

UNIVERSIDAD DE GRANADA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

**INFLUENCIA
DE
DOS METODOLOGÍAS
DE
TRABAJO CONCURRENTES
PARA
LA MEJORA
DEL RENDIMIENTO
DEL JUDOKA**

Doctoranda: Dña. Raquel Escobar Molina.

Directores: D. Paulino Padial Puche.

Dña. M^a Belén Feriche Fernández-Castanys.

D. José Miguel Fernández Fernández.

GRANADA 2007

D. Paulino Padial Puche

Doctor en Educación Física. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
Universidad de Granada.

D. M^a Belén Feriche Fernández-Castanys

Doctora en Educación Física. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
Universidad de Granada.

D. José Miguel Fernández Fernández

Doctor en Medicina. Facultad de Medicina. Universidad de Granada.

CERTIFICAN

Que el presente trabajo titulado “INFLUENCIA DE DOS METODOLOGÍAS DE TRABAJO CONCURRENTE PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL JUDOKA”, ha sido realizado bajo su dirección en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Granada, por Dña. Raquel Escobar Molina para optar al Grado de Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Dicho trabajo se caracteriza por su originalidad y rigor científico, por lo que se autoriza su presentación para ser defendida ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expiden y firman la presente certificación en Granada a 18 de Abril de 2007.

D. Paulino Padial Puche

**Dña. M^a Belén Feriche
Fernández-Castanys**

D. José Miguel Fernández Fernández

Dña. Raquel Escobar Molina

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi director, D. Paulino Padial Puche, haberme aceptado como doctoranda. Además de gran judoka es una persona atenta, disciplinada y minuciosa en su trabajo, lo cual, ha repercutido positivamente en mi estudio.

A mi directora, Dña. M^a Belén Feriche Fernández-Castanys, por su profesionalidad, su interés por este trabajo, sus consejos y correcciones, siempre sin rodeos. Ambos son la combinación perfecta.

A mi director D. José Miguel Fernández Fernández. Sus clases de bioquímica en la Facultad de Medicina me despertaron el interés por seguir estudiando. Siempre me ofreció su ayuda y amistad.

A mi compañero y gran amigo D. Ignacio Jesús Chiroso Ríos, una de las personas más emprendedoras y entusiasmadas con su trabajo y con el de los demás. Gracias por tu atención y asesoramiento, por tu perseverancia y tu disposición. Sin duda un gran profesional y una excelente persona.

A Dña. M^a Teresa Miranda, estupenda profesora y mejor persona. Ella sabe que su contribución ha sido determinante para culminar este trabajo. No sé como podré corresponderte

Al PAS de la facultad: José Luis por tenerme puntualmente preparado el material, a Quini y Luis por su apoyo y cariño desde que comencé mis estudios, a Nino por proporcionarme en todo momento lo necesario, a Paco “el vigilante” por abrirme la puerta a horas intempestivas cuando muchos aún dormían, a mi querida Maite, por dedicarme siempre un momento aunque no lo tuviese para ella, a Raúl, uno de los administrativos más eficaces y trabajadores, a Encarna, Montse y Antonio por atenderme durante horas en la biblioteca preguntándoles mil cosas. A Manolo, por entregarme las fotocopias de hoy para ayer, siempre tan eficiente. Y como no, al Sr. Marino por su amabilidad y cariño.

A mis maestros D. Claudio y D. Francisco José Cuesta. El primero por ser un auténtico caballero y estupendo historiador, al cual, estimo y respeto. El segundo por ser el mejor maestro de educación física que he tenido sin título de licenciado.

A mis profesores de la facultad y en especial a Mercedes Vernetta. Gracias a su profesionalidad descubrí otro deporte fascinante. A mi querido Cárdenas, por ser tan especial y haberme auxiliado en aquellos momentos y a Toño; bajo esa apariencia autoritaria se encuentra una gran persona.

A mi amigo Paco Mula, quien a pesar de mis muchas lesiones, me preparó y mimó para superar aquellos baremos aún tan difíciles.

A mi querida amiga y gran judoka del equipo nacional Carmen Fuentes Escobedo. Después de tantos años y sin apenas vernos sigues cuidándome.

Agradecimientos

A mis incondicionales Sor Graciela, Blanca, Ana Chuchunova, Luis, David y Bernardo, mis compañeros de promoción. Sé que con ellos cuento en todo momento.

A mis compañeros de Judo (Carmona, Miguel, Rafa, Oli, Lidon, Manolo, Ramiro, Moya, Chino, Tito, Carlos, Paco Rodríguez... y cuántos más): con ellos aprendí lo maravilloso que es este deporte.

También quiero tener presentes a mis, ya amigos, D. Julián Espartero, D. Vicente Carratalá, D. Julen Idarreta, D. Fernando Blas, D. Carlos Gutiérrez, D. Amador González, D. José Antonio González y D. Miguel Villamón, todos ellos profesores de Judo en las distintas Facultades del Deporte. Gracias por acogerme y tratarme siempre tan bien. Espero que este documento os aporte algo más a vuestros ya consagrados conocimientos.

Especialmente estoy agradecida a mis alumnos, los protagonistas de esta investigación. Durante 17 semanas se sometieron a todo tipo de pruebas para que dicho estudio siguiera adelante. Sin ellos no hubiese sido posible. Y a mis chicas, Lorena, Tellito, Yoli y Gertru. Jamás me dieron un no por respuesta.

A mi padre. Por querer siempre lo mejor para sus hijos, luchar por ello y conseguirlo, por inculcarnos valores como la voluntad, sacrificio, constancia y superación. Él sigue siendo mi referente. Gracias papá.

A mi madre. Por su paciencia, por su saber estar y actuar, por educarnos y escucharnos. Gracias mamá. Gracias a los dos.

A mi hermano y hermana. En cualquier momento y para lo que fuera me han ayudado, siempre.

A mis niñas, Andrea y Paula. Lo mejor que ha entrado en nuestras vidas.

A Víctor. Tú sabes lo que significa este trabajo. Gracias por no haberme dejado un solo momento, por haberte mantenido a mi lado, sobre todo cuando a veces no entendías lo que me ocurría. Me lo has hecho más fácil.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I. FUNDAMENTACIÓN DEL ESTUDIO

I.1 MARCO TEÓRICO.....	25
I.1.1. EL JUDO.....	25
I.1.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TEMPORAL Y REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DEL COMBATE.....	26
I.1.3. ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN EL RENDIMIENTO DEL JUDOKA.....	32
I.1.3.1. Análisis del perfil funcional del judoka.....	33
I.1.3.2. Análisis de la composición corporal.....	34
I.1.3.3. Análisis de la condición física.....	38
I.1.3.3.1. La fuerza como capacidad fundamental en Judo. Concepto de fuerza.....	39
I.1.3.3.2. Las manifestaciones de la fuerza.....	41
I.1.3.3.3. Las manifestaciones de la fuerza en Judo.....	42
I.1.3.3.4. La resistencia en Judo. Concepto y tipos.....	58
I.1.4. ENTRENAMIENTO CONCURRENTE.....	67
I.1.4.1. Antecedentes.....	67
I.1.4.2. Respuestas y adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de fuerza y de resistencia.....	69
I.1.4.3. Posibles mecanismos que comprometen las respuestas y adaptaciones al entrenamiento concurrente.....	71
I.1.4.3.1. Hipótesis crónica.....	73
I.1.4.3.2. Hipótesis aguda.....	76
I.1.4.4. Efecto del entrenamiento concurrente sobre la fuerza y la resistencia.....	79
I.1.4.4.1. Efecto del entrenamiento concurrente en las adaptaciones al trabajo de fuerza.....	79
I.1.4.4.2. Efecto del entrenamiento concurrente en las adaptaciones al trabajo de resistencia.....	84
I.1.4.5. Efecto de la secuencia del entrenamiento concurrente sobre la fuerza y la resistencia.....	90
I.1.4.6. Efecto del tiempo de recuperación entre el trabajo de resistencia y el de fuerza.....	93

I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	97
I.2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	97
I.2.2. OBJETIVOS CIENTÍFICOS	99
I.2.3. HIPÓTESIS	99
 CAPÍTULO II. MÉTODO Y MATERIAL	
II.1. MÉTODO	103
II.2. POBLACIÓN	103
II.3. VARIABLES	106
II.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	106
II.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES	107
II.3.3. VARIABLES CONTAMINANTES	107
II.4. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	110
II.4.1. MATERIAL UTILIZADO EN LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS BIOMÉTRICOS	110
II.4.2. MATERIAL UTILIZADO EN LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS FUNCIONALES	111
II.5. PROCEDIMIENTO	121
II.5.1. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO	121
II.5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTROLES REALIZADOS	129
II.5.2.1. Protocolo de los tests utilizados en las pruebas biométricas	130
II.5.2.2. Protocolo de los tests utilizados en las pruebas funcionales	131
II.5.2.2.1. Protocolo del test utilizado para la determinación del VO ₂ máx y del Umbral Anaeróbico en el tapiz rodante.....	132
II.5.2.2.2. Protocolo para el control de la Potencia Máxima del tren superior mediante el Press de Banca.....	134
II.5.2.2.3. Protocolo del test utilizado para el control de la FDM.....	135
II.5.2.2.3.1. <i>Test de cálculo indirecto para el control de la FDM (1RM) en el ejercicio de Press de Banca (PB)</i>	136

