, excepto para la última serie donde se reduce significativamente respecto a cada una de las series anteriores. Resulta sorprendente que la cuarta serie se reduzca significativamente respecto a la serie anterior, e incluso también respecto a la primera serie. Posiblemente ello pudiera inducir a pensar en una escasa condición física que impide un rendimiento físico y fisiológico en la cuarta serie acorde al alcanzado en las anteriores, de forma que la progresión en la intensidad a satisfacer es reducida cuando se comparan los incrementos observados entre las series 1, 2 y 3. En cambio, la frecuencia cardiaca también se va incrementando significativamente en cada una de las sucesivas series o carreras, siendo el mayor incremento el obtenido en la segunda respecto a la primera, incremento que persiste aunque en menor grado al realizar la tercera, pero al contrario de lo que ocurría con el consumo de oxígeno, en la cuarta serie que disminuía significativamente, la frecuencia cardiaca también se incrementa. La ventilación presenta un comportamiento similar al de la frecuencia cardiaca, incrementándose significativamente a medida que se suceden las series pero en la serie cuarta se reduce respecto de la serie tercera, si bien está significativamente más aumentada que en la primera carrera de 50 m.

Otra vez llama la atención que durante la cuarta y última serie se produce un significativo descenso del consumo de oxígeno mientras que la frecuencia cardiaca y la ventilación se mantienen altas. Esto demuestra que se produce una recuperación deficiente después de cada una de las tres series iniciales, que genera una fatiga acumulada como consecuencia del desarrollo de ese tipo de ejercicio. Por ello, ante la ausencia de planes de entrenamiento que mejoren la condición física, y manteniendo los mismos programas de instrucción física militar, sería conveniente pensar en la necesidad de o bien modificar este protocolo, ya sea acortando las distancias de las series o aumentando el tiempo de recuperación entre ellas, para facilitar una reducción de la fatiga que permita al soldado llegar a las posiciones enemigas donde se producirá el combate cuerpo a cuerpo, en las mejores condiciones fisiológicas posibles o bien mejorar la preparación física en base a programas de entrenamiento que aumenten la capacidad aeróbica y la fuerza y resistencia muscular para transportar el equipo de combate de 26 kg.

Sin embargo, queremos avanzar más en estos datos donde se reflejaría el grado de fatiga y la ausencia de recuperación del soldado durante esta maniobra de ataque. Para ello,

comparamos los valores ergoespirométricos de la tercera serie de 50 m de la fase 2 con las cuatro series de 50 m que componen la fase 3 y especialmente al comparar los valores de los últimos 50 m de la fase 2 (tras una recuperación de 20 seg) y los primeros 50 m de la fase 3 (tras 3 min de recuperación), observamos que en ésta, el VO_2 es un 6.4% mayor, la FC es un 1.8% menor y la VE es un 14.1% menor. Comparando las series primera (S1) y segunda (S2) de la fase 3 en ambos casos, tras 5 seg de recuperación, el valor alcanzado de VO_2 en S2 es un 9% mayor, la FC un 4.1% mayor y la VE un 22.1% mayor. Además comparando la segunda (S2) y tercera serie (S3) de la fase 3 en ambos casos, tras 5 seg de recuperación, el valor de VO_2 alcanzado en S3, es un 2.8% mayor, la FC un 1.8% mayor y la VE un 4.4% mayor. Finalmente comparando los últimos 50 m (S4) de la fase 3 (tras 5 seg de recuperación) con los 50 m de la fase 4 (tras 3 min de recuperación que hay entre la fases 3 y 4) comprobamos que en esta fase 4 el VO_2 es un 27.5% menor, la FC es un 6.6% menor y la VE es un 21.1% menor.

Por tanto podemos afirmar que el efecto de la recuperación de 3 min entre las series, produce un efecto diferente de forma que la FC alcanza valores entre un 1 y un 7% más bajos, mientras que la VE alcanza un valor entre un 14 y un 21% más bajo. Pero resulta por el contrario muy significativo que los valores de VO_2 , FC y VE alcanzan cifras mayores después de las pausas de 5 seg.

De nuevo en este estudio comparativo se demuestra que durante la cuarta y última serie de la fase 3 se reducen los valores de consumo de oxígeno, mientras que la frecuencia cardiaca se mantiene muy elevada. Navarro (1998) comprobó que en deportes individuales y colectivos, una buena capacidad aeróbica permite al atleta recuperar rápidamente durante las interrupciones del juego o mientras está en el banquillo, debido a que la capacidad de recuperación tiene una relación muy estrecha y depende en gran medida de la resistencia del jugador. Esta es la explicación por la cual durante la maniobra simulada, las fases de esfuerzo están alternadas con periodos de descanso, unas veces de 3 min y otras de 20 ó 5 seg. La medida en la disminución de la frecuencia cardiaca durante esas pausas de recuperación permite evaluar la capacidad de recuperación del deportista.

En ambiente militar, Patton y cols. (1980) demostraron que la instrucción física desarrollada durante un período de 7 semanas en el ejército de tierra de los EEUU, es muy efectiva especialmente para aquellos hombres y mujeres que parten con potencias aeróbicas bajas, es decir con valores inferiores a 49-52 ml/kg/min y 38-41 ml/kg/min respectivamente.

Es decir como consecuencia del ejercicio intermitente continuado que se mantiene durante esta acción del combate, parece que la recuperación es insuficiente, y que se gene-

raría un estado de fatiga que le impide al combatiente mantener unos valores fisiológicos óptimos para desarrollar la acción final del combate. Nuevamente surge la necesidad de considerar un cambio en el diseño de este protocolo, que permita reducir la fatiga del combatiente, mediante el acortamiento de las distancias recorridas durante la aproximación o bien con el aumento del tiempo de descanso entre las series para mejorar la recuperación del soldado o bien estudiar este comportamiento después de someter a los soldados a un entrenamiento específico de eficacia demostrada.

La influencia de una adecuada recuperación, se comprueba mediante el análisis comparativo de los datos ergoespirométricos metabólicos y cardiológicos del primer y tercer minuto de la recuperación siendo relevante el comprobar la existencia de diferencias significativas entre ambos minutos en todos los parámetros estudiados. Es decir, las diferencias que se producen entre esos valores, indican que se precisa un tiempo excesivo para llevar a cabo una completa recuperación de los combatientes, lo que traduce un esfuerzo grande, lo cual no ocurre por que se trata de esfuerzos que representan como mucho un 50% del VO_2 máx (es decir esfuerzos moderados). Se ha estudiado como afecta el tipo de ejercicio en la cinética de recuperación de la FC, obteniéndose que la fase rápida de recuperación de la FC y el VO_2 post-esfuerzo dependen en mayor medida de la intensidad del ejercicio que de la duración (Short, 1996; Darr y cols., 1988). Sin embargo, los estudios de Short (1996) y Darr y cols. (1988) no han sido corroborados por Calderón y cols. (1999), para quienes la FC de recuperación en su fase rápida es independiente de la intensidad del ejercicio.

Además la existencia de diferencias significativas entre el primer y el tercer minuto de la recuperación traduce una condición física inadecuada para desarrollar el protocolo previsto en la maniobra ofensiva de una compañía de infantería ligera. Quizá por ello, se hace patente la necesidad de ampliar este tipo de estudios analizando la influencia de unos entrenamientos de diferente intensidad y tipo, con y sin el armamento y el equipo de combate, a fin de mejorar las condiciones y los parámetros fisiológicos necesarios para efectuar óptimamente estas maniobras de aproximación a las posiciones enemigas.

Teniendo en cuenta que los esfuerzos que se desarrollan durante la maniobra de ataque que realizan los soldados objeto de estudio, requieren un consumo de oxígeno del 45.4% del VO_2 máx, podemos hablar de esfuerzos de intensidad suave o moderada, cuya recuperación al primer minuto es del 48% (es decir, persiste una deuda de oxígeno inmediata del 52%), y la recuperación al 3º minuto es del 77.3% (es decir, persiste una deuda de oxígeno del 22.7%), de forma que el consumo de oxígeno al 3º minuto, estaría aún incrementado en un 68.6% respecto al inicial o basal, por lo que la situación metabólica no parece

ser la más óptima para iniciar la siguiente fase. Por otra parte, durante el desarrollo de la maniobra de combate simulado se alcanzan frecuencias cardíacas de esfuerzo en torno a las 150 p.p.m (esfuerzos de moderada intensidad), y sin embargo la frecuencia cardíaca de recuperación al primer minuto tan sólo se reduce en un 8.2% respecto al valor de esfuerzo y en un 19.5% en el tercer minuto. Es decir, se incrementa en un 35.6% respecto de la situación basal a pesar de disponer de un tiempo de recuperación más que suficiente para sujetos medianamente entrenados. Finalmente, la ventilación sigue un comportamiento similar, alcanzando durante el esfuerzo un valor de 54.4 l/min por término medio (un 39.2% de su ventilación máxima), recuperando un 34.2% al primer minuto y un 58.,3% al 3º minuto, de forma que está incrementada un 66.9% respecto a la situación basal, posiblemente condicionada por el alto estímulo respiratorio que supone la producción aumentada de CO₂ consecuencia de la compensación respiratoria de una acidosis metabólica “temprana” derivada de la pobre condición física ante tales esfuerzos. (López Chicharro y Arce, 1992).

El índice de recuperación tras el esfuerzo se ha tenido en cuenta como criterio para valorar la capacidad y resistencia aeróbica, representado en valores de VO₂ o frecuencia cardíaca, y relacionado con los conceptos de déficit, generado durante el esfuerzo y dependiente de su intensidad, y deuda de oxígeno generada después de la realización del esfuerzo. En este sentido, numerosos autores (Savin y cols., 1982; López, C. y cols., 1988; Calderón y cols., 1997) consideran la posibilidad de que una mejor recuperación de la frecuencia cardíaca tras el esfuerzo, y por consiguiente una menor deuda de oxígeno se asocie a alguno de los parámetros descritos (VO₂máx, resistencia aeróbica, velocidad máxima aeróbica, etc.).

Para conocer esta posible acumulación de fatiga en cada una de las fases que integran la maniobra protocolizada que simula el modo de combate, en el estudio también se procedió a analizar el porcentaje de recuperación en función del coste energético que conlleva cada una de las fases, observándose que no hubo diferencias significativas en las tres primeras fases pero sí entre la tercera y la cuarta, la cual tiene un menor coste energético o de esfuerzo. Este dato podría estar relacionado con una mayor intensidad exigida (correr 50 m a intensidad máxima), pero las diferencias en la velocidad de carrera (13 km/h) y el menor coste energético total de la fase no debería conllevar una peor recuperación, justo cuando se produce el combate.

López-Calbet (1999) afirma que el comportamiento del VO₂ en el tiempo describe una curva exponencial, lo que justifica el descenso rápido y lento del VO₂ (recuperación rápida y ultralenta, respectivamente), mientras que respecto del comportamiento de la FC

tras el ejercicio, sólo se sabe que al detener el ejercicio, inicialmente ésta se reduce de forma muy rápida (aproximadamente durante 1 min), para posteriormente hacerlo de forma lenta e independientemente de la intensidad a la que se realice (López, C. y cols., 1988; Calderón, 1999), habiéndose descrito, que su comportamiento en el tiempo también es exponencial, con valores de ajuste la curva FC-tiempo de $r=0.94$ durante los primeros 30 seg de recuperación (Savin y cols., 1988). Sin embargo López y cols. (1988) hacen alusión al posible comportamiento lineal de la FC durante la recuperación, ya que citan un estudio de Margaria donde sujetos trasplantados de corazón que realizaban un ejercicio dinámico mostraban este comportamiento. No obstante, estos mismos autores concluyen que el comportamiento más habitual que muestra la FC es de tipo exponencial, y en este sentido otros estudios con pacientes afectados de insuficiencia cardiaca utilizan modelos similares, describiendo un buen ajuste de la función exponencial a los valores FC-tiempo, VO_2 -tiempo y VE-tiempo (Pavia y cols., 1999).

Cuando se realizó la comparación entre los datos ergoespirométricos del primer minuto de la recuperación de cada una de las fases que componen el estudio, se mostraron diferencias significativas entre los valores de consumo de oxígeno en el primer minuto de recuperación de la fase 1 y el mismo minuto de la fase 4. Así mismo se observan diferencias significativas entre la frecuencia cardiaca (FC) del primer minuto de recuperación de la fase 1 y el mismo periodo de las fases 2, 3 y 4; finalmente, también se han comparado los valores del tercer minuto de la recuperación de la fase 1 con el mismo período de recuperación de las fases 2, 3 y fase 4. Los datos de consumo de oxígeno y ventilación del tercer minuto de recuperación de la fase 1 muestran diferencias significativas con el mismo periodo de las fases 2 y 3 y además la frecuencia cardiaca (FC) muestra también diferencias con el mismo periodo de la fase 4. Ello contribuye a demostrar que el desarrollo de este ejercicio genera un proceso acumulativo de fatiga, por déficit de recuperación que traduce una pobre condición física ante esfuerzos moderados, que impide llegar al combatiente a la fase 4 en un estado físico adecuado para ejercer el combate cuerpo a cuerpo.

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que la condición aeróbica influye en el proceso de recuperación del soldado cuando este realiza ejercicios repetidos de moderada intensidad.

5.3.2. Reducción del peso del equipo para aminorar la fatiga.

Friedl, K. E. (1997) revisó en el ejército americano los recientes avances realizados sobre las pautas de nutrición y las pruebas de campo durante las maniobras militares. El

gasto energético durante los ejercicios de maniobras militares puede suponer hasta una media de 4000 kcal/día, mientras que la ingesta calórica mediante el empleo de raciones alimentarias estaban en torno a 3000 cal/día. Por ello, la reducción de peso y la mejora de la condición física se hacen imprescindibles para la maniobra de combate, ya que se exige un incremento de la actividad física durante varias jornadas, conllevando gastos energéticos superiores a las 4000 kcal/día, lo que obliga a llevar a cabo períodos prolongados y repetidos de recuperación.