II.5.2.2.3.2. <i>Test de cálculo indirecto para el control de la FDM (1RM) en el ejercicio de Remo Sentado con agarre estrecho (RS)</i>	136
II.5.2.2.3.3. <i>Test de cálculo indirecto para el control de la FDM (1RM) en el ejercicio de Prensa Atlética (PAT)</i>	138
II.5.2.2.4. <i>Protocolo para la determinación de la Potencia Aeróbica y la Capacidad Anaeróbica mediante el Special Judo Fitness Test</i>	139
II.5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	142
II.5.3.1. Estadística descriptiva	143
II.5.3.2. Estadística inferencial	143

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL TEST DE RESISTENCIA	149
III.1.1. CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO₂máx)	149
III.1.2. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE EL VO₂máx	151
III.1.3. UMBRAL ANAERÓBICO	161
III.1.4. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE EL UMBRAL ANAERÓBICO	162
III.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL TEST DE FUERZA: POTENCIA MÁXIMA Y FDM	164
III.2.1. ANÁLISIS DE LA POTENCIA MÁXIMA EN PRESS DE BANCA	164
III.2.2. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE LA POTENCIA MÁXIMA EN EL EJERCICIO DE PRESS DE BANCA	169
III.2.3. ANÁLISIS DE LA FDM EN REMO SENTADO	172
III.2.4. ANÁLISIS DE LA FDM EN PRESS DE BANCA	174
III.2.5. ANÁLISIS DE LA FDM EN PRENSA ATLÉTICA	175
III.2.6. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL	

ENTRENAMIENTO CONCURRENTE DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE LA FDM.....	177
III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL SPECIAL JUDO FITNESS TEST.....	183
III.3.1. ÍNDICE.....	183
III.3.2. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTE DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE EL ÍNDICE DEL SPECIAL JUDO FITNESS TEST.....	184
 CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE ESTUDIO	
IV.1. CONCLUSIONES.....	191
IV.2. PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	191
 CAPÍTULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 195
 CAPÍTULO VI. ANEXOS.....	 217

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS DEL CAPÍTULO I

Figura I-1. Diferentes formas de vencer al adversario en Judo.....	26
Figura I-2. Representación de la relación existente entre los términos que determinan el concepto de manifestación de la fuerza (tomado de Chiroso, 2003).....	42
Figura I-3. Clasificación de las manifestaciones de la fuerza realizada por Tous (1999) a partir del modelo de Vittori (1990).....	44
Figura I-4. Características de las manifestaciones de la fuerza en el deporte (tomado de González-Badillo y Ribas, 2002). PMF: pico máximo de fuerza, FIM: fuerza isométrica máxima, FDM: fuerza dinámica máxima, FDMR: fuerza dinámica máxima relativa, N: newton, 1RM: 1 repetición máxima, kg: kilogramos, N/s: newton/segundo.....	45
Figura I-5. Valores de la fuerza dinámica máxima relativa, donde se aprecia que cuando la carga es inferior a la FIM o la FDM, el PM que se puede alcanzar es progresivamente menor (modificado de González-Badillo y Gorostiaga, 1995 por Chiroso, 2003).....	47

Figura I-6. Curva de potencia y relación con la curva f-v (Tihany, 1988 citado por Bonitch, 2006)..... 52

Figura I-7. Manifestaciones de la fuerza implicadas en una acción desde el agarre hasta la proyección (adaptado de Bosco, 2000). **1.** Lucha por el agarre, **2.** Agarre, **3.** Dominio o mantenimiento de una posición, **4.** Desequilibrio, **5.** Proyección. La resistencia de fuerza estaría presente a lo largo de los 5 minutos que dura el combate..... 57

ÍNDICE DE FIGURAS DEL CAPÍTULO II

Figura II-1. Evolución de la muestra desde el comienzo de la experimentación hasta el final del estudio..... 105

Figura II-2. Estructura de la planificación del entrenamiento..... 123

Figura II-3. Plan de trabajo para los tres grupos de estudio..... 125

Figura II-4. Protocolo de calentamiento y vuelta a la calma realizado en los distintos controles y durante los entrenamientos..... 132

Figura II-5. Test específico de Judo (SJFT) para la determinación de la potencia aeróbica y la capacidad anaeróbica..... 142

ÍNDICE DE FIGURAS DEL CAPÍTULO III

Figura III-1. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: P<0.001, **Nivel de cambio muy significativo: P<0.01..... 150

Figura III-2. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento..... 162

Figura III-3. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento expresado en %..... 167

Figura III-4. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F-R(2) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento expresado en %..... 168

Figura III-5. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento expresado en %..... 168

Figura III-6. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: P<0.001..... 173

Figura III-7. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: P<0.001, **Nivel de cambio muy significativo:

ÍNDICES

P<0.01.....	175
Figura III-8. Resultados del efecto de entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: P<0.001, **Nivel de cambio muy significativo: P<0.01.....	177
Figura III-9. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), Incremento y ↓ Reducción del rendimiento.....	184

ÍNDICE DE FIGURAS DEL CAPÍTULO VI

Fig VI-1. Distribución de los ejercicios en el COPTTEST.....	228
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS DEL CAPÍTULO I

Tabla I-1. Metaanálisis de la estructura temporal del combate de Judo.....	29
Tabla I-2. Contribución de energía aeróbica y anaeróbica durante diferentes períodos de ejercicio máximo (tomado de Gastin, 2001).....	31
Tabla I-3. Estudio de la composición corporal en judokas de sexo masculino (adaptado de Franchini, 2001).....	35
Tabla I-4. Estudio de la composición corporal en judokas de sexo femenino (tomado de Franchini, 2001).....	36
Tabla I-5. Definición de resistencia según diversos autores (tomado de Navarro, 1998).....	59
Tabla I-6. Tipos de resistencia según distintas clasificaciones (tomado de Zintl, 1991).....	60
Tabla I-7. Valores de VO ₂ máx en judokas de la élite mundial.....	65
Tabla I-8. Modificaciones neurales, estructurales y hormonales obtenidas con el entrenamiento de fuerza y el de resistencia (modificado de Deakin, 2004).....	72
Tabla I-9. Trabajos concurrentes y su efecto sobre la fuerza.....	83
Tabla I-10. Trabajos concurrentes y su efecto sobre la resistencia.....	89
Tabla I-11. Interferencia en el desarrollo de la fuerza mediante un diseño concurrente.....	96
Tabla I-12. Trabajos donde no se ha producido interferencia sobre la fuerza con el entrenamiento concurrente.....	97

ÍNDICE DE TABLAS DEL CAPÍTULO II

Tabla II-1. Tamaño de la muestra, valores promedio y desviación estándar de los tres grupos de estudio referidos a la edad, talla y peso corporal.....	104
Tabla II-2. Entrenamiento de Fuerza con 3 series. FEM: fuerza explosiva máxima, FDMR: fuerza dinámica máxima relativa. En ambos casos se trabaja con un porcentaje de una repetición máxima (1RM).....	126
Tabla II-3. Entrenamiento de Fuerza con 4 series. FEM: fuerza explosiva	

máxima, FDMR: fuerza dinámica máxima relativa. En ambos casos se trabaja con un porcentaje de una repetición máxima (1RM).....	126
Tabla II-4. Entrenamiento de Resistencia en circuito. UAE: umbral aeróbico o VT1, Fc: frecuencia cardiaca.....	127
Tabla II-5. Combinación del entrenamiento en F-R(1) para el bloque de 3 series.....	128
Tabla II-6. Combinación del entrenamiento en F-R(1) para el bloque de 4 series.....	129

ÍNDICE DE TABLAS DEL CAPÍTULO III

Tabla III-1. Valores promedio y desviación estándar del VO ₂ máx en los grupos de estudio.....	149
Tabla III-2. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2...	150
Tabla III-3. Valores promedio y desviación estándar del umbral anaeróbico en los grupos de estudio.....	161
Tabla III-4. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.....	162
Tabla III-5. Valores promedio y desviación estándar de la Potencia Máxima en Press de Banca.....	165
Tabla III-6. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo con 12kg en el T1 y T2.....	166
Tabla III-7. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo con 22kg en el T1 y T2.....	167
Tabla III-8. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo con 32kg en el T1 y T2.....	167
Tabla III-9. Valores promedio y desviación estándar del test de Remo en los grupos de estudio.....	172
Tabla III-10. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.....	173
Tabla III-11. Valores promedio y desviación estándar del test de Press de Banca en los grupos de estudio.....	174
Tabla III-12. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.....	175
Tabla III-13. Valores promedio y desviación estándar del test de Prensa en los grupos de estudio.....	176
Tabla III-14. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.....	176
Tabla III-15. Valores promedio y desviación estándar del test de Judo en los grupos de estudio.....	183
Tabla III-16. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.....	184
Tabla III-17. Significación (S) de todas las variables entre el T1 y T2 en los tres grupos de estudio.....	188

ÍNDICE DE TABLAS DEL CAPÍTULO VI

Tabla VII-1. Calificación de la condición física en función del índice..... 227

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS DEL CAPÍTULO II

Foto II-1. Tallímetro incorporado a la báscula..... 111
Foto II-2. Isocontrol Dinámico 3.6..... 114
Foto II-3. Material empleado en el SJFT. Planillas de Registro, Pulsómetro, Cronómetro y Judogi..... 115
Foto II-4. Pulsómetro Polar S610 y Cronoimpresora (Seiko-Plastic 5111-5009).. 115
Foto II-5. Bandas Elásticas..... 116
Foto II-6. Saltadores..... 117
Foto II-7. Espalderas para la sujeción de las Bandas Theraband..... 117
Foto II-8. Barras y Discos..... 118
Foto II-9. Banco de Press..... 119
Foto II-10. Máquina para Remo..... 119
Foto II-11. Prensa Atlética..... 119
Foto II-12. Laboratorio de Valoración Biológica del Esfuerzo Físico. Tapiz Rodante, CPX y Material Fungible..... 120
Foto II-13. Desfibrilador..... 121
Foto II-14. Ejecución de la prueba en Tapiz Rodante..... 133
Foto II-15. Ejercicio de Press de Banca y músculos implicados para medir la potencia del tren superior..... 135
Foto II-16. Ejercicio de Remo y músculos implicados para la determinación de la FDM..... 138
Foto II-17. Ejercicio de Prensa Atlética y músculos implicados para la determinación de la FDM..... 139

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS DEL CAPÍTULO VI

ANEXO VI-1. CUESTIONARIO SUJETO EXPERIMENTAL..... 215
ANEXO VI-2. CUESTIONARIO COLABORADORES..... 216
ANEXO VI-3. FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO DE LOS SUJETOS EXPERIMENTALES..... 217
ANEXO VI- 4. FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO DE LOS COLABORADORES..... 218
ANEXO VI-5. FICHA PARÁMETROS BIOMÉTRICOS..... 219
ANEXO VI-6. ENTRENAMIENTO FUERZA GRUPO F y F-R(2)..... 220
ANEXO VI-7. CIRCUITO RESISTENCIA GRUPO F-R(2)..... 221
ANEXO VI-8. ENTRENAMIENTOS FUERZA Y RESISTENCIA GRUPO F-R(1)..... 222
ANEXO VI-9. SPECIAL JUDO FITNESS TEST..... 223

ANEXO VI-10. TESTS ESPECÍFICOS DE JUDO..... 224

GLOSARIO

ATP	Adenosin trifosfato.
ADN	Acido desosirribonucleico.
Ashi Waza	Técnicas de cadera.
Fc	Frecuencia cardiaca.
FDM	Fuerza dinámica máxima.
FDMR	Fuerza dinámica máxima relativa.
FEM	Fuerza explosiva máxima.
FECO₂	Concentración del CO ₂ en el aire espirado.
H⁺	Protón.
Harai Goshi	Barrido con la cadera.
Ippon	Victoria por la máxima puntuación.
Ippon Seoi Nage	Proyección por un hombro cargando sobre la espalda.
Judogi	Indumentaria utilizada por el judoka.
Kg	Kilogramos.
Koshi Waza	Técnicas de cadera.
Kumikata	Agarre.
Ko Uchi Gari	Pequeña siega interior.
m	Metros.
ms	Milisegundos.
N	Newton.
O Uchi Gari	Gran siega interior.
Osae komi	Inmovilización.
O₂	Oxígeno.

pH	Logaritmo negativo de la actividad de los iones H^+ .
PETCO₂	Presión telespiratoria de CO ₂ .
PCr	Fosfocreatina.
PMF	Pico máximo de fuerza.
RM	Repetición máxima.
RFD	Rate of force developement.
SJFT	Special Judo Fitness Test.
Sutemi	Técnica de sacrificio.
Seoi Nage	Proyección cargando sobre la espalda.
Shizei	Postura.
Tatami	Practicable.
Te Waza	Técnicas de brazos.
Tori	Atacante.
Uchi Mata	Siega al interior del muslo.
Uchi Komi	Repetición de una técnica, bien por tiempo o por repeticiones.
Uke	Defensor.
VO₂máx	Consumo máximo de oxígeno por minuto.
%VO₂máx	Porcentaje del consumo de oxígeno con respecto al consumo máximo de oxígeno.
VO₂	Consumo de oxígeno.
VT1	Umbral aeróbico o primer umbral.
VT2	Umbral anaeróbico o segundo umbral.
VE	Ventilación pulmonar por minuto.
VE/VO₂	Cociente entre la ventilación pulmonar y

ÍNDICES

	el consumo de oxígeno. Equivalente ventilatorio para el oxígeno.
VE/VCO₂	Relación ventilación/aumento de la producción de CO ₂ . Equivalente ventilatorio para el anhídrido carbónico.
Wazaari	Calificación obtenida por un judoka correspondiente a 7 puntos.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar el efecto de distintas metodologías de entrenamiento concurrente de fuerza y de resistencia sobre el rendimiento en Judo, evaluado mediante tests generales y específicos. Para ello, se han establecido tres grupos de sujetos mediante un diseño cuasi-experimental, siguiendo un muestreo aleatorio no probabilístico accidental. Los colaboradores han sido estudiantes de educación física, con una media de edad de 19-22 años y cierta experiencia en la modalidad, a los cuales, se les ha aplicado un tipo de acondicionamiento. Un grupo trabajó sólo la fuerza, denominado grupo control F y formado por 8 sujetos; otro entrenó primero la resistencia aeróbica, seguida de un trabajo de fuerza explosiva y resistencia de fuerza [F-R(2)], con un período de descanso entre ambas sesiones de seis horas y compuesto por 8 participantes; el último grupo [F-R(1)], integrado por 7 sujetos, ejecutó el mismo entrenamiento diseñado para el grupo F-R(2), aunque en una misma sesión. Dicho trabajo se evaluó mediante un test incremental en tapiz (VO_2 máx y Umbral Anaeróbico), un test para valorar la Potencia Máxima, otro más para establecer la FDM y un test específico de Judo.

Los resultados mostraron que para la variable VO_2 máx se consiguieron mejoras significativas para los grupos que trabajaron de forma concurrente [$P=0.001$ para F-R(1) y $P=0.009$ para F-R(2)], disminuyendo dichas mejoras una vez concluido el entrenamiento. Para el umbral anaeróbico, no se alcanzaron mejoras significativas en ninguno de los grupos de estudio.

Para la potencia máxima observamos que el grupo F la incrementó de forma altamente significativa, con una carga correspondiente al 20% de la FDM aproximadamente. A medida que la carga aumentó (en torno al 31- 45% de la FDM), detectamos incrementos muy significativos, aunque algo inferiores que con una carga menos elevada. Si atendemos al grupo F-R(2), las ganancias fueron significativas con cargas comprendidas entre el 23 y 43% de la FDM, siendo las incrementos de potencia inferiores cuando la carga fue superior. Además, el trabajo complementario de resistencia no supuso ningún obstáculo para el desarrollo de la potencia. Sin embargo,

RESUMEN

en el grupo F-R(1) la potencia más alta se consiguió con el 44,09% de la FDM, logrando resultados altamente significativos, mientras que con cargas inferiores (20 y 30% de la FDM) los beneficios se vieron reducidos. Al igual que en el grupo F-R(2), el entrenamiento de la resistencia no interfirió en el progreso de la potencia. Finalmente, todos los grupos mostraron un declive en la potencia tras concluir el período de entrenamiento.