Como consecuencia de nuestro estudio, para tratar de aminorar la fatiga, se justifica la reducción del equipo de combate y especialmente de su peso, proporcionando al soldado una vestimenta con materiales transpirables que eviten situaciones de deshidratación y riesgo de “golpe de calor” durante los ejercicios de combate especialmente cuando las condiciones ambientales sean adversas (exceso de temperatura y humedad) ya que, Mudambo, K.S. y cols en 1997 estudiaron la deshidratación como causa de fatiga en un grupo de soldados del ejército inglés, durante ejercicios de marcha y carrera en ambiente de calor, así como los efectos de la ingesta de líquidos durante y después del ejercicio. Los resultados que obtuvieron sugieren que la fatiga era causada por varios factores que interactúan recíprocamente, entre los que se observan, un descenso en los niveles de glucosa, en el volumen plasmático y un cierto componente de deshidratación.

Para ratificar la importancia de la reducción del peso corporal, y al mismo tiempo poder afrontar un esfuerzo con el equipo de combate de menor peso y con la mayor movilidad posible, en un estudio prospectivo entre 21978 varones reclutas del ejército, Frehner y Senn en 1988, detectaron un 2.6% de reclutas obesos en tres años de seguimiento. El grupo de los obesos presentaba un nivel de licenciamiento del 9%, es decir, 3.6 veces significativamente mayor que el grupo de peso normal. Además este grupo que presentaban problemas de sobrepeso fue comparado con otro grupo de reclutas no obesos en cuanto a la presencia de problemas médicos. De esta forma se comprobó que la enfermedad era causa significativa de licenciamiento en el servicio militar en un 7% en el grupo de obesos en comparación con un 1.6% en el grupo de peso normal. En relación a los accidentes que eran causa de licenciamiento no había diferencias significativas entre un grupo y otro. Cerca de una tercera parte de los licenciamientos por causa médica revelaban que la causa del abandono del ejército ya existía en el momento de ser reclutado para el servicio militar.

La composición corporal es un componente clave de la salud y de la condición física (Heyward, 1996). La grasa corporal tiene implicaciones en la salud debido a la importante asociación entre el alto porcentaje de la misma y el incremento del riesgo de padecer hiper-

tensión, diabetes, enfermedades coronarias y otras enfermedades crónicas (Pila, 1985; National Research Council, 1989). Investigaciones recientes sugieren que se debe tener en cuenta no sólo el porcentaje de grasa sino la distribución de la misma (Howley y Franks, 1995), ya que también tiene implicaciones importantes en la salud (Skinner y Oja, 1994); en este sentido hay estudios que muestran que la grasa corporal regional puede ser un determinante más importante de las enfermedades coronarias y las complicaciones metabólicas que la adiposidad total (Després y cols., 1990). Resulta especialmente problemática la adiposidad que se concentra sobre todo en la zona abdominal, conocida desde hace poco como obesidad central (Rodríguez, 1995a), pues se asocia a una mayor incidencia de la diabetes tipo II (Howley y Franks, 1995), a una mayor concentración de lípidos en plasma, y a un mayor nivel de arteriosclerosis (Després y cols., 1990).

Patton, J. F. y cols (1995) estudiaron en el ejército de los Estados Unidos el gasto energético provocado por el uso de la ropa de protección química durante los ejercicios de marcha en el tapiz rodante. Es muy conocido que el empleo del uniforme de protección química que incluye el traje, las manoplas y las botas con un peso de 3,500 kg, produce un efecto adverso sobre el rendimiento físico como consecuencia del incremento de peso así como por el aumento de la sudoración que implica trastornos hidroelectrolíticos, pero sin embargo existen muy pocos datos sobre la respuesta fisiológica que produce la utilización de esta ropa militar durante un ejercicio incremental y dinámico. Los resultados indicaron que a pesar de que la máscara de protección química induce la hipoventilación, el VO_2 no se afecta cuando se desarrollan intensidades de ejercicio superiores al 60% del $VO_{2m\acute{a}x}$. Es decir, la conclusión de este estudio muestra que no se disminuye la capacidad de trabajo físico a pesar de la utilización del equipo de protección NBQ.

Los efectos de la ropa de defensa química y del equipo individual sobre la ventilación y las reacciones subjetivas que produce el ejercicio en estas condiciones fueron estudiados por Muza, S. R. (1996) en el ejército de los Estados Unidos. Ellos comprobaron que las múltiples capas del uniforme de defensa química además del equipo de combate, provoca una dificultad en los mecanismos de la respiración añadida a los que provoca la propia máscara de protección biológica y química. En resumen sus estudios indican que parte de la dificultad respiratoria asociada al uso del uniforme de defensa química, es producida por la reducción de los movimientos respiratorios derivado de la constricción que origina este uniforme sobre la pared torácica. En nuestro caso, aunque el estudio no está realizado con el uniforme de protección de guerra biológica y química, si hemos observado que la simple utilización del equipo de combate descrito anteriormente, provoca también una reducción de la ventilación a expensas de la limitación que impone el chaleco antifrag-

mentos sobre los movimientos de la pared torácica, tal y como se refleja en las incidencias de las pruebas de esfuerzo, ya que la mayoría de los soldados expresan la dificultad de aumentar la profundidad de los movimientos respiratorios durante la prueba, además de referir sequedad de garganta y molestias por la movilidad del equipo en un espacio tan reducido como es el tapiz rodante.

En nuestro estudio hemos encontrado unas diferencias significativas entre el primer y el tercer minuto de la recuperación que demuestran que para llevar a cabo una completa recuperación de los combatientes se precisa un tiempo muy prolongado. Esto puede indicar que los soldados tienen una condición física insuficiente para desarrollar el protocolo previsto en la maniobra ofensiva de una compañía de infantería ligera probablemente relacionado con el hecho de cargar con un peso excesivo para realizar esa maniobra de ataque.

Por otra parte, considerando que el metabolismo incluye todas las reacciones químicas de las moléculas biológicas dentro del organismo, incluyendo las de síntesis (anabólicas) y las de destrucción (catabólicas). El gasto energético diario total es influenciado por tres factores generales: el nivel metabólico en reposo, el efecto termogénico de los alimentos consumidos y el gasto energético durante la actividad física y recuperación.

Teniendo en cuenta que 1 l/min de VO_2 equivale a 4.82 kcal, podemos calcular los valores de gasto energético en las cuatro fases que constituyen el protocolo de ataque de una compañía de infantería ligera. De esta forma, comprobamos lo siguiente: en la fase 1 se produce un gasto calórico de 7.36 kcal/min en los soldados masculinos y de 6.72 kcal/min en los soldados femeninos; en la fase 2 de la maniobra protocolizada se produce un gasto energético de 8.57 kcal/min en los soldados masculinos y de 7.11 kcal/min en los soldados femeninos; en la fase 3 el gasto equivale a 9.93 kcal/min en los soldados masculinos y de 8.25 kcal/min en los soldados femeninos y finalmente en la fase 4 el gasto energético equivale a 7.19 kcal/min en los soldados masculinos y de 5.47 kcal/min en los soldados femeninos. Según los criterios de Mc Ardle que clasifica la actividad física en base a la intensidad del ejercicio, en los soldados masculinos el gasto energético de las fases 1 y 4 estaría catalogado como de intensidad moderada (de 5.0 a 7.4 kcal/min) y el gasto en las fases 2 y 3 sería de intensidad dura (7.55-9.9 kcal/min). Sin embargo en los soldados femeninos, las fases 1 y 2 se pueden considerar de intensidad dura (5.5-7.4 kcal/min), la fase 3 de intensidad muy dura (7.5-9.4 kcal/min) y finalmente la fase 4 de intensidad moderada (3.5-5.4 kcal/min).

Por otra parte hay que considerar que el peso añadido del equipo de combate y el armamento supone 26,170 kg. El gasto energético es generalmente más alto para personas

con más peso cuando realizan aquellos ejercicios en los que interviene la carga del individuo tales como andar y correr como ocurre en este protocolo de ataque. La masa corporal influirá sobre el gasto energético durante estos ejercicios especialmente en aquellas personas que aumentan su peso añadiendo cargas como ocurre en estos soldados profesionales que tienen que transportar el equipo de combate y el armamento individual. Sin embargo en la fase 4, última de la maniobra de ataque de la compañía de infantería ligera, el gasto energético experimenta un notable descenso debido a que no ha transcurrido tiempo suficiente para que se incremente (esta fase dura mucho menos que las otras), y sin embargo los valores de FC alcanzados y los porcentajes de recuperación indican un notable aumento de la fatiga acumulada probablemente por el transporte de este peso añadido.

Es decir, el sobrepeso derivado del transporte del armamento y del equipo de combate, produce un aumento del consumo de oxígeno respecto a la carga de trabajo que se ha descrito para cada una de las fases que componen la maniobra protocolizada de ataque y que sigue una relación lineal (McArdle, W. y cols, 1991), al menos durante las primeras fases del protocolo cuando se desarrollan unas cargas de trabajo que implican al metabolismo aeróbico fundamentalmente. Sin embargo en la última fase, el acúmulo de fatiga derivado del transporte de una elevada carga, provoca un desajuste muy importante entre el coste energético y, la frecuencia cardíaca y la ventilación para el mismo y en consecuencia una reducción del rendimiento físico posterior.

Por tanto, se observa un descenso significativo de los valores de consumo de oxígeno (absoluto y relativo al peso) durante el período de recuperación que sigue a la fase 4 respecto al mismo período de las fases anteriores (1, 2 y 3). La frecuencia cardíaca por el contrario experimenta un claro aumento en el tercer minuto de la recuperación de la fase 4 respecto a la fase 1. Esto indica que se produce un rendimiento descendente a lo largo de toda la maniobra de ataque que conlleva una clara reducción del consumo de oxígeno con un aumento llamativo de la frecuencia cardíaca. El sobrepeso que supone el transporte del equipo de combate y el armamento individual durante la maniobra ofensiva provoca una disminución significativa del rendimiento del combatiente.

5.4. ASPECTOS DIFERENCIALES EN LA REALIZACIÓN DEL ESFUERZO QUE SUPONE LA MANIOBRA DE COMBATE SIMULADA EN FUNCIÓN DEL SEXO DEL SOLDADO.

Los mecanismos celulares que provocan las reacciones fisiológicas en el ejercicio y el entrenamiento de la mujer son similares a los del hombre, pero sin embargo hay una clara diferencia en la amplitud de las respuestas.

En las mujeres la potencia aeróbica máxima expresada como el $\text{VO}_2\text{máx}$ es más baja. Esta diferencia es mayor a medida que la mujer supera la pubertad y se ve directamente relacionada con los factores cineantropométricos y de composición corporal. Las modificaciones de la composición corporal que se logran en la mujer a lo largo de un entrenamiento físico son similares a las que se obtienen tras un entrenamiento de musculación. El entrenamiento aeróbico se asocia a una disminución considerable de la masa adiposa (de 2.5 a 3 kg), a un aumento de la masa magra y a una ligera disminución de la masa total. Estas modificaciones y en particular, la pérdida de grasa, son más pronunciadas en la mujer obesa que en la mujer delgada. Sin embargo, los cambios fisiológicos que se producen tras el desarrollo de un entrenamiento submáximo idéntico para ambos sexos han sido parecidos. Los resultados de un programa de entrenamiento submáximo en cicloergómetro de 2 a 3 días por semana durante 7 semanas producen mínimas variaciones en el $\text{VO}_2\text{máx}$ y disminución de la FC para idéntico esfuerzo.

De esta forma, la diferencia entre los dos sexos es más pequeña cuando se expresa por unidad de masa corporal y todavía se hace menor cuando se expresa en unidad de masa magra. (ACSM, 1995)

La influencia del entrenamiento y la eficacia de éste en la mujer ha sido muchas veces estudiado. En relación a la intensidad del entrenamiento, se ha comprobado que existe un umbral de intensidad por debajo del cual no existe mejora considerable de la calidad (Eisenman, 1975). Este umbral de intensidad varía de una mujer a otra y está influenciado por la condición física inicial del sujeto. La intensidad óptima de entrenamiento como en el hombre, se establece a partir de la frecuencia cardíaca y del umbral anaeróbico. En relación a la duración del entrenamiento, se observan mejoras considerables de la condición física en jóvenes sedentarias que realizan un programa de entrenamiento de cuatro semanas a razón de 5 sesiones por semana (Edwards, A., 1974). Se puede afirmar que la capacidad aeróbica de la mujer aumenta considerablemente incluso después de un programa de entrenamiento de seis semanas realizado a razón de tres días por semana.

Desde hace muchos años se ha tratado de identificar las diferencias en el rendimiento físico y en el desempeño de las tareas militares entre los soldados hombres y mujeres de los diferentes ejércitos. En un estudio realizado con reclutas del ejército americano entre los años 1978 y 1998, Sharp, M. y cols. en el año 2002, han comprobado que el porcentaje de grasa y el peso magro siempre ha sido mayor entre los soldados varones. Las variables

cardiorrespiratorias medidas en este estudio demuestran que el $\text{VO}_2\text{máx}$ en valores absolutos alcanzado en el año 1998 era superior que el conseguido en los años 1978 y 1983 pero en términos relativos al peso el valor era similar al alcanzado en el año 1978. Además los valores de FC y de la VE alcanzados en el año 1998 eran superiores a los conseguidos en los años previos.

Por otra parte Vogel y cols. (1977) con análisis directo de gases, estudiaron un grupo de militares del ejército de tierra de los EEUU. En dicho trabajo sometieron a un programa de entrenamiento militar básico de 7 semanas a un grupo de 186 varones y 159 mujeres. Mediante ergometría en tapiz rodante, determinaron el $\text{VO}_2\text{máx}$ y comprobaron un aumento del 8% en varones y ninguna modificación en dicho parámetro en las mujeres. Patton y cols. (1980) también en el ejército de tierra de los EEUU, demostraron mediante ergometría en tapiz, un aumento en el $\text{VO}_2\text{máx}$ del 3% en varones y del 7% en mujeres que habían desarrollado un programa de instrucción básica de 7 semanas.