En el caso de la FDM en el ejercicio de remo, todos los grupos lograron mejoras significativas [P=0.001 para el grupo F, P=0.01 en el grupo F-R(2) y P=0.04 para el grupo F-R(1)], ocurriendo lo mismo en el ejercicio de press de banca [P=0.001 en el grupo F, P=0.001 en el grupo F-R(2) y P=0.002 para el grupo F-R(1)] y en prensa atlética [P=0.001 para el grupo F, P=0.001 para el F-R(2) y P=0.002 para el F-R(1)]. Finalizado el entrenamiento se produjo una ligera regresión en los resultados.

En cuanto al índice del Special Judo Fitness Test, los datos muestran que no se produjo una mejora del mismo en ninguno de los grupos estudiados.

Por tanto, podemos concluir que el entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia aplicado a nuestros sujetos, tanto en dos sesiones como en una, consiguió incrementar ambas cualidades sin producir interferencias entre ambas.



Universidad de Granada
Dpto. Educación Física y Deportiva
F.C.C.A.F. y D.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO



I.1. MARCO TEÓRICO

I.1.1. EL JUDO

El Judo es un deporte individual de lucha con agarre, cuyo objetivo es vencer al adversario, bien mediante una proyección bien mediante acciones en el suelo con el propósito de inmovilizar, luxar o estrangular.

En el combate se enfrentan dos judokas durante 5 minutos¹, uniformados con *judogis*² de los colores correspondientes y distribuidos por categorías (sexo, edad y peso). El encuentro se desarrolla sobre el *tatami*³, que está acotado por zonas que determinan la actuación de los competidores y sobre el que se sitúan el árbitro y los jueces.

Una vez ubicados sobre el *tatami* los competidores, intentarán vencer a su adversario (ver figura I-1), para lo cual, aplicarán cada uno de los parámetros condicionantes del rendimiento como son la técnica, la táctica, la condición física, el reglamento y los parámetros psicobiológicos.

Desde el punto de vista de la competición, el Judo se caracteriza por la intermitencia de sus acciones (en lo que al esfuerzo se refiere) y por los intervalos breves de descanso, determinando la participación de distintas vías metabólicas durante el combate. Estas vías pueden ser estimadas indirectamente a través de la estructura temporal del mismo, aspecto que tratamos a continuación.

¹ Este tiempo es sólo para la categoría senior [reglamento de la International Judo Federation, 2003 (IJF)].

² El judogi es el uniforme reglamentario (Art. 3 del reglamento de la IJF).

³ Zona donde se desarrolla el combate. El área de competición tiene unas dimensiones mínimas de 14mx14m y máximas de 16mx16m, mientras que el área de combate mide 8mx8m o 10mx10m (Art. 1 de la IJF).

I.1.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TEMPORAL Y REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DEL COMBATE

El estudio de los factores estructurales y del metabolismo energético posibilitará el análisis fisiológico de este deporte, a partir del cual se organizará el entrenamiento. Este análisis temporal proporciona información muy valiosa en lo que a la naturaleza del esfuerzo se refiere, estimando indirectamente el coste energético y el reparto de los tiempos de detención temporal a lo largo del combate (Gorostiaga, 1998).

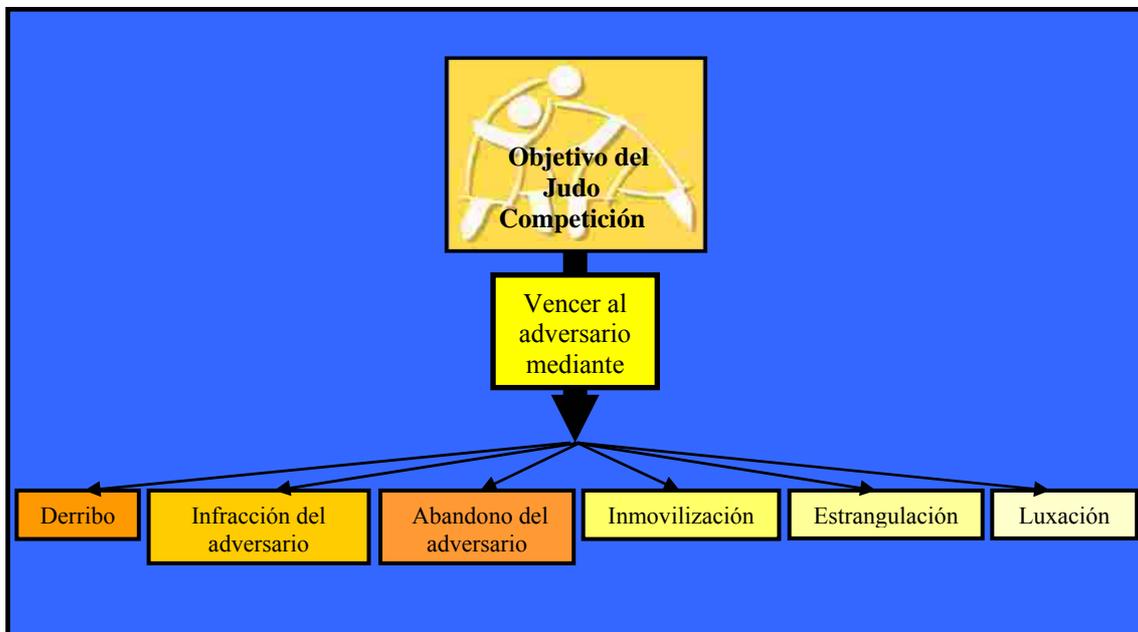


Figura I-1. Diferentes formas de vencer al adversario en Judo.

En este sentido, la duración total de un combate (TT) se puede expresar como la suma de la duración del tiempo real (TR) o tiempo que los judokas están compitiendo y el tiempo de detención temporal (TD) o tiempo de pausa. Los 5 minutos se dividen a su vez en 5 unidades de tiempo real (UTR) de 1 minuto. De este modo, podemos establecer que:

$$TT (>5') = TR (5') + TD (>0')$$

Desde una perspectiva eminentemente teórica, la frecuencia y la duración del TD debería distribuirse uniformemente a lo largo de los 5 minutos de TR, es decir, la duración del TD en cada UTE sería similar. Admitiendo esta hipótesis y la relación inversa entre la intensidad relativa de una actividad y su duración (Astrand et al, 1997 citado por Bonitch, 2006), se puede admitir que un aumento del TD para una UTE determinada, refleja un descenso en la intensidad de la fase correspondiente a dicha UTE. De manera inversa, valores pequeños de TD revelan fases del combate de una intensidad relativamente alta. En el caso de cifras similares de TD durante cada UTE, la explicación encontrada es que dicha intensidad, a lo largo del combate, ha sido constante.

Por tanto, el Judo, caracterizado por períodos breves de descanso y esfuerzos de alta intensidad, necesita de una gran participación del metabolismo anaeróbico al comienzo del combate, aunque al final del mismo prevalece el metabolismo aeróbico (Tabata, 1997). Así, los judokas necesitan tener sistemas energéticos mixtos para mantener la intensidad óptima durante el encuentro (Thomas, 1989).

Como expusimos, los combates se suceden a lo largo de 5 minutos de lucha efectiva, aunque en realidad pueden tener una duración menor (en el caso de que se ejecute un *ippon*⁴, se produzca una descalificación o abandono por lesión) o mayor, si consideramos las pausas durante la lucha. En este caso, el encuentro se puede prolongar hasta 7 minutos o más, según los datos de autores como Castarlenas y Planas (1997), Degoutte et al. (2003), Dopico (2002), Gorostiaga (1998), Idarreta (1997), Iglesias y Dopico (2004), Lehmann (1997) y Sáez et al. (2002), alcanzándose dicho tiempo en el 80% de los casos (Arruza, 1991).

Esta organización temporal fraccionada, donde se alternan periodos de trabajo y pausa durante el enfrentamiento, determina que el esfuerzo sea discontinuo y de intensidad variable. Si además atendemos a las acciones específicas del Judo, igualmente la fase de actividad tampoco es homogénea, pues la lucha se desarrolla tanto en situación de pie como en suelo (Clavel et al., 2000).

⁴ Máxima puntuación que se puede obtener en Judo. El *Ippon* también se puede conseguir si uno de los judokas ha obtenido dos *Wazaaris* (Art. 23 de la IJF, 2003).

Asimismo, debemos considerar que los judokas realizan varios encuentros en un mismo día con intervalos breves de descanso entre los mismos [aproximadamente 10 minutos, (IJF, 2003)], circunstancia que determinará la planificación del entrenamiento.