Posteriormente, Myles y cols. (1979) evaluaron la condición aeróbica de una población militar de ambos sexos que se encontraban realizando el servicio militar en las diferentes armas y servicios de las fuerzas canadienses. En este trabajo se pudo comprobar que aquellos reclutas que entrenaban intensamente mejoraban su $\text{VO}_2\text{máx}$ tanto si eran hombres como mujeres, pero que una vez que finalizaban su fase de instrucción y eran asignados a sus diferentes dependencias en el acuartelamiento, su nivel de forma física volvía a los niveles previos. Además comparando los valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ de los soldados de infantería con soldados de otras armas, se comprueba que dicho parámetro es más elevado entre los primeros.

Daniels y cols. (1982), en un estudio longitudinal durante 2 años, realizado sobre los cadetes de la Academia Militar de West Point, consideraron que las diferencias entre hombres y mujeres se mantienen aún después de períodos de entrenamiento comunes prolongados. Los resultados de este autor son similares a los obtenidos en otros estudios de investigación.

Stevenson, J. M. y cols. (1992) realizaron un estudio en las fuerzas armadas canadienses con una muestra elegida al azar de 66 hombres y 144 mujeres, y demostraron que había diferencias significativas entre ambos sexos tanto en su rendimiento en las tareas militares, como en la técnica de ejecución.

Por ello en todo nuestro estudio hemos cuantificado las diferencias significativas entre los soldados de ambos sexos a partir de la monitorización de los valores ergoespirométricos, metabólicos y cardiológicos obtenidos durante la prueba de esfuerzo previa y durante las diferentes fases que componen la maniobra simulada de ataque de una compañía de infantería ligera.

Estudiando los valores metabólicos, cardiológicos y respiratorios máximos obtenidos durante la prueba de esfuerzo previa al desarrollo de la maniobra protocolizada y comparando los datos de los soldados masculinos y femeninos se observa la existencia de diferencias significativas en el consumo máximo de oxígeno expresado en mililitros por minuto, siendo mayor en un 15.4% en los soldados masculinos. También la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo difiere entre ambos sexos siendo mayor en un 5.2% en los soldados femeninos. Finalmente la ventilación máxima durante la prueba es un 3.1% superior en los soldados femeninos.

Las diferencias a nivel del umbral entre los valores ergoespirométricos, metabólicos y cardiológicos correspondientes a la intensidad definida como umbral anaeróbico comparando los datos de los soldados masculinos y de los soldados femeninos, son también significativas respecto del porcentaje de consumo de oxígeno referido al consumo máximo de oxígeno (% $\text{VO}_2\text{-UAn}$), siendo un 5% superior en los soldados masculinos, mientras que cuando se considera en términos absolutos el consumo de oxígeno en el umbral es un 17% mayor en los soldados varones. La frecuencia cardíaca alcanza cifras un 5.4% superiores en los soldados varones mientras que la ventilación en el umbral es un 7.6% superior entre las mujeres soldado. En definitiva tal y como refleja la literatura, la condición física aeróbica, tanto referida a capacidad aeróbica como a la resistencia aeróbica, es significativamente mayor en los soldados varones.

Si se analizan las distintas fases de la maniobra simulada de combate, se encuentran diferencias significativas entre los valores absolutos y relativos de consumo de oxígeno e incluso se observan diferencias muy significativas en los valores de la frecuencia cardíaca. Así, durante la fase 0 de la maniobra simulada de combate, el consumo de oxígeno en los soldados masculinos tiene un valor 4.7% mayor que la población militar femenina, la FC alcanza valores similares para los soldados de uno y otro sexo y la ventilación alcanzada es un 31.6% mayor en los varones.

Durante la fase 1 el consumo de oxígeno requerido presenta valores similares en ambos sexos (en los soldados masculinos representa el 40.1% y en los soldados femeninos

el 38.5% de %VO₂máx). La frecuencia cardíaca (FC) en esta fase 1 en los soldados varones tiene un valor 13.3% mayor que en las mujeres, mientras que la ventilación en esta población femenina alcanza un valor 23.1% menor que en los varones.

Durante la fase 2 de la maniobra protocolizada, mientras que en los soldados varones el consumo de oxígeno requerido sólo es un 2.1% superior que en las mujeres, la ventilación alcanzada es un 19.6% superior. Por el contrario la FC en la población femenina de este estudio es un 11% mayor.

Durante la fase 3 de la maniobra simulada el consumo de oxígeno en los soldados de ambos sexos es prácticamente similar (un 1.4% superior en los soldados masculinos). En cuanto a la frecuencia cardíaca (FC) en esta fase 3 se comprueba que los valores alcanzados por los soldados varones son un 10% más bajos que los alcanzados por las mujeres mientras que la ventilación (VE) es un 25% mayor en los soldados masculinos.

Finalmente en la fase 4 de la maniobra protocolizada el consumo de oxígeno alcanzado en los soldados varones es un 4.5% superior que en las mujeres, mientras que la frecuencia cardíaca (FC) alcanzada es un 12.7% superior en las mujeres y la ventilación (VE) un 29% mayor en los soldados masculinos.

Es decir que durante la maniobra protocolizada que simula el modo de combate de una compañía de infantería ligera se comprueba que los parámetros ergoespirométricos alcanzan valores más altos en los soldados masculinos a excepción de la FC que durante las fases 2, 3 y 4 alcanzan cifras superiores en los soldados femeninos, posiblemente relacionadas con la influencia del peso del equipo sobre una población con un peso graso mucho más elevado (un 11.4% mayor). En las mujeres, la potencia aeróbica máxima expresada como VO₂máx, es más baja. Esta diferencia es mayor a medida que la mujer supera la pubertad y se ve directamente relacionada con los factores cineantropométricos (Cotes y cols., 1969). De esta forma, la diferencia entre los dos sexos es más pequeña cuando se expresa por unidad de masa corporal y todavía se hace menor cuando se expresa en unidad de masa magra.

Por otra parte hay que considerar que los factores fisiológicos determinantes del VO₂máx son el gasto cardíaco y la diferencia arterio-venosa de O₂ ($VO_2máx = Q \times Da - vO_2$), que dependen fundamentalmente de la dotación genética, edad (alcanzan su máximo entre los 18 y 25 años), sexo (para cualquier edad, es mayor en los hombres), peso corporal y

grado de entrenamiento o de condicionamiento físico (Platonov, 1991; Tschene, 1996). Por tanto, dado que es mayor en los hombres, sería necesario llevar a cabo un entrenamiento adecuado que permita mantener una igualdad en la condición física de los soldados para que el desarrollo de esfuerzos de intensidad moderada necesarios para ejecutar las acciones del combate se pueda llevar a cabo de forma homogénea y precisa.

6. CONCLUSIONES

PRIMERA

Los datos obtenidos en la somatometría demuestran que el perfil antropométrico y la composición corporal no corresponden a una población militar que procede del desarrollo de una acción humanitaria en una zona de conflicto bélico, pudiéndose ajustar los mismos mediante la reducción del porcentaje graso y el índice de masa corporal.

SEGUNDA

La población militar estudiada tiene una buena condición física aeróbica, como demuestran sus valores de VO_2 máx.

TERCERA

El potencial físico del combatiente no se corresponde con la respuesta al esfuerzo que implican las maniobras de combate e instrucción militar, valoradas a partir de la medición de parámetros ergoespirométricos, tal vez porque en ellos subyace un bajo nivel de entrenamiento y preparación física.

CUARTA

La maniobra de combate simulada obliga a realizar esfuerzos de intensidad moderada en torno al 50% del VO_2 máx y al 75% de la frecuencia cardiaca máxima teórica, implicando un mayor coste energético a medida que se superan las sucesivas fases de la maniobra protocolizada, salvo en la última fase (fase 4) de esfuerzo maximal, en la que los parámetros ergoespirométricos indican la instauración de una fatiga ya establecida en las fases 2 y 3 que condicionaría, sin duda, su eficacia en el combate final.

QUINTA

Las capacidades de recuperación al primer y tercer minuto después de esfuerzos de intensidad moderada en cada una de las fases del protocolo de combate, indican la baja condición física del soldado para afrontar este tipo de maniobras. Como consecuencia, se

puede deducir que la reiteración de dichas maniobras puede implicar un alto riesgo al afrontar el combate final o la lucha cuerpo a cuerpo.

SEXTA

En los esfuerzos de intensidad moderada propios de la maniobra simulada de combate, las escasas diferencias encontradas en función del sexo para la población militar estudiada se manifiestan fundamentalmente durante la recuperación de los mismos, por lo que la ejecución de estas maniobras requiere de un similar esfuerzo tanto para el soldado hombre o mujer. Dicho esfuerzo está más bien relacionado con su condición o preparación física.

SEPTIMA

La mejora del rendimiento físico en los soldados analizados ante una maniobra simulada de ataque se debe fundamentar en:

Mejorar la preparación física de los soldados profesionales de ambos sexos, en base a programas de entrenamiento físico militar que aumenten la capacidad aeróbica y la fuerza y resistencia muscular de los que depende su éxito profesional y vital.

Disminuir el porcentaje graso corporal y reducir el peso del equipo de combate (vestimenta, protección y armamento) mediante la utilización de materiales más ligeros y ergonómicos que faciliten su transporte y mejoren la maniobrabilidad y operatividad del personal militar durante el desarrollo del combate.

Modificar el protocolo de la maniobra ofensiva de una compañía de infantería ligera, proponiendo que se adopte una de estas dos medidas:

a) Acortar las distancias de las series de carrera.

b) Aumentar el tiempo de recuperación con el único objetivo de conseguir una disminución de la fatiga obteniendo las mejores condiciones fisiológicas posibles cuando se alcancen las posiciones enemigas, donde se producirá el combate cuerpo a cuerpo.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, C. (1998). Fitness y rehabilitación cardíaca. *Arch. Med. Dep.*, 64 (XV): 151-153.

AINSWORTH, B. E. et al. (1993). Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 25: 75.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE (ACSM) (1980). Opinion statement on the participation of the female athlete in long-distance running. *Sports Med. Bull.*, 15(1):1, 4-5.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE (ACSM) (1998 a). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 30, 975-991.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE (ACSM) (1990). Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 22: 265-274.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE (ACSM) (1991). *Guidelines for exercise testing and prescription*. Lea & Febiger. Philadelphia, PA.

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE (ACSM) (1992). *Fitness Book*. Leisure Press. Champaign (Illinois)

AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE (ACSM) (1995). *Health screening and risk stratification. Guidelines for exercise testing and prescription*. Williams & Wilkins. Baltimore, BA.

AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS) (1979). ATS statement Snowbird Workshop on Standardization of Spirometry. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 119, 831-838.

ANDERSEN, P. y HENRICKSSON, J. (1977). Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibres. *Acta Physiol. Scand.* 99, 123-125.

ANDERSEN, P. y HENRICKSSON, J. (1977). Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise. *J. Appl. Physiol.* 270, 677-690.

ANDERSON, G. S. y RHODES, E. C. (1989). A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sport Med.* 8, 43-45

ANDERSON, L. B. et al.(1987). Maximal oxygen uptake in Danish adolescents. 16-19 years of age. *Eur J Appl Physiol.* 56: 74-82.

ANUARIO ESTADISTICO MILITAR de 1993. (1997). Ministerio de Defensa. Madrid.

ARMFIELDS, F. (1994). Preventing post-traumatic stress disorder resulting from Military Operations. *Milit. Med.* 159, 12-17, 39-45.

ARMSTRONG, L. y SZYLK, P. (1991). Prediction of the exercise heat tolerance of soldiers wearing protective overgarments. *Aviat. Space Environ. Med.* 62:673-677.

AROS, F., ALEGRIA, E. y BORAITA, A. (2000). Pruebas de esfuerzo en poblaciones especiales. En: *Pruebas de esfuerzo en cardiología*. Sección de Cardiología Isquémica y Unidades Coronarias y el Grupo de Cardiología del Deporte de la Sociedad Española de Cardiología . *EdiDe S. L.* Barcelona. pp. 123-152.

ASMUSSEN, E., CHRISTENSEN, E. H. y NIELSEN, M. (1939). Die O₂-aufnahme der ruhenden und der arbeitenden skelettmuskein. *Scan. Arch. Physiol.* 82, 212.

ÄSTRAND, P. O. y RODHAL, K. (1986). *Fisiología del trabajo físico*. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid.

ASTRAND, P. O. (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol. Scand.* (Suppl. 169).

ASTRAND, P. O. y RHYMIN, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.* 7: 218-221.

ASTRAND, P. O. y RODAHL, K. (1985). *Fisiología del trabajo físico*. Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires.

BAKER, M. y STRUNNK, H. (1991). Medical aspects of Persian Gulf operations: serious infectious and communicable diseases of Persian Gulf and Saudi Arabia peninsula. *Milit. Med.* 156: 385-390.

BANGSBO, J. (1994). The physiology of soccer. With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.* 5(S619):111-155.

- BANGSBO, J. (1996b). Requerimientos energéticos en el fútbol. *Training Fútbol* 4: 2-17.
- BANGSBO, J. (1996a). Yo-yo tests of practical endurance and recovery for soccer. *Performance conditioning for soccer* 9(2): 8.
- BANGSBO, J. (1998). Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(1): 47-52.
- BAUMGARTL, P. y MAIRBAURL, H. (1988). Ergospirometry and blood lactate data in the assessment of conditioning of soldiers in relation to physical activity within the scope of military service in the Austrian Army. *Wien Med. Wochenschr.* 138, 433-437.
- BEAVER, W. L., WASSERMAN, K. y WHIPP, B. J. (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J. Appl. Physiol.* 59, 1936-1940.
- BERGSTRÖM, J., HULTMAN, E., JORFELDT, B., PERNOW, B. y WAHREN, J. (1969). Effect of nicotinic acid on physical working capacity and on metabolism of muscle glycogen in man. *J. Appl. Physiol.* 26, 170-176
- BERTHOUCHE, S. E., MINAIRE, P. M., CHATARD, J. C., BOUTET, C. H., CASTELL, J. y LACOUR, J. R. (1993). A new tool for evaluating energy expenditure: the "QAPSE" development and validation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25 (12), 405-414.
- BLAIR, S. N., KOHL, H. W., PAFFENBARGER, R. S., CLARK, D. G., COOPER, K. H., GIBBSONS, L. (1989). Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA.* 262, 2395-2401.
- BLAIR, S. N. (1992). Are American children and youth fit? The need for better data. *Res. Q. Exerc. Sport.* 63:120-123.
- BLANCK, R. y BELL, W. (1991). Medical support for American troops in the Persian Gulf. *N. Engl. J. Med.* 324:857-859.
- BOMPA, T. O. (1986). Theory and methodology of training. *Dubuque Iowa WA* 14(15): 244-245.

- BOUCHARD, C., LESAGE, R., LORTIE, G., SIMONEAU, J. A., HAMEL, P., BOULAY, M. R., PERUSSE, L., THERIAULT, G. y LEBLANC, C. (1986). Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18 (6), 639-646.
- BOUCHARD, C. y LORTIE, G. (1984). Heredity and endurance performance. *Sports Medicine.* 1, 38-64.
- BOUCHARD, C., SHEPHARD, R. J. y STEPHENS, T. (eds.).(1994). *Physical activity, fitness, and health.* Human Kinetics. Champaign (Illinois)
- BREWER, J. y DAVIS, J.A. (1992a). A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. *J. Sports Sci.* 10(2): 146.
- BREWER, J. y DAVIS, J.A. (1992b). Seasonal variations in anthropometric and physiological characteristics of international rugby union players. *J. Sports Sci.* 10(2): 147.
- BRICKI, A. (1991). Profil physiologique des athlètes de haut niveau (Description et outils d'évaluation). *Med. Du Sport.* 65, 194-199.
- BROOKS, G. A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 22-31.
- BROZEK, J. y KEYS, A. (1951). The evaluation of leanness.fatness in man. Norms and interrelationships. *Brit. J. Nutr.*, 5.
- BRUDVIG, T. J. y GUDGER, T.D. (1983). Stress fractures in 295 trainees: a one year study of incidence as related to age, sex, and race. *Milit. Med.* 148, 666-667.
- BUNC, V., DLOUH´A, R. y KOHOUTEK, M. (1992). Use of walking in the evaluation of aerobic fitness. *Cas Lek Cesk.* 131(17), 530-533.
- BUONO, M. J., BORIN, T. L., SJOHOLM, N. T. y HODGDON, J. A. (1996). Validity and reliability of a timed 5 km cycle ergometer ride to predict maximum oxygen uptake. *Physiol. Meas.* 17, 313-317.
- BURCH, G. (1991). Physical Training. *Milit. Med.* 156.A 14

- BURGER, S. C., BERTRAM, S. R. y STEWART, R. I. (1990). *S Afr Med J.* 78(6), 327-329.
- BURSTEIN, R., COWARD, A. W., ASKEW, W. F., CARMEL, K., SHPILBERG, O., MORAN, D., PIKARSKY, A., GINOT, G., SAWYER, M., GOLAN, R. y EPSTEIN, Y. (1996). Energy expenditure variations in soldiers performing military activities under cold and hot climate conditions. *Mil. Med.* 161(12), 750-754.
- CALDERON, F. J., GONZÁLEZ, C. y MACHOTA, V. (1997). Estudio de la recuperación de la frecuencia cardiaca en deportistas de élite. *Revista Española de la Medicina de la Educación Física y el Deporte* 6(3): 101-105.
- CALDERÓN, F. J., GONZÁLEZ, C., MACHOTA, V. y BRITA-PAJA, J. L. (1999). Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico. *Apunts* 55: 14-19.
- CAMBRA, S., SERRA, L. L., TRESERRAS, R., RODRIGUEZ, F. A., BALIUS, R. y VALLBONA, C. (1991). *Llibre Blanc. Activitat física i promoció de la salut*. Generalitat de Catalunya (Departament de Sanitat i Seguretat Social). Barcelona
- CAMP, N. M. (1993). The Vietnam war and ethics of combat psychiatry. 150(7), 1000-1010.
- CAMPBELL, M. E., HUGHSON, R. L. y GREEN, H. J. (1989). Continuous increase in blood lactate concentration during different ramp exercise protocols. *J. Appl. Physiol.* 66, 1104-1107.
- CANDA, A., ESPARZA, F. (1999). Cineantropometría. En González, J.J.; Villegas, J.A. (coord.), *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. FEMEDE. Navarra: (pp. 95-115).
- CARTER, J. E. L. y PHILIPS, W. H. (1969). Structural changes in exercising middle-aged males during a 2 years period. *J. Appl. Physiol.* 27, 787-794.
- CASPERSEN C. J., POWELL K. E. y CHRISTENSON G. M. (1985). Physical activity, exercise, physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Publ Health. Rept.* 100, 126-130.
- CAZORLA, G. (1982). Evaluation des capacités physiques. In: *Manuel de l'éducateur physique*. Edit Vigot, 2^a éd., París

- CHATARD, J. C., BELLI, A., PADILLA, S., DURANCEAU, M., CANDAU, R. y LACOUR, R. (1991). La capacidad física del calciatore. *Rivista di cultura sportiva* 10(23): 72-75.
- CHAVARREN, J., JIMENEZ, J., BALLESTEROS, J. M. y LÓPEZ-CALBET, J. A. (1997). Predicción del rendimiento en competiciones de duatlón. *Arch. Med. Dep.* 15 (57): 17-24.
- CHIN, D. L., BLACKWOOD, G. V. y GACKSTETTER, G. D. (1996). Ergometry as a predictor of basic military training. *Mil. Med.* 161, 75-77.
- CHINCHILLA, J. (1991). La Escuela Central de Educación Física (1919-1981). Tesis Doctoral. Departamento de Teoría e Historia de la Educación. Universidad de Málaga.
- CHWALBINSKA-MONETA, J., ROBERGS, R. A. COSTILL, D. L. y FINK, W. J. (1989). Threshold for muscle lactate accumulation during progressive exercise. *J. Appl. Physiol.* 66, 2710-2716.
- CONNETT, R. J. (1988). Analysis of metabolic control: new insights using a scaled creatine-kinase model. *Am. J. Physiol.* 254, R949-R959.
- CONNETT, R. J., HONIG, C. R., GAYESKI, E. J. y BROOKS, G. A. (1990). Defining hipoxia: a systems view of VO_2 , glycolysis, energetics and intracelullar pO_2 . *J. Appl. Physiol.* 68, 833-842.
- COOPER, K. y ZECHNER, A. (1971). Physical fitness in U.S. and Austrian military personnel. *JAMA.* 215:931-934.
- CORBIN, C. B. y PANGRAZI, R. P. (1992). Are American children and youth fit? *Res. Q. Exerc. Sport.* 62: 96-106.
- COSTILL, D. L., COYLE, E., DALSKY, G., EVANS, W., FINK, W. y HOOPES, D. (1977). Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol.* 43, 695-699.
- COTE, R. y BOMAR, J. (1977). Maximal aeróbic power in woman cadets in U.S. Air Force Academy. *Aviat. Space Environ. Med.* 48: 154-157.

- COTES, J. DAVIES, C. EDHOLM, O. HEALY, M. y TANNER, J. (1969). Factors related to the aerobic capacity of 46 British males and females ages 18-28 years. *Proc. Roy. Soc. Lond. B.74*: 91-114.
- COYLE, E. F., COGGAN, A. R., HEMMERT, M. K. y IVY, J. L. (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. App. Physiol.* 61, 165-172.
- COX, M. H. (1991). Programas de entrenamiento y adaptación cardio-respiratoria. *Clínicas de Medicina Deportiva.* 1, 21-35.
- CUADRADO, G. (1996). Efectos del acondicionamiento físico aeróbico sobre el metabolismo oxidativo hepático. Tesis doctoral. Universidad de León.
- CURETON, K. J. y SPARLING, P. B. (1980). Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 12:288.
- CZAJKOWSKI, S. M., HINDELANG, R. D., DEMBROSKI, T. M., MAYERSON, S. E., PARKS, E. B. y HOLLAND, J. D. (1990). Aerobic fitness, psychological characteristics, and cardiovascular reactivity to stress. *Health Psychol.* 9(6), 676-692.
- DAHLSTROM, S. y KUJALA, U. M. (1990). Anthropometry and knee exertion injuries incurred in a physical training program. *J. Sports Med. Phys.* 30, 190-193.
- DANIELS, W. L. y KOWAL, D. M. (1979). Physiological effects of a military training program on male and female cadets. *Aviat. Space Environ. Med.* 50, 562-566.
- DANIELS, W. L. y WRIGHT, J. E. (1982). The effect of two year's training on aerobic power and muscle strength in male and female cadets. *Aviat. Space Environ. Med.* 53, 117-121.
- DARR, K.C., BASSET, D.R., MORGAN, B.J. y THOMAS, D.P. (1988). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am. J. Physiol.* 254(2): 340-343.
- DAVIES, C., BARNES, Y. y GODFREY, S. (1972). Body composition and maximal exercise performance in children. *Hum. Biol.* 44: 195-214.

- DAVIES, C. T. M., FEW, J., FOSTER, K. G. y SARGEANT, A. J. (1974). Plasma catecholamine concentration during dynamic exercise involving different muscle groups. *Eur. J. Appl. Physiol.* 32, 195-206.
- DAVIS, J. A., VODAK, P., WILMORE, J. H., VODAK, J. y KURTZ, P. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 41, 544-550.
- DAVIS, J. A., FRANK, M. H., WHIPP, B. J. y WASSERMAN, K. (1979). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 46, 1039-1046.
- DAVIS, J. A. (1985). Anaerobic threshold review of the concept and direction for further research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 6-18.
- DELGADO, A., PÉRES, G., GOIRIENA, J. J., VANDEWALLE, H. y MONOD, H. (1992). Evaluación de las cualidades anaerobias del deportista. *Arch. Med. Dep.* 9(34): 159-163.
- DELGADO, M., GUTIERREZ, A. y CASTILLO, M. J. (1997). *Entrenamiento físico-deportivo y alimentación. De la infancia a la edad adulta*. Paidotribo. Barcelona
- DEPARTMENT OF THE ARMY, HEADQUARTERS (1992). Physical fitness training. Washington, DC:US Government Printing Office. 21-20.
- DE ROSE, E. H. y ARAGONES, M. T. (1984). La cineantropometría en la evaluación funcional del atleta. *Arch. Med. Dep.* 1, 39-44.
- DESPRÉS, J. P., MOORJANI, S., TREMBLAY, A., NADEAU, A. y BOUCHARD, C. (1990). Regional fat distribution of body fat, plasma lipoproteins, and cardiovascular disease. *Arteriosclerosis*, 10, 497-511.
- DEVÍS, J. y PEIRÓ C. (1991). Renovación pedagógica en la educación física: educación física y salud (y III). *Perspectivas de la Actividad Física y el Deporte*, 6, 9-11.
- DEVÍS, J. y PEIRÓ C. (1992). *Nuevas perspectivas curriculares en educación física: la salud y los juegos modificados*. INDE. Barcelona
- DIGNAN, A. P. (1992). A decade of experience of examinig candidates for entry to the army. *J. R. Army Med. Corps.* 138(1), 19-22.
- DI PRAMPERO, P. E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 89, 143-149.

DOBEIN, VON, W. (1956). Human standard and maximal metabolic rate in relation to fat free body mass. *Acta Physiol. Scand.* 37, Suppl., 126: 1-79.

DOMINGO, F. J., GRIMA, A., MARMANEU, J., MUÑOZ MINGARRO, J. J. y SANCHEZ, A. (1989). Capacidad cardiorrespiratoria del soldado a su ingreso en el Ejército y a los seis meses de vida militar. La ergometría y su importancia en la selección del contingente anual. *Med. Milit.* 45, (2), 122-128.

DOUGLAS, G. C. (1927). Coordination of the respiration and circulation with variation in bodily activity. *Lancet.* 213, 213-218.

DRABIK, J. y PORTER, V. (1989). Aerobic capacity of Polish soldier. *Milit. Med.* 154: 196-1198.

DRINKWATER, B. (1973). Physiological responses of women to exercise. In Wilmore, J. (ed): *Exerc. Sport Sci. Rew.* Vol. 1. Academic Press. New York

DROBNIC, F. (1997). Consideración sobre el informe de la prueba de broncoconstricción en el deportista. *Arch. Med. Dep. XIV*, (58): 147-148.

DUBIK, J. M. y FULLERTON, T. D. (1987). Soldier overloading in Grenada. *Mil. Rev.* 67:38-47.

DU BOIS, D. y DU BOIS, E. F. (1916). Normogram for estimation of body surface. *Arch. Int. Med.* 17, 863-871.

DU BOIS, R. (1958) Citado por Rieu, M. (1986) En: Lactatemie et exercise musculaire. Signification et analyse critique du concepts de "seuil aérobie-anaérobie" *Sci. Sports.* 1, 1-23.

EDWARDS, A. (1974). The effects of training at pre-determined heart rate levels for sedentary college women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 6:14-19.

EISENMAN, P. A. y GOLDING, L. A. (1975). Comparison of effects of training on VO_2 máx in girls and young women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 7(2):136-138.