Diversos investigadores han analizado el binomio trabajo-descanso en eventos de relevancia (campeonatos del mundo, europeos y juegos olímpicos), concluyendo que el tiempo de lucha oscila entre 15 y 30 segundos y el período de pausa entre 8 y 12 segundos (Dopico, 2002). De esta forma, podemos establecer una relación de 2:1 o 3:1 (Pulkkinen, 2001). Sin embargo, probablemente existan restricciones en la utilización de la media de trabajo y pausa como parámetro estadístico, si el objetivo es determinar la duración total del esfuerzo (Clavel et al., 2000). Esto se debe a que en Judo hay un límite tanto en el tiempo como en la puntuación. Por ello, los investigadores consideran que el estadístico sería más fiable si los combates se clasificasen por la duración del enfrentamiento, es decir, si se calculase la media de los intervalos de esfuerzo en combates que finalizan en 1 minuto de tiempo real (incluyendo las pausas si existen), en combates de 2 minutos y así, hasta agotar los 5. En la tabla I-1 se muestran los datos obtenidos en el análisis temporal durante competiciones oficiales.

Si hacemos un análisis general de los datos aportados por Monteiro (1995), en lo que a la estructura temporal se refiere, apreciamos que el tiempo de trabajo hasta el minuto 3 llega a 27 segundos, disminuyendo éste en el 4 y 5. De forma paralela, a la vez que se produce el descenso del tiempo de trabajo, aumenta el de pausa. Por tanto, como se observa a lo largo del combate, el judoka se fatiga y por tanto, el tiempo de descanso ha de incrementarse para recuperar.

Así, el Judo se considera un ejercicio intermitente de alta intensidad donde se suceden esfuerzos submáximos, máximos y supramáximos y recuperaciones incompletas que provocan elevadas concentraciones de lactato. Esta afirmación se fundamenta en trabajos como los de Amorin (1994), Cavazani (1991), Sanchís (1991) y Thomas et al. (1989), los cuales, definen al Judo como una actividad de alta intensidad, donde se producen acciones explosivas de forma intermitente y otras relativamente lentas, tanto en situación estática como dinámica.

Tabla I-1. Metaanálisis de la estructura temporal del combate de Judo.

Autor/es	T. Trabajo (seg)	T. Pausa (seg) durante combate
<i>lucha pie y suelo</i>		
<i>Castarlenas y Planas (1997)</i>	18,0±8,5	12,4±4,1
<i>Dopico (2002)</i>	25-30	8-12
<i>Lehmann (1997)</i>	20-30	5-15
<i>Monteiro (1995)</i>		
1º min de lucha	25,8±7,8	9,5±3,2
2º min de lucha	27,0±9,0	10,4±4,5
3º min de lucha	27,0±9,7	13,4±7,6
4º min de lucha	22,4±9,3	13,2±7,3
5º min de lucha	18,9±10,4	13,9±9,0
Media	24,2±9,2	12,1±6,3
<i>lucha pie / lucha suelo</i>		
<i>Rosa et al. (2003)</i>		
- 60 kg	26,18±13,57 5,47±2,42	6,26±2,91
- 66 kg	31,90±18,96 9,14±8,20	5,65±2,06
- 73 kg	21,12±15,82 15,58±10,01	7,66±6,00
- 81 kg	38,12±29,75 11,88±7,77	8,52±7,67
- 90 kg	29,67±21,13 12,00±7,09	9,14±5,11
- 100 kg	23,40±17,11 8,57±3,18	8,43±6,13
+ 100 kg	42,14±20,88 5,20±0,84	7,73±3,47
Media	30,36±19,60 9,69±5,64	7,63±4,76
<i>Sikorski et al. (1987)</i>	30,0	13,1
<i>Sterkowicz y Maslej (1998)</i>	25,1	10,3

También Iglesias et al. (2002) califican al Judo, en función de las exigencias condicionales, como una suma de esfuerzos de intensidad variable, intercalados por pausas incompletas en un tiempo superior a 5 minutos. En este sentido, el Judo se presenta como una actividad de potencia aeróbica con implicación de la capacidad anaeróbica láctica (Albuquerque, 2002; Brancht et al., 1982; Drigo et al., 1994; Franchini et al., 1999a; Franchini et al., 1999b; Little, 1991; Sharp y Koutedakis 1987 citados por Pulkkinen, 2001; Takanashi, 1992; Villa et al., 2000).

Igualmente, Konopka (1988) sitúa al Judo dentro de las tareas anaeróbico lácticas, debido al carácter intermitente y a la elevada intensidad de trabajo. Las interrupciones constantes durante la lucha permiten ejecutar esfuerzos de estas características a lo largo de 30 segundos aproximadamente, aunque estas pausas son insuficientes para que el lactato producido sea aclarado (Monteiro, 2001). Esto se demuestra por las concentraciones de lactato registradas en competidores de élite, que están en torno a 10-18mM/l (Amorin, 1994; Dopico, 2002; Drigo et al., 1994; Ebine et al., 1991; Gorostiaga, 1998; Iglesias et al., 2002; Solé et al., 1998). Precisamente, el valor del citado metabolito nos proporciona información sobre el estado físico del judoka, relacionando a aquellos que acumulan menor cantidad de lactato al final de la lucha con un mayor número de victorias (Cavazani, 1991) y estableciendo una relación inversamente proporcional entre el ácido láctico y las posibilidades de éxito durante el asalto (Drigo et al., 1994).

De todo lo expuesto sobre intensidad y duración de los esfuerzos e implicación metabólica, se deduce que el estado del sistema anaeróbico es fundamental para el desempeño en Judo, pues permite mantener un ritmo elevado en el combate y la posibilidad de aplicar las técnicas en las mejores condiciones. Ahora bien, si atendemos a los tiempos totales de lucha, el sistema aeróbico juega un papel determinante en este deporte. Ciertos investigadores consideran que la sucesión de esfuerzos de tipo intermitente favorece una mayor participación de esta ruta aeróbica (Callister et al., 1991; Franchini et al, 2001; García, 2004; Gastin, 2001; Little, 1991; Taylor y Brassard, 1981; Thomas et al., 1989), debido a la aceleración de la cinética del VO_2 . En este sentido, un buen estado de rendimiento aeróbico mejora la recuperación en un esfuerzo intenso, participando tanto en el soporte energético durante el trabajo como incrementando la velocidad de recuperación (Tomling y Weger, 2001 citados por Feriche y Delgado, 2003).

Conjuntamente, se comprueba que para conseguir el éxito deportivo hay que tener una buena capacidad aeróbica (consumo máximo de oxígeno de 55-65 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ en hombres y 45-50 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ en el caso de las mujeres), para que el judoka recupere con mayor eficacia en los intervalos de descanso. Así, Gastin

(2001) muestra la trascendencia del sistema aeróbico durante la actividad intermitente de alta intensidad, sobre todo a partir de 75 segundos tras el comienzo del ejercicio, momento a partir del cual, el aporte energético por ambas vías es similar (tabla I-2).

Tabla I-2. Contribución de energía aeróbica y anaeróbica durante diferentes periodos de ejercicio máximo (tomado de Gatin, 2001).

DURACIÓN DEL EJERCICIO EXHAUSTIVO (seg)	% ANAERÓBICO	% AERÓBICO
0-10	94	6
0-15	88	12
0-20	82	18
0-30	73	27
0-45	63	37
0-60	55	45
0-75	49	51
0-90	44	56
0-120	37	63
0-180	27	73
0-240	21	79

Estos argumentos permiten calificar al Judo como una actividad acíclica, intermitente y de alta intensidad, donde el requerimiento energético depende de la potencia desarrollada. Por ello, cuanto más alta sea la solicitud de ésta, más intensas y continuas serán las contracciones musculares y más elevadas las demandas de ATP por unidad de tiempo. Igualmente, el metabolismo aeróbico resultará insuficiente por sí sólo para satisfacer las necesidades de ATP en la unidad de tiempo, siendo una fracción importante de este sustrato resintetizado por las vías anaeróbicas (López et al., 1995 citados por Dorado, 1996). Además, las acciones cuya intensidad provocan el agotamiento en menos de 4 minutos evitan alcanzar el VO_2 máx (López et al., 1995), por lo que el metabolismo anaeróbico cubre este déficit de oxígeno. Es probable que la inviabilidad para lograr el VO_2 máx se deba a un suministro insuficiente de O_2 a la musculatura activa.

Consecuentemente, las principales causas de fatiga en Judo son las concentraciones elevadas de lactato sanguíneo durante el combate (Amorin, 1994; Cavazani, 1991; Robles et al., 2002; Wilmore y Costill, 2004), que interrumpen o reducen la intensidad del ejercicio (Franchini et al., 2001b), la capacidad para tolerar y aclarar este metabolito, la depleción de reservas de ATP y PCr (Bompa, 1990; Feriche y Delgado, 2003) y la imposibilidad de producir fuerza. Por ello, la finalidad de la preparación física debe centrarse en desarrollar de forma conjunta los sistemas aeróbios y anaeróbios sin que se produzcan interferencias. En este caso, se intentará reducir la demanda de glucosa vía glucólisis, utilizando mayor cantidad de ácidos grasos y prolongando el tiempo hasta que aparezca la fatiga. Así, conseguiremos optimizar la habilidad de recuperación por una apresurada resíntesis de fosfatos y glucógeno, aspecto fundamental para el restablecimiento entre combates.