- ERIKSSON, B. O. (1972). Physical training oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys. *Acta Physiol. Scand.* (suppl. 384).
- ESPARZA, F. ALVERO, J. R., ARAGONES, M. T., CABANAS, M. D. y CANDIA, A. (1993). Valores de referencia del Centro Nacional de Medicina del Deporte. I. C. D. Madrid. En: *Manual de Cineantropometría*. Ed. FEMEDE. Pamplona, pp. 171-214.
- ESSEN, B., JANSSON, E., HENRIKSON, J., TAYLOR, A. W. y SALTIN, B. (1975). Metabolic characteristic of fibre types in human skeletal muscles. *Acta Physiol. Scand.* 95, 153-165.
- ESSEN, B., PERNOW, B., GOLLNICK, P. D. y SALTIN, B. (1975). Muscle glycogen content and lactate uptake in exercising muscles. En: Howald y Poortmans, *Metabolic adaptation to prolonged physical exercise*. Eds. Birkhauser verlag, Basel, pp.130-134.
- EVERETT, W. (1987). A practical review of obesity in military medicine. *Milit. Med.* 152:125.
- FARRELL, P. A., HAMILTON, L. H., SOTHMANN M. S. y BREITLOOW, L. C. (1988). Relationships among pulmonary diffusing capacity, lung volumes and maximal oxygen consumption. *J. Sports Med.* 28, 387-393.
- FARRELL, P. A., WILMORE, J. H., COYLE, E. F., BILLINGS, J. E. y COSTILL, D. L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11, 338-344.
- FAULKNER, J. A. (1968). Physiology of swimming and diving. En: *FALLS Exercise physiology*. Academic Press, Baltimore.
- FENTEM, P. H., BASSEY, E. J., TURNBULL, N. B. (1988). *The new case for exercise*. Sports Council and Health Education Authority. Londres.
- FERNANDEZ PARDO, J. (1990). Cambios de la composición corporal con el entrenamiento militar intenso. Libro de resúmenes del XXVIII Congreso Internacional de Medicina y Farmacia Militares. Madrid, pp. 266.
- FIMS. (1989). Toma de posición de la Federación Internacional de Medicina del Deporte. La actividad física reduce los factores de riesgo para la salud. *Arch. Med. Dep.* VI, 79-80.

- FINESTONE, A., SHLAMKOVITCH, N., ELDAD, A., KARP, A. y MILGROM, C. (1992). A prospective study of the effect of the appropriateness of foot-shoe fit and training shoe type on the incidence of overuse injuries among infantry recruits. *Mil. Med.* 157(9), 489-490.
- FOX, E. L. y MATHEWS, D. K. (1984). *Bases physiologiques de l'activité physique*. Ed. Vigot, Paris.
- FRANCO, L. (1998). Fisiología del baloncesto. *Arch. Med. Dep.* 15(68): 471-477.
- FREHNER, C. y SENN, H. J. (1988). Juvenile obesity and fitness for military service. *Schweiz Med. Wochenschr.* 118(40):1427-1436.
- FREIHOFER, P. y BURMAN, K. (1990). A comparison of the health risk, health status, self-motivation, psychological symptomatic distress, and physical fitness of overweight and normal weight soldiers. *Milit. Med.* 155:424-429.
- FRIEDL, K. E. y HOYT, R. W. (1997). Development and biomedical testing of military operational rations. *Annu. Rev. Nutr.* 17, 51-75.
- GAITANOS, G. C., WILLIAMS, C., BOOBIS, L. H. y BROOKS, S. (1993). Human muscle metabolism during intermitent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75: 712-719.
- GARCIA ALCÓN, J. L., MORENO, J. M., BUENO, A. y MOLINA, M. (1988). Estudio antropométrico y función cardiovascular en soldados del ejército del aire. Modificaciones tras el entrenamiento. *Med. Milit.* 44, (5), 436-438.
- GARCÍA MANSO, J. M.; VALDIVIESO, M.; CABALLERO, J. A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*. Ed. Gymnos, Madrid.
- GEORGE, J. D., FISHER, A. G., VEHR, P. R. (1996). *Tests y pruebas físicas*. Paidotribo. Barcelona.
- GETCHEL, B. y MARSHALL, M. G. (1984). En: Strauss, R.H. *The basic guidelines for being fit*. Saunders Company Philadelphia PEN, pp. 457-467.

GOLLNICK, P. D. y SALTIN, B. (1982). Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clin. Physiol.* 2, 1-12.

GONZÁLEZ GALLEGO, J. (1992). *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Ed. Interamericana McGraw-Hill, Madrid.

GREEN, H. J., HUGHSON, R. L. ORR, G. W. y RANNEY, D. A. (1983). Anaerobic threshold blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise. *J. Appl. Physiol.* 54, 1032-1038.

GRUND, A., KRAUSE, H., KRAUS, M. y SIEWERS, M. (2001). Association between different attributes of physical activity and fat mass in untrained, endurance- and resistance-trained men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84, 310-320.

GUEZENNEC, C., LOUISY, F., PORTIER, H., LAUDE, D., CHAPUIS, B. y PLESANT, J. (2001). Effects of aerobics flight on oxygen consumption and heart rate control: influence on autonomic cardiovascular regulation during recovery. *Eur. J. Apply. Physiol.* 84, 562-568.

GUNBY, P. (1993). Somali operation just one of many demands on U.S. military medicine. *JAMA*, 269:11-12.

GUNBY, P. (1991). Another war...and more lessons for medicine to ponder in the aftermath. *JAMA*, 266:619-621.

GUNBY, P. y MARWICK, C. (1991). Military medical equipment, techniques often require years of preparation. *JAMA*, 265:1791-1197.

GUTIN, B., MANOS, T. y STRONG, W. (1992). Defining health and fitness: first step toward establishing children's fitness standards. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63, 128-132.

HACKNEY, A. C., KELLEHER, D. L., COYNE, J. T. y HODGDON, J. A. (1992). Military operations at moderate altitude: effects on physical performance. *Mil. Med.* 157(12), 625-629.

HAMEL, P., SIMONEAU, J.A., LORTIE, G., BOULAY, M. R. y BOUCHARD, C. (1986). Heredity and muscle adaptation to endurance training. *Med. Sci. Sport Exerc.* 18 (6), 690-695.

HARGER, B. y ELLIS, R. (1975). Cardio-respiratory fitness in U.S. Air Force Academy cadets. *Aviat. Space Environ. Med.* 46: 1144-1146.

HARGREAVES, M., KIENS, B. y RICHTER, E. A. (1991). Effects of increased free plasma fatty acid concentrations on muscle metabolism in exercising men. *J. Appl. Physiol.* 70, 194-201.

HARMAN E. A. y FRYKMAN, P. N. (1992). The relationship of body size and composition to the performance of physically demanding military tasks. In: B. M. Marriot and J, *Body Composition and Physical Performance*, Grumstrup-Scott (Eds.). Washington, DC: National Academy Press, Washington, DC, 105-118.

HARTLING, U. (1975). The effects of the first-three months of military service on the physical work of conscripts. *Forvarsmedicin.* 11, 213-218.

HASLAM, D. R. (1984). The military performance of soldiers in sustained operations. *Aviat. Space Environ. Med.* 55(3), 216-221.

HAYMES, E. M. y BYRNES, W.C. (1993). Walking and running energy expenditure estimated by Caltrac and indirect calorimetry. *Med. Sci. Sport Exerc.* 25 (12), 1365-1369.

HECK, H., MADER, A., HESS, G., MÜCKE, S., MÜLLER, R. y HOLLMANN, W. (1985). Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6, 117-130.

HERBST, R. (1929). Der Energieverbrauch bei sportlichen Leistungen. Sportärztetagung Frankfurt am Main. *Jena*, Fischer 1930.

HERMANSEN, L. (1974). The development of work capacity and physical fitness individual differences. En: McMillan, *Fitness, Health, and Work Capacity*, Edited by Arson, LO. McMillan. New York.

HEYWARD, V. H. (1996). *Evaluación y prescripción del ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.Barcelona

HICKSON, R. y ROSENKOETTER, M. (1980). Strength training effects on aerobic power and short term endurance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12, 336.

HILL, A. V. (1911). The position occupied by the production of heating the chain of processes constituting a muscular contraction. *J. Appl. Physiol.* 42, 1-43.

HILL, A. V. y LUPTON, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q. J. Med.* 16, 135-171.

HILL, A. V., LONG, C. N. H. y LUPTON, H. (1924). Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Part. V. The recovery process after exercise in men. *Proc. R. Soc. Lond.* 97, 96-138.

HOFER, P., HOPPELER, H., KAYAR, S. R. y HOWALD, H. (1990). Muscle structure and aerobic performance capacity in recruit training school. *Schweiz. Z. Sportmed.* 38(1), 11-16.

HOFFMAN, J. R. (1997). The relationship between aerobic fitness and recovery from high-intensity exercise in infantry soldiers. *Mil. Med.* 162(7), 484-488.

HOFFMAN, J. R., KAHANA, A., CHAPNIK, L., SHAMISS, A. y DAVIDSON, B. (1999). The relationship of physical fitness on pilot candidate selection in the Israel Air Force. *Aviat. Space Environ. Med.* 70 (2), 131-134.

HOFFMAN, J. R., CHAPNIK, L., SHAMISS, A., GIVON, U. y DAVIDSON, B. (1999). The effects of leg strength on the incidence of lower extremity overuse injuries during military training. *Mil. Med.* 164(2), 153-156.

HOLLMANN, W. y HETTINGER, T. (1980). *Sportmedizin-Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. Schattauer-Verlag, Stuttgart-New York.

HOLLMANN, W. (1959). The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood, the ventilation (PoW) and pulse frequency during increasing spirometric work in endurance-trained and untrained persons. *Pan-American Congress for Sports Medicine*. Chicago.

HOLLOSZY, J. O. y COYLE, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J. Appl. Physiol.* 56, 831-838.

HOLMGREN, A. y STROM, G. (1959). Blood lactate concentration in relation to absolute and relative work load in normal men, and in mitral stenosis, atrial septal defect and vasoregulatory asthenia. *Acta Med. Scand.* 3, 163-165.

HOWALD, H. (1982). Training induced morphological and functional changes in skeletal muscle. *Int. J. Sport Med.* 3, 1-8.

HOWLEY, E. T., FRANKS, B. (1995). *Manual del técnico en salud y fitness*. Paidotribo. Barcelona.

HYATT y BLACK (1973). The Flow-Volume curve. A current perspective. *Am. Rev. Dis.* 107, 191-197

IGV 7-90. (1990). Instrucción General de Vestuario 7-90 de la División Logística del Estado Mayor del Ejército (equipamiento del personal).

ISRAEL, S., SCHEIBE, J., KOHLER, E. y STUMPE, H. (1976). Enzymaktivitäten im serum nach einem 88-km lauf. *Med. Sport.* 363-367.

IVY, J. L. COSTILL, D. L., FINK, W. y LOWER, R. (1979). Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med. Sci. Sport Exerc.* 11, 6-11.

IVY, J. L. COSTILL, D. L., VAM HANDEL, P. J., ESSIG, D. A. y LOWER, R. (1981). Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability. *Int. J. Sports Med.* 2, 139-142.

JERVELL, O. (1928). Investigation of the concentration of lactic in blood and urine under physiologic and pathologic conditions. *Acta Med. Scand.* 24, 3-9.

JETT´ E, M. y SIDNEY, K. (1989). Effects of basic training on Canadian Forces recruits. *Can. J. Spt. Sci.* 14: 164-172.

JETT´ E, M., KIMICK, A. y SIDNEY, K. (1989). Evaluating the occupational physical fitness of Canadian forces infantry personnel. *Mil. Med.* 154(6), 318-322.

JIMENEZ, F., DE LA MARTA, M. y ORTEGA, R. (1990). Estudio podológico del soldado durante la fase de instrucción. *Med. Mil.* 46 (2), 230-234.

JIMENEZ, F., ORTEGA, R. y PASTOR, F. (1990). Lesiones en el período de instrucción: Estudio epidemiológico. *Med. Mil.* 43 (5), 468-472.

JIMENEZ, F. y ORTEGA, R. (1990). Reconocimiento médico deportivo en unidades. *Med. Mil.* 46 (6), 685-688.

JIMENEZ, F., TERRANCLE, F. y CABALLERO, A. (1991). Efectos del ejercicio militar intenso sobre personal universitario. *Med. Mil.* 47 (3), 252-255.

JIMENEZ, F., TERRANCLE, F. y ORTEGA, R. (1991). Estudio podológico del soldado. *Med. Mil.* 47 (4), 341-343.

JONES, B. H. y BOVEE, M. W. (1992). Associations among body composition, physical fitness, and injury in men and women Army trainees. *Body composition and Physical Performance.* (141-173).

JONES, B. H. y KNAPIK, J. J. (1999). Physical training and exercise-related injuries. Surveillance, research and injury prevention in military populations. *Sports Med.* 27(2), 111-125.

JUEL, C. (1988). Intracellular pH recovery and lactate efflux in mouse soleus muscles stimulated in vitro: the involvement of sodium/proton exchange and a lactate carrier. *Acta Physiol. Scand.* 140, 147-159.

JUEL, C., BANGSBO, J., GRAHAM, T. y SALTIN, B. (1990). Lactate and potassium fluxes from human skeletal muscle during and after intense, dynamic, knee extensor exercise. *Acta Physiol. Scand.* 140, 147-159.

KARLSSON, J. y SALTIN, B. (1970). Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *J. Appl. Physiol.* 29(5), 598-602.

KARLSSON, J. y JACOBS, Y. (1982). Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept. Theoretical considerations. *Int. J. Sports Med.* 3, 190-201.

KATZ, A. y SAHLIN, K. (1987). Effects of decreased oxygen availability on NADH and lactate content in human skeletal muscle during exercise. *Acta Physiol. Scand.* 131, 119-128.

KERR, D. A. (1988). An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females aged 6 to 77 years. *Med. Sci. Thesis.* Simon Fraser University. Canada.

KEUL, J., SIMON, G., BERG, A., DICKHUTH, H. H., GOERTLER, I. y KÜBEL, R. (1979). Bestimmung der 4 individuellen anaeroben Schwelle zur leistungsbewertung und trainingsgestaltung. *Dtsch. Z. Spomed.* 30, 212-218.