Para finalizar, el estudio de la dinámica temporal no sólo permitirá al competidor realizar continuos ajustes en la forma de dirigir el enfrentamiento, sino también llevar a cabo la planificación deportiva (Idarreta y Gutiérrez, 2005), ajustada a las verdaderas exigencias del deporte y no siguiendo modelos teóricos rígidos.

I.1.3. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE DETERMINAN EL RENDIMIENTO DEL JUDOKA

En los últimos años, la preparación integral ha adquirido una importancia suprema en el entrenamiento del judoka. Dicha preparación sólo es posible si se conocen los elementos que intervienen en el deporte, es decir, hay que partir de las características intrínsecas de la competición. Además, este análisis no debe centrarse en un sólo combate, sino en el estudio de la competición en su conjunto, pues a medida que transcurre el campeonato se requieren otras capacidades que faciliten la recuperación del deportista (Mansilla y García, 1999).

En el caso que nos ocupa, vamos a centrarnos en el perfil funcional y el somatotipo del judoka, por la relación que existe con las categorías de peso y su actuación en la lid. Además, estudiaremos dos de las cualidades físicas predominantes

en el combate como son la fuerza, indispensable para realizar el movimiento y la resistencia, que suministra la energía necesaria para que se produzca el mismo.

I.1.3.1. Análisis del perfil funcional del judoka

El reglamento de la I.J.F. (2003) especifica que los combates se realizan por categorías de peso⁵. Esta variable obstaculiza la descripción de un perfil estandarizado del judoka, pues las implicaciones fisiológicas de las categorías ligeras difieren de las pesadas (Callister et al., 1991; Mansilla et al., 2001; Solé et al., 1998).

Ciertas investigaciones muestran la existencia de dos perfiles energéticos en función del metabolismo requerido, uno de resistencia o aeróbico y otro explosivo o anaeróbico (Gariod et al., 1995). Arruza (1991) atribuye el perfil resistencia al judoka pesado (+100kg para los hombres y +78kg para las mujeres), el cual, intentará evitar en los primeros minutos un elevado gasto energético, adoptando una posición defensiva para secuenciar y controlar tanto los ataques como la intensidad de los mismos. Con esta actuación se consigue un mayor aporte de oxígeno a los músculos y una rápida recuperación. El perfil explosivo corresponde al judoka ligero (categorías de -60kg, -66kg en hombres y -48kg, -52kg en mujeres). En este caso, procurará alcanzar la mayor ventaja al inicio del combate, pues la intensidad no podrá conservarla a lo largo del mismo.

En los judokas que presentan un perfil resistencia se observa que, tras un ejercicio al 80% de la fuerza máxima voluntaria se produce una disminución inferior de PCr que en el perfil explosivo (Gariod et al., 1995). Además, la velocidad de resíntesis de este sustrato en la recuperación es más rápida que en el judoka explosivo y el VO₂máx es superior, básicamente por la implicación del metabolismo aeróbico y la actuación de las fibras musculares tipo I y IIa (Callister et al., 1991). Por último, Gariod et al. (1995) destacan que el perfil explosivo muestra un pH significativamente más bajo

⁵ Las categorías de peso entre hombres y mujeres son diferentes. Así, en la absoluta masculina los pesos reglamentarios son -60 kg, -66, -73, -81, -90, -100 y +100kg. En la categoría femenina el peso mínimo es de -48kg, pasando a los -52, -57, -63, -70, -78 y +78kg.

que el perfil resistencia, como consecuencia de una mayor cantidad de ácido láctico, participando en esta ocasión las fibras tipo IIx.

Por tanto, el perfil de cada judoka va a estar determinado tanto por la fuerza como por la resistencia, aunque en diferentes proporciones, de ahí que deban ser contempladas en la programación del entrenamiento deportivo.

I.1.3.2. Análisis de la composición corporal

Otros datos relacionados con las características físicas de los judokas son la composición corporal y el somatotipo. El conocimiento de dichos parámetros se hace aún más relevante considerando, como expusimos, que en Judo se compite por pesos, resultando arriesgado extrapolar datos entre éstos.

De los elementos integrantes de la estructura corporal (masa grasa, magra, ósea y residual), el porcentaje graso nos permitirá conocer las posibilidades que un judoka tiene de reducir su peso intencionadamente para la competición. La finalidad es luchar en una categoría más baja (aspecto ligado a un aumento de las posibilidades de éxito), sin que esto conlleve una disminución de masa magra o deshidratación. Además, la mayor parte de estudios con judokas de alto nivel sostienen que, un porcentaje graso inferior a un 10% está relacionado con un incremento en el desempeño deportivo, en términos de fuerza isométrica, amplitud de movimiento (ADM), equilibrio, potencia y capacidad aeróbica (Amorin et al., 1995; Nakajima et al., 1998).

En las tablas I-3 y I-4 podemos observar tanto la masa corporal como el porcentaje graso en ambos sexos de diversas categorías y nacionalidades.

Tabla I-3. Estudio de la composición corporal en judokas de sexo masculino (adaptado de Franchini, 2001).

AUTOR	PROCEDENCIA	N	MASA CORPORAL (kg)	% GRASO
Farmosi (1980)	Selección húngara	4	60-71	8,87±0,84
		4	+ 71	14,02±7,34
Taylor y Brassard (1981)	Selección canadiense	19	60,4-115,0	12,27±3,93
Kawamura et al. (1984)	Japoneses	13	63-125	13,49±5,75
	Franceses	10	64,5-94	9,6±1,51
Freitas (1985)	Brasileños de 12-15 años	16	46,0±5,4	11,1±2,6
Ohyabu et al. (1987)	Japoneses	12	66,4±2,8	13,2±1,7
		17	78,4±4,5	15,6±3,9
		22	104,5±11,5	27,2±9,2
Vidalin et al. (1988)	Franceses	10	68,7 (59-78)	10,5 (7,9-13,6)
Erp-Baart et al. (1989)	Varios países	28	68,7±10,0	8,7±2,5
Thomas et al. (1989)	Selección canadiense 1987	22	75,4±12,3	9,3±2,1
Callister et al. (1990)	Norteamericanos de élite	8	91,5±2,7	10,8±1,9
Callister et al. (1991)	Norteamericanos de élite	18	83,1±3,8	8,3±1,0
Little (1991)	Canadienses	17 juvenil-A	55,53±13,36	10,17±1,64
		9 junior	67,17±7,24	10,4±1,95
		17 senior	79,29±14,64	10,45±0,94
Takito et al. (1996)	Sao Paulo (nivel metropolitano)	11 juvenil-B	47,92±5,41	17,67±5,41
		32 juvenil-A	62,09±12,28	13,23±3,34
		8 junior	77,49±10,56	14,21±3,19
		12 senior	70,86±10,91	11,06±2,64
Pérez y Sanagua (1996)	Mundial juvenil -60 kg	10	60,64±1,36	8,03±1,26
	60-65	10	65,75±2,08	8,19±0,67
	65-71	12	70,68±1,62	8,75±1,63
	71-78	13	77,70±2,64	8,34±1,06
	78-86	9	85,27±2,07	10,10±3,18
Lobo et al. (1996)	Sao Paulo junior y senior	9	68,4±12,5	7,1±4,08
		6	111,67±10,86	12,15±3,26
Franchini et al. (1997)	Selección masculina universitaria	6	86,88±34,43	11,12±5,08
Franchini et al. (1998a)	Brasileños Juv A	8	48,2±7,0	-
	Juv B	15	61,0±2,9	-
	Juv C	9	76,2±10,3	-
	Adult A	7	62,7±4,0	-
	Adult B	14	75,6±4,2	-
Adult C	5	101,1±30,6	-	
Castro (1998)	Selección argentina	11	-	10,83±2,85
Silva et al. (1999)	Selección brasileña juegos panamericanos (99)	7	85,4±25,6	8,0±6,8
Franchini et al. (2000)	Brasileños juveniles	8	P. preparatorio 64,0±5,6	P. preparatorio 66,1±6,3
			P. competitivo 11,2±1,3	P. competitivo 10,3±1,2
Edmar et al. (2002)	Campeonato brasileño (liga nacional) juveniles -73/+73	40	50,4±4,2/64,1±5,3	11,4±2,5/16,3±5,3
	junior -73/+73	21	53,7±3,6/61,9±3,6	16±2,3/26,3±6,8
	senior -73/+73	26	53,6±4,5/64,6±7,5	18,6±4,3/25,2±6,1

Tabla I-4. Estudio de la composición corporal en judokas de sexo femenino (tomado de Franchini, 2001).

AUTOR	PROCEDENCIA	N	MASA CORPORAL (kg)	% GRASO
Vidalin et al. (1988)	Francesas	7	57,5 (48-80)	21,7 (17,9-38,1)
Callister et al. (1990)	Norteamericanas senior	7	56,3±0,9	15,8±1,2
Little (1991)	Canadienses junior	9	58,08±10,00	16,13±3,54
	senior	8	62,26±5,15	15,22±2,10
Callister et al. (1991)	Norteamericanas senior	9	53,8±1,6	15,2±1,0
Pérez y Sanagua (1996)	Mundial juvenil -48 kg	8	46,30±3,28	12,00±2,96
	48-52	6	53,27±1,65	11,97±2,50
	52-56	7	56,97±1,64	13,17±3,53
	56-61	10	60,87±1,73	12,97±2,75
	61-66	5	65,90±0,55	12,44±4,02
	66-72	8	71,89±1,01	14,39±2
	+72	5	85,44±13,46	18,62±1,31
Franchini et al. (1997)	Selección brasileña universitaria	7	66,87±16,31	16,08±3,01
Franchini et al. (1999 datos no publicados)	Selección brasileña (1999)	7	69,3±18,7	22,7±8,4

El somatotipo permite hacer una aproximación del estado físico de los judokas y su vinculación con las exigencias mecánicas de la especialidad. El método somatotipológico propuesto por Heath y Carter (1967) expresa tres componentes: endomórfico (que hace referencia a la masa grasa), mesomórfico (en este caso alude a la masa magra o desarrollo músculoesquelético) y ectomórfico o delgadez relativa. En las modalidades de lucha el componente mesomórfico es el más importante (Araujo et al., 1978 citados por Franchini et al, 2001; Claessens et al., 1986; Santos et al., 1993), tanto para el sexo masculino como femenino (Skalad et al., 1995 citados por Franchini, 2001).

Se ha observado como en las categorías más pesadas (relacionadas con el perfil resistencia) predomina el carácter endomórfico, factor que probablemente esté vinculado a la lentitud de movimientos en estos judokas (Sikorski et al., 1987). Autores como Ergen et al. (1985) y Enseñat et al. (1990) (citados por García, 2004) describieron conexiones entre aquellos elementos que definían el somatotipo y un test de potencia anaeróbica, certificando que las relaciones para el perfil endomórfico eran negativas, mientras que para los otros dos resultaron positivas. La justificación para este hecho fue

que un aumento del endomórfico podría acompañarse de un mayor porcentaje de grasa, suponiendo un obstáculo para el esfuerzo muscular. Posteriormente, este trabajo extra quedaría reflejado en un descenso del rendimiento para ejercicios de potencia anaeróbica (Portela et al., 1994 citados por García, 2004). Dichos estudios aportan datos muy interesantes al Judo, ya que se ha advertido, en diferentes grupos de élite, que el componente mesomórfico (que se da en la categoría ligera y media vinculadas al perfil explosivo) es el más adecuado para el esfuerzo anaeróbico (Claessens et al., 1986; Maas, 1974 y Matsumoto et al., 1967 citados por García, 2004).

Además de los parámetros descritos es interesante analizar la proporcionalidad e índice corporal. Actualmente los judokas, dentro de cada categoría, presentan un índice talla/peso alto, es decir, peso elevado respecto a la estatura, valores mínimos de grasa subcutánea, acentuado desarrollo muscular, anchura de hombros y caderas destacadas y perímetros amplios (Claessens et al. 1986; López, 1991).

También, estos resultados suministran información muy valiosa en cuanto al tipo de técnica que puede ser más efectiva para la morfología del judoka. Así, los competidores con miembros inferiores reducidos y poco ectomórficos (categoría ligera relacionada con el perfil explosivo) presentan mayor fluidez mecánica al efectuar las técnicas de brazo (*Te-Waza*) o aquellas que utilizan la cadera (*Koshi-Waza*) como punto de apoyo. Por su parte, los judokas con miembros inferiores largos y más ectomórficos (relacionados con el perfil resistencia), muestran una habilidad mecánica superior para ejecutar técnicas de piernas (*Ashi-Waza*) (Matchorcka et al., 1988; Pulkkinen, 2001; Santos et al., 1993). Estas referencias nos aportan los datos necesarios para adecuar los gestos específicos a la estructura corporal del judoka (Franchini, 2001).

En este sentido, la valoración cineantropométrica permitirá:

- Asesorar correctamente sobre la categoría en la que se puede participar, es decir, los kilos que pueden ganar o perder sin interferir en su rendimiento físico.

- Elaborar el perfil que caracteriza a los judokas en sus respectivas modalidades y que se acompaña del éxito deportivo.
- Monitorizar y estudiar a los judokas durante la temporada, constatando las modificaciones que el entrenamiento y la dieta producen en los diversos componentes del peso (López et al., 2000).

Por tanto, nos encontramos con dificultades para describir el perfil por la diversidad de categorías de peso, las cuales, proporcionan tipologías deportivas heterogéneas (Solé et al. 1998). Este dato es fundamental para la selección y detección temprana de talentos deportivos y para planificar los entrenamientos. Incluso, el mismo puede ser empleado para relacionar estas características con las técnicas utilizadas en los combates, cuyo objetivo será determinar qué somatotipo y qué gestos son los predominantes en cada peso (Villa et al., 1997). A medida que aumenta el peso el VO_2 máx relativo disminuye (Mansilla et al., 2001) y el porcentaje de grasa corporal aumenta, al igual que ocurre con la proporción de fibras tipo I y IIa (Callister et al., 1991).

I.1.3.3. Análisis de la condición física

La condición física es la suma ponderada de todas las cualidades motrices que son importantes para el rendimiento (Manno, 1991), estando las mismas presentes en el Judo. De todas ellas, la fuerza y la resistencia son las dos cualidades más importantes. En este sentido, Padial (1993) considera el papel de la fuerza como capacidad física central, necesaria para generar movimiento a través de las tensiones musculares. Además, estas tensiones se pueden aplicar durante un tiempo determinado, gracias a la utilización de las distintas vías metabólicas para obtener energía (junto a la capacidad volitiva de soportar una carga de trabajo en el tiempo), de ahí que centremos nuestra atención en éstas y sean objeto de estudio en los siguientes apartados.

I.1.3.3.1. La fuerza como capacidad fundamental en Judo. Concepto de fuerza

La fuerza es consecuencia de una acción muscular iniciada y dirigida en el sistema nervioso mediante procesos eléctricos. Desde el punto de vista físico, se ha considerado como cualquier acción o influencia capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

Para Gowitzike y Mizner (1999, pg. 17) “es cualquier acción que causa o tiende a causar un cambio en el movimiento de un objeto”. Siff y Verkhoshansky (2000) la definen como la capacidad de un músculo o grupo de músculos para generar una acción bajo determinadas condiciones. También se ha interpretado como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo, iniciar o detener el movimiento, aumentar o reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección (González-Badillo, 2000).

En el ámbito del entrenamiento deportivo⁶ la fuerza se entiende desde dos enfoques. Desde el punto de vista de la dinámica alude al efecto externo, generalmente observable, producido por la acción muscular, la tracción de la gravedad o la inercia de un cuerpo. Si atendemos a la fisiología del ejercicio, esta fuerza se concibe como la tensión generada por el músculo y se considera un proceso interno que puede tener relación con un objeto externo (carga o resistencia) o no, es decir, se obvia la interacción entre cuerpos.

Conviene matizar la descripción utilizada por algunos manuales de fisiología (Willmore y Costill, 2004) y de entrenamiento (Tous, 1999) en torno a la fuerza, pues se entiende como la máxima tensión que un músculo o grupo muscular puede generar, surgiendo la duda ante esfuerzos que implican intensidades menores.

Por tanto, partiendo de esta línea integradora podemos afirmar que la fuerza es la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante tensión muscular

⁶ Según García (1999, pg. 21), “...el entrenamiento deportivo es un proceso en el cual el deportista es sometido a cargas conocidas y planificadas que provocan en él una fatiga controlada que después de los suficientes y adecuados procesos de recuperación, se alcanzan superiores niveles de rendimiento que aparecen de manera estable y específica para cada disciplina deportiva”.

(Harre y Hauptmann, 1994; Hartman y Tünnemann, 1996; Zatsiorsky, 1995). Estas fuerzas (las internas producidas por los músculos esqueléticos y las externas por el peso, la resistencia al desplazamiento, a la deformación o el movimiento de los cuerpos) dan lugar a un nuevo concepto: la fuerza aplicada. Para González-Badillo y Ribas (2002. p. 13) es el “resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas, que pueden ser el propio peso corporal del sujeto o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al mismo”.