- KINDERMANN, W., SIMON, G. y KEUL, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42, 25-34.
- KJAER, M., BANGSBO, J., LORTIE, G. y GALBO, H. (1989). Homonal response to exercise in man: influence of hypoxia and physical training. *Am. J. Physiol.* 254, R197-R203.
- KLINE, G. M., PORCARI, J. P., HINTERMEISTER, R., FREEDSON, P. S., WARD, A., McCARRON, R. F., ROSS, J. y RIPPE, J. M. (1987). Estimation of VO_2 máx from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med. Sci. Sport Exerc.* 3, 253-259.
- KNAPIK, J., WRIGHT, J. E., KOWAL, D. M. y VOGEL, J. A. (1980). The influence of U.S. Army basic initial entry training on the muscular strength of men and women. *Aviat. Space Environ. Med.* 51: 1086-1090.
- KNAPIK, J. y BURSE, R. (1983). Height, weight, percent body fat and indices of adiposity for young men and women entering the U.S. Army. *Aviat. Space Environ. Med.* 54: 223-311.
- KNAPIK, J., DANIELS, W., MURPHY, M., FITZGERALD, P., DREWS, F. y VOGEL, J. (1990). Physiological factors in infantry operations. *Eur. J. App. Physiol.* 60 (3), 233-238.
- KNAPIK, J., BAHRKE, M., STAAB, J., VOGEL, J. y O'CONNOR, J. (1990). *Frequency of loaded road march training and performance on a loaded road march*. U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine. Report T1, 13-90, Natick, MA, USA.
- KNAPIK, J., STAAB, J., BAHRKE, M., REYNOLDS, K., VOGEL, J. y O'CONNOR, J. (1991). Soldier performance and mood states following a strenuous road march. *Mil. Med.* 156(4), 197-200.
- KNAPIK, J. y REYNOLDS, K. (1992). Injuries associated with strenuous road marching. *Milit. Med.* 157, 64-67.
- KNAPIK, J. J., BANDERET, L. E., VOGEL, J. A., BAHRKE, M. S. y O'CONNOR, J. S. (1996). Influence of age and physical training on measures of cardiorespiratory and muscle endurance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 72, 490-495.
- KNAPIK, J., HARPER, W. y CROWELL, H. P. (1999). Physiological factors in stretcher carriage performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79(5), 409-413.

- KNAPIK, J. (2000) The Army Physical Fitness Test (APFT): a review of the literature. *Mil. Med.* 154: 326-329.
- KNAPIK, J., CUTHIE, J. y CANHAM. M. (1998). Injury incidence, injury risk factors and physical fitness of army basic trainees. Ft Jackson, SC 1977. Aberdeen Proving Ground, MD: U.S. Army Center for Health Promotion and Prevention Medicine, 1-49. 29-HE-7513-98.
- KNUTTGEN, H. y SALTIN, B. (1972). Muscle metabolites and oxygen uptake in short-term submaximal exercise in man. *J. Appl. Physiol.* 32, 690-696.
- KNUTTGEN, H. G., NORDESJO, L. O., OLLANDER, B. y SALTIN, B. (1973). Physical conditioning through interval training with young male adults. *Med. Sci. Sport Exerc.* 5, 132-137.
- KOKKINOS, P. F., HOLLAND, J.C., PITTARAS, A. E., NARAYAN, P., DOTSON, C. O. y PAPADEMETRIOU, V. (1996). Nivel de entrenamiento cardiorrespiratorio y asociación con factores de riesgo de enfermedad cardíaca coronaria en mujeres. *Cardiovascular*, 11, 458-463.
- KOWAL, D. J. y PATTON, J. (1978). Psychological states and aerobic fitness of male and female recruits before and after basic training. *Aviat. Space Environ. Med.* 49, 603-606.
- KRAMER, W. J., PATTON, J. F., KNUTTEN, H. G., HANNAN, C. J., KETTLER, T., GORDON, S. E., DZIADOS, J. E., FRY, A. C., FRYKMAN, P. N. y HARMAN, E. A. (1991). Effects of high-intensity cycle exercise on sympathoadrenal-medullary response patterns. *J. Appl. Physiol.* 70, 8-14.
- KUCZMARSKI, R. J., FLEGAL, K. M., CAMPBELL, W. M. y JOHNSON, C. L. (1994). Increasing prevalence of overweight among U.S. adults. *JAMA*, 272: 205-211.
- KUJALA, U. M. y KVIST, M. (1986). Factors predisposing Army conscripts to knee exertion injuries incurred in a physical training program. *Clin. Orthop.* 210, 203-212.
- KUNTZLEMAN, R. J. y REIFF, B. B. (1992). The decline in American children's fitness levels. *Res. Q. Exerc. Sport.* 63, 107-111.
- LAZARO, A. J. (1988). Influencia del ejercicio físico sobre los niveles de lipoproteínas séricas. *Arch. Med. Dep.* V, 268-274.
- LEE, S., CHAHAL, P., SINGH, M. y WHEELER, G. (1990). Physical fitness and performance standards for the Canadian army. *Canadian-defense-quarterly/La-revue-canadienne-de-defense-(Toronto)*. 19(5), 31-37.

LEE, D., BLACKWOOD, G. y GACKSLETTER, G. (1996). Ergometry as a predictor of Basic Military Training Success. *Mil. Med.* 161 (2), 75.

LEGG, S. J. y DUGGAN, A. (1996). The effects of basic training on aerobic fitness and muscular strength and endurance of British Army recruits. *Ergonomics*. 39(12), 1403-1418.

LEGIDO, J., SEGOVIA, J. y SILVARREY, F. (1996). *Manual de valoración funcional*. Ediciones Eurobook. Madrid.

LIM, C. L. y LEE, L. K. (1994). The effects of 20 weeks basic military training program on body composition, VO_2 máx and aerobic fitness of obese recruits. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 34(3). 271-278.

LINARSSON, D., KARLSSON, F., FAGRAEUS, L. y SALTIN, B. (1974). Muscle metabolites and oxygen deficits with exercise in hipoxia and hiperoxia. *J. Appl. Physiol.* 36, 399-402.

LÓPEZ, C., CASAJÚS J. A., TERREROS, J. L. y ARAGONÉS, M. T. (1988). Análisis de la curva de recuperación rápida de la frecuencia cardiaca. *Apunts* 25(95): 29-35.

LÓPEZ CHICHARRO, J. L. y LEGIDO, J. C. (1989). Regulación de la ventilación durante el ejercicio. *Arch. Med. Dep.* 6, 183-188.

LÓPEZ CHICHARRO, J. L., LEGIDO, J. C., ALVAREZ, J., SERRATOSA, L., BANDRES, F. y GAMELLA, C. (1994). Saliva electrolytes as a useful tool for anaerobic threshold determination. *Eur. J. Appl. Physiol.* 68, 214-218.

LÓPEZ CHICHARRO, J. L., LÓPEZ MOJARES, L. M., LUCÍA, A., PEREZ, M., ALVÁREZ, J., LABANDA, P., CALVO, F. y VAQUERO, A. (1998). Overtraining parameters in special military units. *Aviat. Space Environ. Med.* 69, 562-568.

LÓPEZ CHICHARRO, J. L. y FERNANDEZ, A. (1995). *Fisiología del ejercicio*. Panamericana. Madrid.

LÓPEZ CHICHARRO, J. L. y LEGIDO, J. C. (1991). *Umbral anaerobio: bases fisiológicas y aplicación*. Ed. Interamericana McGraw-Hill, Madrid.

LÓPEZ CALBET, J. A., ORTEGA, F., DORADO, C., ARMENGOL, O. Y SARMIENTO, L. (1993). Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel. Estudio de una temporada. *Arch. Med. Dep.* 10(38): 127-132.

LÓPEZ CALBET, J. A. (1999). Evaluación de la potencia y de la capacidad de salto. En González, J.J. y Villegas, J.A. *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. FEMEDE. Pamplona.

LÓPEZ MOJARES, L. M. (1986). Estudio comparativo de ingresos y gastos energéticos en una población militar. II Symposium Nacional de Sanidad Militar. Valencia.

LÓPEZ MOJARES, L. M. (1997). Valoración funcional del soldado de unidades de élite después del período de instrucción básico, en las fuerzas armadas de España. Tesis doctoral. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

LUENGO, E., LÓPEZ, J. A. y VILLAR, A. (1987). La adaptación cardiovascular a la marcha prolongada. *Med. Mil.* 43 (5), 468-472.

LUKASKI, H. C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr.* 46, 537-556.

MADER, A., LIESEN, H., HECK, H., PHILIPPI, H., ROST, R., SCHÜRCH, P. y HOLLMANN, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor. *Sportartz und Sportmedizin.* 27, 80-88.

MARCINIK, E. J., HODGDON, C. E., ENGLUND, E. y O'BRIEN, J. J. (1987). Changes in fitness and shipboard task performance following circuit weight training programs featuring continuous or interval running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56, 132-137.

MARCOS BECERRO, J. F. (1994). *Ejercicio, forma física y salud*. Madrid. Eurobook. Madrid.

MARESH, C. M., ABRAHAN, A., DE SOUZA, M. J., DESCHENES, M. R., KRAEMER, W. J., ARMSTRONG, L. E. MAGUIRE, M. S., GABAREE, C. L. y HOFFMAN, J. R. (1992). Oxygen consumption following exercises of moderate intensity and duration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65, 421-426.

MARGARIA, R., AGHEMO, P. Y ROVELLI, E. (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J. Appl. Physiol.* 44(21): 1662-1664.

MARTIN, A. y LUNA DEL CASTILLO, J. D. (1989). *Bioestadística para las ciencias de la salud*. Ed. Norma, Madrid.

MARTÍN, A. D., SPENST, L. F, DRINKWATER, D. T. y CLARYS, J. P. (1990). Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22, 729-733.

MARTINEZ, I., SANTONJA, F. y SANCHEZ, F. (1994). La espirometría forzada en medicina del deporte. *Arch. Med. Dep.* (44) 377-382.

MATEO, J. (1995). Ejercicio físico, fitness y calidad de vida. En Mora, J. (coord.), *Teoría del entrenamiento y del acondicionamiento físico*. Colegio oficial de profesores y licenciados en educación física de Andalucía. Cádiz, pp. 293-345.

MAUD, P. J., y FOSTER, C. (1995). *Physiological Assessment of Human Fitness*. Human Kinetics. Champaign (Illinois).

McARDLE, W. D., KATCH, F. I. y KATCH, V. L. (1991). La mejora de la capacidad energética. En: *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano*. Ed. Alianza Deporte. Madrid. pp. 369-429.

McARDLE, W. D., KATCH, F. I., PECHAR, G. S., JACOBSON, L. y RUCK, S. (1972). Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. *Med. Sci. Sports Exer.* 4, 182-186.

McCRAIG, R. H. y GOODERSON, C. Y. (1986). Ergonomic and physiological aspects of military operations in a cold wet climate. *Ergonomics.* 29:849-857.

McDONALD, D.G. y NORTON, J.P. (1990). Training success in U.S. Navy Special Forces. *Aviat. Space Environ. Med.* 61, 548-554.

MacDOUGALL, J. D., WENGER, H. A. y GREEN, A. J. (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Ed. Human Kinetics, Champaign, (Illinois).

MacDOUGALL, J. D., WENGER, H. A. y GREEN, A. J. (1995). *Evaluación fisiológica del deportista*. Ed. Paidotribo, Barcelona.

McLELLAN, T. M. y GASS, G. C. (1989). Metabolic and cardiorespiratory responses relative to the anaerobic threshold. *Med. Sci. Sports Exer.* 21, 191-198.

McLELLAN, T. M. y JACOBS, Y. (1989). Active recovery, endurance, training and the calculation of the individual anaerobic threshold. *Med. Sci. Sports Exer.* 21, 568-576.

McLELLAN, T. M. y JACOBS, Y. (1991). Incremental test protocol, recovery mode and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 12, 190-195.

McMICHAEL, S. (1987). A historical perspective on light infantry. Combat Studies Institute, U.S. Army Command and General Staff College. Research Survey N.6 Ft. Leavenworth, Kan.

MEDBO, J. L. y TABATA, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 67: 1881-1886.

MEIJER, G., JANSSEN, G. M., E, WESTERTERP, K. R., VERHOEVEN, F., SARIS, W. H. M. y TEN-HOOR, F. (1991). The effects of 5 month endurance-training programme on physical activity: evidence for a sex-difference in the metabolic response to exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1, 11-17.

MERCIER, J. D., LE GALLAIS, M., DURAND, M., GOUDAL, C. H., MICALLEF, J. P. y PREFAUT, C. H. (1994). Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69, 525-529.

MIAO-SUKUN. (1992). A study of controlled training of cyclist with anaerobic threshold concept. *Sports Sci.* 11, 41-44.

MICIZZI, M. S., ALBANES, D., JONES, S. y CHUMEA, C. (1986). Correlations of body mass indices weight, stature and body composition in men and woman in NHAMES I and II. *Am. Clin. Nutr.* 44, 725-731.

MILLER, A. J., GRAIS, L. M., WINSLOW, E. y KAMINSKY, L. (1991). The definitions of physical fitness: A definitions to make it understandable to the laity. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 31, 639-640.

MITCHELL, J. H., HASKELL, W. L. y RAVEN, P. B. (1994). Classification of Sports. *J. Am. Coll. Cardiol.* 24:864.

M-O-3-20. *Manual de instrucción físico militar*.(1994). Edita Ministerio de Defensa. Madrid.

M.S.J. 514/AL – C – 967 de 25 de Mayo de 1994 de la División de Logística del Estado Mayor del Ejército. Edita Ministerio de Defensa. Madrid.

MOLNAR, D. y LIVINGSTONE, B. (2000). Physical activity in relation to overweight and obesity in children and adolescents. *Eur. J. Pediatr.* 159 (Suppl i), S445-S55.

MONOD, H. y FLANDROIS, R. (1986). *Manual de fisiología del deporte*. Masson S.A. Barcelona.

MONTGOMERY, D. L. (1982). The effect of added weight on ice hockey performance. *Phys. Sportsmed.* 10: 91.

MORAGUES, A., GIL VERNET, S., HERNANDEZ, P. y LINARES, F. (1979). Estudio sobre la supervivencia del XXII Curso Superior de Operaciones Especiales. *Apuntes de Medicina Deportiva* 131: 16, 63.

MORENO, J. M., GARCIA, J. L. y CAMPILLO, J. E. (1994). Influence of diet and physical exercise on plasma lipid concentrations in an homogeneous sample of young Spanish Air Force pilots. *European-journal-of-applied-physiology-and-occupational-physiology.* 69(1), 75-80.

MORGAN, D. W., MARTÍN, P. E., KRAHENBUHL, G. S. y BALDINI, F. D. (1991). Variability in running economy and mechanics among trained males runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23, 378-363.

MORROW, J. R., JACKSON, A. W., DISCH, J. G. y MOOD, D. P. (1995). *Measurement and evaluation in Human Performance*. Human Kinetics. Champaign (Illinois)

MUDAMBO, K. S., LEESE, G. P. y RENNIE, M. J. (1997). Deshydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and effects of fluid ingestion during and after exercise. *Eur. J. Appl. Physiol*, 76, 517-524.

MUZA, S. R., BANDERET, L. E. y FORTE, V. A. (1996). Effects of chemical defence clothing and individual equipment on ventilatory function and subjective reactions. *Aviat. Space Environ. Med.* 67, 1190-1197.

MYLES, W. S. y ALLEN, C. L. (1979). A survey of aerobic fitness levels in a Canadian military population. *Aviat. Space Environ. Med.* 50 (8), 813-815.

- NANAS, S. NANAS, J. KASSIOTIS, C. et al. (1999). Respiratory muscles performance is related to oxygen kinetics during maximal exercise and early recovery in patients with congestive heart failure. *Circulation*. 100(5): 503-508.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1989). *Diet and health. Implications for reducing chronic disease risk*. National Academy Press. Washington.
- NATO ORG. (1994). Panel 8 Research Study Group 17. Biomedical aspects of military training. *Ann Med Mil Belg*, 8(3).
- NATO (1986). Defence Research Group. Document AC/243 (Panel VIII)/RSG, 4. Physical fitness in Armed Forces. Brussels.
- NAVARRO VALDIVIELSO, F. (1998). *La resistencia*. Ed. Gymnos, Madrid.
- NEELY, F. G. (1998). Intrinsic risk factors exercise-related lower limb injuries. *Sports Med*. 26(4), 253-263.
- NEUFER, P. (1989). The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. *Sports Med*. 8:302-320.
- NEWSHOLME, E. y LEEDCH, T. (1983). *The Runner: Energy and Endurance*. Fitness Book. Walter L. Meagher, Oxford.
- NICOT-BALON, G., DRAKE-NAVARRO, J., PALACIOS-SOLIS, M., HERNÁNDEZ-PALMERO, B. y CABRERA SÁNCHEZ, C. (1987). Umbral del metabolismo aerobio-anaerobio: una revisión. *Bolet. Cient-Técnic. INDER*. 22, 24-29.
- NILO, J. L. (1983). Las adaptaciones fisiológicas al esfuerzo. En *Medicina del Deporte*. Edit. Prensa Médica Mexicana. 6, México, pp.1118-1139.
- NOBIN, A., GALCK, B., INGEMANSSON, S., JARHULT, J. y ROSENGREN, E. (1977). Organization and function of the sympathetic innervation of human liver. *Acta Physiol. Scand*. 452 (suppl.), 103-106.
- NORRIS, C. M. (1993). Abdominal muscle training in sport. *British Journal Sports Medicine*, 27, 19-27.

NORRIS, C. M. (1996). *La flexibilidad. Principios y práctica*. Paidotribo. Barcelona.

NOVAK, L. P.; BESTIT, C., MELLEROWICZ, H. y WOODWARD, W. A. (1978). Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected olympic male athletes. *J. Sport Med. Phys. Fitness*. 18(2): 139-151.

O'CONNOR, J. S., BHRKE, M. S. y TETU, R. G. (1990). 1988 active Army physical fitness survey. *Mil. Med.* 155(12), 579-585.

OJA, P. (1991). Elements and assessment of fitness in sport for all. En: Oja, P., Telama, R. (eds.), *Sport for all* Elsevier Science. Amsterdam, pp. 103-110.

OJA, P., LAUKKANEN, R., PASANEN, M., TYRY, T. y VUORI, I. (1991). A 2-km walking test for assessing the cardiorespiratory fitness of healthy adults. *Int. J. Sports Med.* 12, 356-362.

OJA, P. y TUXWORTH, B. (1995). *EUROFIT pour adultes. Evaluation de l'aptitude physique en relation avec la santé*. Conseil de l'Europe. Tampere (Finlande):

OKSA, J., HAMALAINEN, O., RISSANEN, S., SALMINEN, M. y KURONEN, P. (1999). Muscle fatigue caused by repeated aerial combat maneuvering exercises. *Aviat. Space Environ. Med.* 70(6), 556-560.

OLSEN, R., BERG, K., LATIN, R. y BLANKE, D. (1988). Comparison of two intense intervall training programs on maximum oxygen uptake and running performance. *J. Sport. Med. Phys. Fitness*. 28, 158-164.

Orientaciones. Empleo del batallón de Infantería Mecanizado (BIMZ). OR4-114. (1996) Estado Mayor del Ejército. Edita Ministerio de Defensa. Madrid.

Orientaciones. Empleo Táctico Compañía Infantería Mecanizada. OR4-106. (1994). Estado Mayor del Ejército. 1994. Edita Ministerio de Defensa. Madrid.

ORR, G. W., GREEN, H. J., HUGHSON, R. L. y BENNET, G. W. (1982). A computer lineal regression to determine ventilatory anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.* 52, 1349-1352.

- ORTEGA, R. y MAINKA, J. (1996). Criterios para la valoración del paciente que realizará ejercicio físico. *Formación Médica Continuada en Atención primaria*; Vol 3(8) pp. 486-499.
- OVEREND, T. D., PATERSON, D. H. y CUNNINGHAM, D. A. (1992). The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. *Canad. J. Sport Sci.* 17, 129-134.
- OWELS, W. H. (1930). Alteration in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise and associated changes in the CO₂-combining power of the blood and in the alveolar CO₂ pressure. *J. Physiol. Lond.* 69, 214-237.
- PATE, R. R. (1988). The evolving definition of physical fitness. *Quest*, 40, 174-179.
- PATTON, J. F., DANIELS, W. L. y VOGEL, J. A. (1980). Aerobic power and body fat of men and women during Army basic training. *Aviat. Space Environ. Med.* 51, 492-496.
- PATTON, J. F., VOGEL, J. A. y MELIO, R. P. (1982). Evaluation of maximal predictive cycle ergometer test of aerobic power. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49:131-140.
- PATTON, J. F., BIDWELL, T. E., MURPHY, M. M., MELLO, R. P. y HARP, M. E. (1995). Energy cost wearing protective clothing during progressive treadmill walking. *Aviat. Space Environ. Med.* 66, 238-242.
- PAVIA, L., MYERS, J. y CESARE, R. (1999). Recovery kinetics of oxygen uptake and heart rate in patients with coronary artery disease and heart failure. *Chest.* 116(3): 808-813.
- PERONNET, F., THIBAUT, G., RHODES, E. C. y MCKENZIE, D. C. (1987). Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19, 610-615.
- PERRY, M. E., BROWNING, R. J., JACKSON, R. y MEYER, J. (1992). The effect of intermediate altitude on the Army Physical Fitness Test. *Mil. Med.* 157(10), 523-526.
- PESSENHOFER, H., SCHWABERGER, G. y SCHMID, P. (1981). Zur bestimmung einer individuellen schwelle. Grafeling. Demetervelag.
- PILA, A. (1985). *Evaluación de la educación física y los deportes*. Augusto E. Pila. Teleña. Madrid.

PLATONOV, V. N. (1991). *La adaptación en el deporte*. Ed. Paidotribo. Barcelona.

POEHLMAN, E. T., MELBY, C. L. y GORAN, M. I. (1991) The impact of exercise and diet restriction on daily energy expenditure. *Sports-medicine-(Auckland)*. 11(2) 78-101.

POLLOCK, M. L. (1988). Physical activity, fitness and the new health paradigm. Olympic Scientific Congress. Seúl. pp.43-62.

POLLOCK, M. L., BROIDA, J. y KENDRICK, A. (1972). Effects of training two days per week at different intensities on middle-aged men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 4, 192-197.

POPE, R. P., HERBERT, R., KIRWAN, J. D. y GRAHAM, B. J. (1999). Predicting attrition in basic military training. *Mil. Med.* 164(10), 7140-7143.

POSNER, J. D., GORMAN, K. M., KLEIN, H. S. y CLINE, C. L. (1987). Ventilatory threshold running economy and distance running performance of trained athletes. *Res. Q. Exerc. Sport.* 54, 179-182.

POWER, S. K., DOOD, S. y BEADLE, R. E. (1985). Oxygen uptake kinetics in trained athletes differing in VO_2 máx. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54, 306-308.

RADOMSKI, M. W., HART, L. E., GOODMAN, J. M. y PLYLEY, M. J. (1992). Aerobic fitness and hormonal responses to prolonged sleep deprivation and sustained mental work. *Aviat. Space Environ. Med.* 63(2), 101-106.

RAMIREZ, C. M., DIAZ FERNANDEZ, Y., VILLAMANDOS, A., BRAVO, J., PIÑEIRO, G. y MESTRE, M. (1994). Estudio del gasto energético en levantadores de pesas cubanos de alto rendimiento. *Arch. Med. Dep.* (43) 233-240.

RAMIREZ, C. M., RIOS, A., PIÑEIRO, G. y MESTRE, M. (1993). Determinación del gasto energético en atletas de canoa kayak y remo altamente cualificados. *Arch. Med. Dep.* (40) 407-411.

RAURAMAA, R., VAISANEN, S., RANKINEN, T., PENTTILA, I., SAARIKOSKI, S., TUOMILEHTO, J. y NISSINEN, A. (1995). Inverse relation of physical activity and apolipoprotein AI to blood pressure in elderly woman. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 27, 164-169.

- REILLY, T. y SECHER, N. (1990). Physiology of sports: an overview. En: Reilly, T. y cols. *Physiology of sports*. E y F.N. Spon, London.
- REINKER, K. A. y OZBORNE, S. (1996). A comparison of male and female orthopaedic pathology in basic training. *Milit. Med.* 144, 532-536.
- RIEU, M. (1986). Lactatémie et exercice musculaire. Signification et analyse critique du concept de "seuil aérobie-anaérobie". *Sci. Sports* 1, 1-23.
- RIVERA, M. A. y PADRO, C. A. (1996). El concepto "fitness". Definiciones conceptuales y operacionales (I). *Arch. Med. Dep.*, 52, 143-148.
- ROCHA, M. S. L. (1975). Pessoa oseo do brasileiro do ambos sexos de 17 a 25 anos. *Arquivos de anatomia antropologia*. 1, 445-451.
- RODRIGUEZ, F. A. (1995 a). Prescripción de ejercicio para la salud (I). Resistencia cardio-respiratoria. *Apunts de Educació Física y Deportes*, 39, 87-102.
- RODRIGUEZ, F. A. (1995 b). Valoración de la condición física en las personas mayores. En Marcos, J. F., Frontera, W., Santonja, R. (eds.), *La salud y la actividad física en las personas mayores*. Tomo I. Comité Olímpico Español. Madrid, pp.290-301.
- RODRIGUEZ, F. A. (1995 c). Prescripción de ejercicio para la salud (y II). Pérdida de peso y condición musculoesquelética. *Apuntes de Educación Física y Deportes*, 40, 83-92.
- ROGNUM, T. y VARTDAL, F. (1986). Physical and mental performance of soldiers on high and low energy diets during prolonged heavy exercise combined with sleep deprivation. *Ergonomics*. 29:859-867.
- ROSS, W., HEBBELING, M. y FAULKNER, R. (1978). Kinantropometry terminology and landmarks. En: Shepard, T. y Lavalley, H., *Physical fitness assesment*. Charles Thomas, Springfield.
- ROTHBERG, J. y KOSHES, R. (1995). Mobilization and rejection of individual Ready Reserve personnel in Operations Desert Shield/Storm at a U.S. Army Quartermaster post. *Mil. Med.* 160(5), 240-242.

RUBINSTEINS, A., BURSTEIN, R., LUBIN, F., CHETRIT, A., DANN, E. J., LEVTOV, O., GETER, R., DEUSTER, P. A. y DOLEV, E. (1995). Lipoprotein profile changes during intense training of Israeli military recruits. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24, 480-484.

SALTIN, B., WAHREN, J. y PERNOW, B. (1974). Phosphagen and carbohydrate metabolism during exercise in trained middle-aged men. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 33, 71-77.

SALTIN, B. y STRANGE, S. (1992). Maximal oxygen uptake: “old” and “new” argument for a cardiovascular limitation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24, 30-37.

SALTIN, B. (1989). Capacidad aerobia y anaerobia. *R. E. D.* 2(3): 35-46.

SALTIN, B. (1990). Anaerobiosis en el ejercicio: limitaciones e implicaciones para el rendimiento. *Apunts* 27: 7-13.

SÁNCHEZ, F. (1996). *La actividad física orientada hacia la salud*. Biblioteca Nueva. Madrid

SANUY, X., PEIRAU, X., BIOSCA, P. y PERDIX, R. (1995). Fisiología del fútbol: revisión bibliográfica. *Apunts* 42: 55-60.

SAVIN, W. M., DAVIDSON, D. M. y HASKELL, W. L. (1982). Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* 53(6): 1572-1576.

SCHEUR, J. y TIPTON, C. M. (1977). Cardiovascular adaptations to physical training. *Ann. Rev. Physiol.* 39, 221-251.

SCOTT, D. F. y RYAN, J. S. (2000). Seizure after exercise in the heat. *Phys. Sportsmed.* 28(9), 61-67.

SEGOVIA, J. C., LEGIDO, J. C. y LOPEZ-SILVARREY, J. (1996). *Manual de valoración funcional*. Ediciones Eurobook. Madrid

SHAFFER, R. A., BRODINE, S. K., ALMEIDA, S. A., WILLIAMS, K. M. y RONAGHY, S. (1999). Use of simple measures of physical activity to predict stress fractures in young men undergoing a rigorous physical training program. *Am. J. Epidemiol.* 149(3), 236-242.

SHARKEY, B. J. (1993). *Nuevas dimensiones en fitness aeróbico*. Editorial Paidotribo. Barcelona.

SHARP, J. R. (1991). The new Air Force fitness test: a field trial assessing effectiveness and safety. *Mil. Med.* 156(4), 181-185.

SHARP, M. A., PATTON, J. F., KNAPIK, J. J., HAURET, K., MELLO, R. P., MAX ITO y FRYKMAN, P. N. (2002). Comparison of the physical fitness of men and women entering the U.S. Army: 1978-1998. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(2): 356-363.

SHEPHARD, R. (1984a). Can we identify those for whom exercise is hazardous?. *Sports Med.* 1, 75-86.

SHEPHARD, R. (1984b). Tests of maximum oxygen intake: A critical review. *Sports Med.* 1, 99-124.

SHEPHARD, R. (1968). A nomogram to calculate the oxygen cost of running at slow speeds. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 9, 10-16.

SIDNEY, K. y SHEPHARD, R. (1977). Maximum and submaximum exercise tests in men and women in the seventh, eighth, and ninth decades of life. *J. Appl. Physiol.* 43, 280-287.

SIMON, G., BERG, A., DICKHUTH, H. H., SIMON-ALT, A. y KEUL, J. (1981). Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der leistungsfähigkeit. *Dtsch. Z. Sportsmed.* 32, 6-14.

SJÖDIN, B. y JACOBS, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2, 23-26.

SKINNER, J. S. y MCLELLAN, T. M. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res. Q. Exerc. Sports.* 51, 234-248.

SKINNER, J. S., BALDINI, F. D. y GARDNER, A. W. (1990). Assessment of fitness. En: *Exercise, Fitness, and Health* Bouchard, C., Shephard, R.J., Stephens, T., Sutton, J.R., McPherson, B.D. (eds.). Human Kinetics. Champaign (Illinois), pp.109-119.

SKINNER, J. S. y OJA, P. (1994). Laboratory and field tests for assessing health-related fitness. En: *Physical activity, fitness and health* Bouchard, C., Shephard, R. J., Stephens, T.(eds.). Human Kinetics. Champaign (Illinois). pp. 160-179.

SNOODY, R. O. y HENDERSON, J. M. (1994). Predictors of basic infantry training success. *Milit. Med.* 159, 616.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PATOLOGIA DEL APARATO RESPIRATORIO. (1985). *Recomendaciones SEPAR. Normativa para la espirometría forzada*. Ed. Doyma, Barcelona.

SONG, T. M. y MOORE, J. (1989). Physical fitness of militia forces. *Mil. Med.* 154(9), 477-479.

STACY, R. L., HUNGERFORD, R. L. y McMAHON, B. T. (1982). The effects of basic training on aerobic capacity and body fat in New Zealand Army recruits. *New Zealand Medical Journal.* 22, 876-878.

STEGMANN, H., KINDERMANN, W. y SCHNABEL, A. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports. Med.* 2, 160-165.

STEIN, T. P. HOYT, R. W., O TOOLE, M., LESKIW, M. J., SCHLUTER, M. D., WOLFE, R. R. y HILLER, W. D. (1989). Protein and energy metabolism during prolonged exercise in trained athletes. *Int. J. Sports. Med.* 10, 311-316.

STEVENSON, J. M., BRYANT, J. T., ANDREW, G. M., SMITH, J. T., FRENCH, S. L., THOMSON, J. M. y DEAKIN, J. M. (1992). Development of physical fitness standarts for Canadian Armed Forced younger personnel. *Can. J. Sport Sci.* 17(3), 214-221.

STP 21-1 SMCT, Soldiers Manual of Common Tasks, Skill Level 1, October 1990. Cadet Field Training Mission Training Plan. The Department of Physical Education, Program of Instruction, CFT. En www.usma.edu.

STP 21-1 SMCT, Soldiers Manual of Common Tasks, Skill Level 1, October 1994. Cadet Field Training Mission Training Plan. The Department of Physical Education, Program of Instruction, CFT. En www.usma.edu.

STOKES, J. (1993). Psychiatry and war (Letter to the editor). *Milit. Med.* 158, A 6-8.

SUTTON, J. R. (1992). VO_2 máx-new concepts on an old theme. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24, 26-29.

- SYSTROM, D. M., KANAREK, D. J., KOHLER, S. J. y KAZEMI, H. (1990). ^{31}P nuclear magnetic resonance spectroscopy study of the anaerobic threshold in humans. *J. Appl. Physiol.* 68, 2060-2066.
- TANIGUCHI, Y. (1997). Lateral specificity in resistance training: the effect of bilateral and unilateral training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75, 144-150.
- TATAY MARTI, E. (1984). Ventilación. *PAR Función Pulmonar.* 17, 15-42.
- TERRADOS, N. (1991). Capacidad anaeróbica en el ciclismo: nuevas consideraciones. I Congreso internacional sobre ciencia y técnica en el ciclismo. Torremolinos.
- TERREROS, J. L. (1999). Valoración funcional del metabolismo aeróbico. Métodos Indirectos. Test de campo. En: González, J. J. y Villegas, J. A. *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales.* Ed. FEMEDE, Pamplona, pp. 427-456.
- THIBODEAU, G.A. y PATTON, K.T. (1997). *Anatomía y fisiología: estructura y función del cuerpo humano.* (2ª Ed.). Ed. Harcourt Brace, Barcelona.
- TEVES, M. A., WRIGHT, J. E. y VOGEL, J. A. (1985). Performance on selected candidate screening test procedures before and after Army Basic and Advances Individual training. Natick, MA: US Army research Institute of Environmental Medicine. 1-61. TRI3/85.
- THOMAS, S., CUNNINGHAM, D., RECHNITZER, P., DONNER, A. y HOWARD, J. (1987). Protocols and reliability of maximal oxygen uptake in the elderly. *Can. J. Sport Sci.* 12, 144-151.
- THOMAS, S., READING, J., SHEPARD, R. J. y CAN, J. (1992). Versión revisada rPAR-Q. *Spt. Sci.* 17(4):338-345.
- TOKMAKIDIS, S. P. y LÉGER, L. A. (1992). Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate “threshold” points and relationship with performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64(4): 309-317.
- TOMLINSON, J. P. y LEDNAR, W. M. (1987). Risk of injury in soldiers. *Milit. Med.* 152, 60-64.

TRAVALINE, J. M. y CRINER, G. J. (1996). Pruebas de función pulmonar mediante espirometría. *Tpos. Med.* 524, 37-40.

TROUMBLEY, P.F., BURMAN, K. D., RINKE, W. J. y LENZ, E. R. (1990). A comparison of the risk, health status, self-automotivation, psychological symptomatic distress, and physical fitness of overweight and normal-weight soldiers. *Mil. Med.* 155(9), 424-429.

TSCHIENE, P. (1996). Enfoque necesario en la práctica del entrenamiento: dirigir la adaptación biológica en el entrenamiento modelo. *Motricidad.* 2: 9-37.

USCC CIR. 350-2, Cadet Advanced Training Program. The Department of Physical Education, Program of Instruction, CFT. En: www.usma.edu.

USCC CIR. 350-4, Camp Buckner Standard Operating Procedures. The Department of Physical Education, Program of Instruction, CFT. En: www.usma.edu.

USCC CIR 350-1 (Volume 0) Leader Development Branch Resource Book The Department of Physical Education, Program of Instruction, CFT. En: www.usma.edu.

USCC CIR 350-15, Leader Development Training The Department of Physical Education, Program of Instruction, CFT. En: www.usma.edu.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. (1996). Physical Activity and Health: a report of the Surgeon General. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA

VAINIKKA, M.A (1978). The physical fitness of conscripts at the begining and at the end of the military basic training period. *Ann. Med. Milit. Fenn.* 53: 19-28.

VAN DOORNEN, L. J. y DE GEUS, E. J. (1989). Aerobic fitness and the cardiovascular response to stress. *Psychophysiology.* 26, 17-28.

VAN HOOFF, R., DUBOIS, P., LEYSEN, J. y FRANCOIS, R. (1992) Predictability of the individual outcome of a physical training program of an Army Special Forces Unit. *Mil. Med.* 157(4), 207-210.

VILLA, J. G., DE PAZ, J. A. y GONZALEZ GALLEGOS, J. (1996). Bases para la evaluación de la condición física y la preparación deportiva. En: Santonja, R. (ed.), *Olimpismo y Deporte*. Santonja. Madrid, pp.23-34

VILLA J. G. (1999). Valoración funcional del metabolismo aeróbico: métodos indirectos en el laboratorio. En: González, J. J.; Villegas, J. A. (coord.), *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. FEMEDE. Navarra, pp.343-425.

VILLEGAS, J. A., MARTINEZ, M. T. y MICO, R. (1999). Métodos directos. Determinación del consumo máximo de oxígeno. En González, J.J.; Villegas, J.A. (coord.), *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. FEMEDE. Navarra, pp. 301-341.

VINUESA, M. y VINUESA, I. (1995). En: *La escuela de gimnasia de Toledo*. Edita Excma. Diputación Provincial de Toledo. pp.17-20.

VIRU, A. (1995). *Adaptation in Sports Training*. CRC Press, Boca Ratón, USA.

VOGEL, J. A. y PATTON, J. F. (1978). Evaluation of fitness in the U.S. Army. Proceedings of the NATO. Symposium on Physical Fitness with Special Reference to the Military Forces. Toronto. DS/DR78.

VOGEL, J. A., RAMOS, M. U. y PATTON, J. F. (1977). Comparisons of aerobic power and muscle strength between men and women entering the U.S. army. *Med. Sci. Sports Exerc.* 9, 58.

VOGEL, J. A., CROWDY, J. P., AMOR, A. F. y WORSLEY, D. E. (1978). Changes in aerobic fitness and body fat during army recruit training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 40, 37-43.

VOGEL, J. A., PATTON, J. F., MELLO, R. P. y DANIELS, W. L. (1986). An analysis of aerobic capacity in a large United States population. *Appl. Physiol.* 60:494-500.

VUORI, I. (1991). Sport for all in health and disease. En: Oja, P., *Sport for all*, Telama, R. (eds.), Elsevier Science. Amsterdam, pp. 33-43.

WARD, A., EBBELING, C. B., AHLQUIST, L. E. (1995). Indirect methods for estimation of aerobic power. En: Maud, P.J., *Physiological Assessment of Human Fitness*. Foster, C. (eds.). Human Kinetics. Champaign (Illinois), pp.37-56.

- WASSERMAN, K., WHIPP, B. J., KOYAL, S. N. y BEAVER, W. L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35, 236-243.
- WASSERMAN, K., BEAVER, W. L. y WHIPP, B. J. (1986). Mechanism and patterns of blood lactate increase during exercise in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18, 344-352.
- WASSERMAN, K. y MCLLROY, M. B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.* 14. 844-852.
- WASSERMAN, K., BEAVER, W. L., DAVIS, J. A., PU, J. Z., HERBER, D. y WHIPP, B. (1985). Lactate pyruvate and lactate-pyruvate ratio during exercise and recovery. *J. Appl. Physiol.* 59, 935-940.
- WASSERMAN, K., VAN KESSEL, A. L. y BUTON, G. G. (1967). Interaction of physiological mechanism during exercise. *J. Appl. Physiol.* 22, 71-85.
- WEINECK, J. (1982). *Biologie du sport*. Ed. Vigot. Paris, pp. 7-32.
- WELTMAN, A., SNEAD, D., STEIN, P., SEIP, R., SCHURRER, R., RUTT, R. y WETMAN, J. (1990). Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations and VO_2 máx. *Int. Sports Med.* 11, 26-32.
- WENGER, H. y BELL, G. (1986). The interection of intensity, frecuency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *SportsMedicine.* 3, 346-356.
- WETZLER, H. P., HOLLAND, J. C., MONTGOMERY, L. C. y HERBER, H. R. (1983). Selected physiological characteristic of male military students at the national defense university. *Milit. Med.* 148: 644-646.
- WHESPHAL, K. A., FRIEDL, K. E. y SHARP, M. A. (1995). Health, Performance, and nutricional Status of U.S. Army Women during basic combat training. US Army Research Institute of Environmental Medicine. Natick, MA: US, pp. 1-146. 2/96.
- WILLIAMS, A. G., RAYSON, M. P. y JONES, D. A. (1999). Effects of basic training on material handling ability and physical fitness of British Army recruits. *Ergonomics.* 49(8), 1114-1124.

WILLIFORD, H., SPORT, K. y WANG, N. (1994) The prediction of fitness levels of United States Air Forces Officers: validation of cycloergometry *Mil. Med.* 159, 3: 175.

WILSON, G. J., NEWTON, R. U., MURPHY, A. J. Y HUMPHRIES, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25(11): 1279-1286.

WITHERS, R. T., ROBERTS, R. G. y DAVIES, G. J. (1977). The maximum aerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 17(4): 391-400.

WOOD, D., HICKMAN, M. y JAMSHIDI, Y. (2001). *Hum Gent.* 108, 230-232.

WÜRCH, A. (1974). La femme et le sport. *Med. Sport Francaise.* 4, 441-445.

YEH, M. P., GARDNER, R. M., ADAMS, T. D., YANIWITZ, F. G. y CRAPO, R. O. (1983). "Anaerobic threshold": problems of determination and validation. *J. Appl. Physiol.* 55, 1178-1186.

YOSHIDA, T., UDO, M., OHMORI, T. MATSUMOTO, Y., URAMOTO, T. y YAMAMOTO, K. (1992). Day-to-day changes in oxygen uptake kinetics at the onset of exercise during strenuous endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64, 78-83.

ZHANG, Y., JOHNSON II, M. C., CHOW, N. y WASSERMAN, K. (1991). The role of fitness on VO_2 and VCO_2 kinetics in response to proportional step increase in work rate. *Eur. J. Appl. Physiol.* 63, 94-100.

ZIVOTI, V. M., DIMITRIJEVI, B., ZIVANI, S. y MIJI, R. (1995). *Vojnosanit Pregl.* 52, 443-449.

ZUIDEMA, M. A. y BAUNGARTNER, T. A. (1974). Second factor analysis study of physical fitness test. *Res. Q.* 45:247-256.