Por otro lado, los movimientos se ejecutan durante un cierto tiempo y por tanto, la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo empleado para conseguirla adquieren una vital importancia, especialmente en el deporte, donde esta capacidad se manifiesta en gestos que difícilmente se prolongan más allá de 300-350ms.

A partir de estas ideas, González-Badillo (2000) añade otra concepción que integra a los elementos comentados y que se considera específica para el entrenamiento deportivo. Así, la fuerza se concibe como la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna, la cual, se genera en el músculo o grupo de músculos en un tiempo dado.

Ciñéndonos al gesto deportivo, la fuerza aplicada debe ser justamente la necesaria para producir un movimiento concreto, obteniendo la *fuerza útil* o aquella que somos capaces de manifestar a la velocidad que se realiza el gesto deportivo, debiendo ser ésta la máxima posible. Por tanto, en función de la velocidad a la que se mide la fuerza máxima ejercida, un deportista tendrá múltiples niveles de ésta. Aquella que no se puede aplicar podemos decir que realmente no se tiene. En este sentido y adaptando la definición de Knuttgen y Kraemer (1987), la fuerza se entendería como la máxima tensión manifestada por el músculo o conjunto de grupos musculares a una velocidad determinada.

Para Harman (1993), la calificación más precisa de fuerza es la habilidad para generar tensión en condiciones específicas y que están determinadas por la posición del

cuerpo, el movimiento donde se aplica la fuerza, el tipo de activación y la velocidad del movimiento.

En el deporte no sólo interesa la fuerza aplicada en relación con la velocidad del movimiento, sino que también es importante considerar la fuerza que se puede emplear en un tiempo dado. Ante esta realidad se puede definir como la máxima tensión manifestada por el músculo en un momento determinado (González-Badillo y Gorostiaga, 1995).

Por tanto, atendiendo a la definición de Seiru-lo et al. (1996 citados por Chiroso, 2003), la fuerza es la capacidad condicional que permite superar o contrarrestar física y psíquicamente (mediante la actividad muscular) una carga específica de trabajo de alta y variable intensidad. Dicha carga se produce en intervalos cortos de tiempo, posibilitando un óptimo rendimiento en la ejecución de las necesidades coordinativas del juego.

I.1.3.3.2. Las manifestaciones de la fuerza

Según el Diccionario de la Real Academia Española (2001), el término *manifestar* significa *poner a la vista, descubrir*. Por tanto, las manifestaciones de la fuerza se pueden definir como las formas externas que adquieren las múltiples combinaciones de tres elementos: activación⁷, tensión⁸ y acción muscular⁹ (ver figura I-2).

La concreción de las manifestaciones en el deporte ha generado controversia entre autores. Se debe partir del hecho de que la fuerza no suele presentarse de forma pura, sino que lo hará en función de las necesidades de movimiento presentes en cada modalidad deportiva.

⁷ La *activación muscular* es el proceso por el que un músculo recibe un impulso eléctrico y libera energía necesaria para que se produzca la unión y desplazamiento de los filamentos de actina y miosina, que conlleva un acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa (Chiroso, 2003).

⁸ La *tensión muscular* es el grado de estrés mecánico que se produce en el eje longitudinal del músculo (González-Badillo, 2000).

⁹ La *activación* da lugar a tres tipos de *acciones musculares*: acortamiento o acción dinámica concéntrica, estiramiento o acción dinámica excéntrica o mantenimiento de la longitud o acción isométrica.

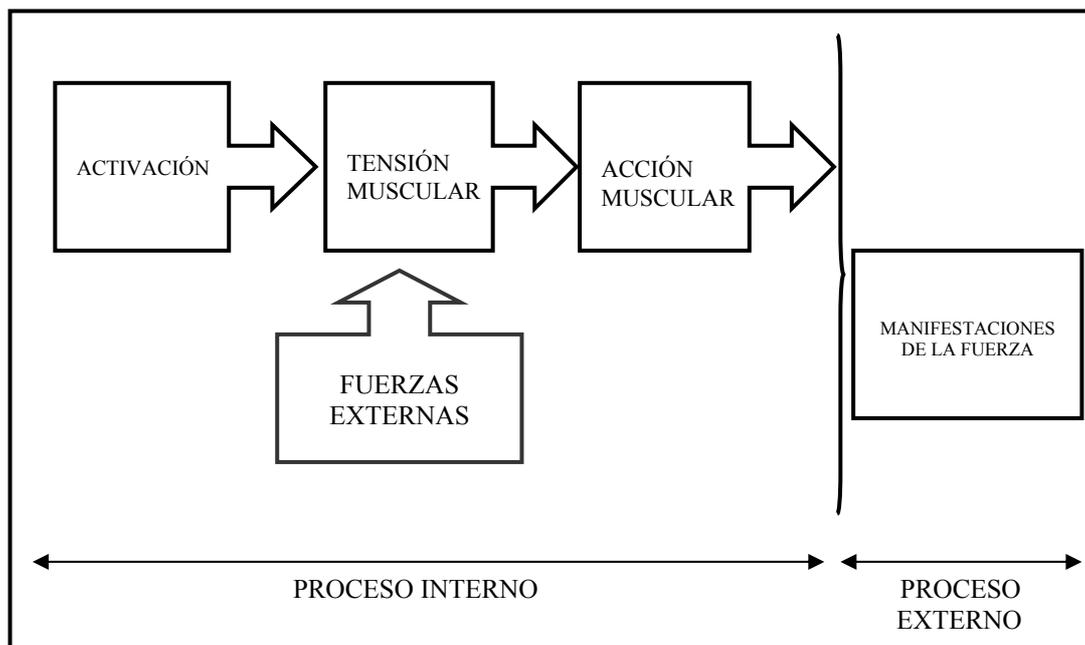


Figura I-2. Representación de la relación existente entre los términos que determinan el concepto de manifestación de la fuerza (tomado de Chiroso, 2003).

Tous (1999) realiza la clasificación más apropiada de las existentes, sustentándose en la taxonomía de Vittori (1990), una de las más aceptadas en el ámbito científico. Diferencia, en un primer nivel, entre una manifestación activa y una reactiva, aportando un tercer tipo que es la estática (ver figura I-3).

I.1.3.3.3. Las manifestaciones de la fuerza en el Judo

A continuación, vamos a analizar las manifestaciones de la fuerza desde otra perspectiva relacionada con el entrenamiento deportivo y en concreto, con el Judo.

En la figura I-4 se recogen las manifestaciones en acciones estáticas y dinámicas concéntricas según González-Badillo (2000) incluyendo, por un lado, terminología inusual hasta este instante y por otro, se reúnen todos los elementos significativos del rendimiento. Es una visión pragmática de las manifestaciones de la fuerza en el deporte.

Seguidamente, definiremos cada uno de los componentes que integran esta clasificación.

Pico Máximo de Fuerza (PMF): Indica el máximo valor de fuerza alcanzada en una acción motriz. Éste puede adquirir las siguientes denominaciones:

- **Fuerza Isométrica Máxima (FIM):** Alude a la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable, de ahí, que también sea denominada fuerza máxima estática. La medición de la misma se expresa en Newtons (N) y la expresión gráfica se representa mediante la curva fuerza-tiempo (curva f-t) isométrica o estática. Diferentes estudios han investigado la trascendencia que tiene la FIM tanto en los antebrazos, manos, muñecas y hombros del judoka (Brito et al., 2002; García, 1995 citado por García, 2004; Iglesias y Dopico, 2004). Ésta se precisa tanto para conseguir un buen *kumikata* (que facilitará un ataque más eficiente) como para adoptar un buen *shizei*¹⁰ durante el combate, que permitirá contraatacar con potencia los intentos de proyección del adversario (Sekine, 1980 citado por García, 2004).

Por tanto, podemos concretar que el desarrollo y optimización de los valores de fuerza isométrica en Judo están relacionados con diversos objetivos, tales como la consecución de una buena postura durante el combate, el logro de un agarre que favorezca el desequilibrio y la posibilidad de aplicar gestos técnicos con mayor eficacia. Además, en el entrenamiento del judoka hay que tener presente la resistencia a la FIM y submáxima. Esta capacidad es primordial en el mantenimiento de las prestaciones musculares relacionadas con el agarre y la postura. Está vinculada a las capacidades de resistencia y tiene como objetivo fundamental evitar que la fatiga provoque una situación de acidosis tal, que impida a las fibras activarse con la velocidad y en el tiempo que la situación requiere.

¹⁰ *Shizei* son las posibles posturas que puede adoptar el judoka.

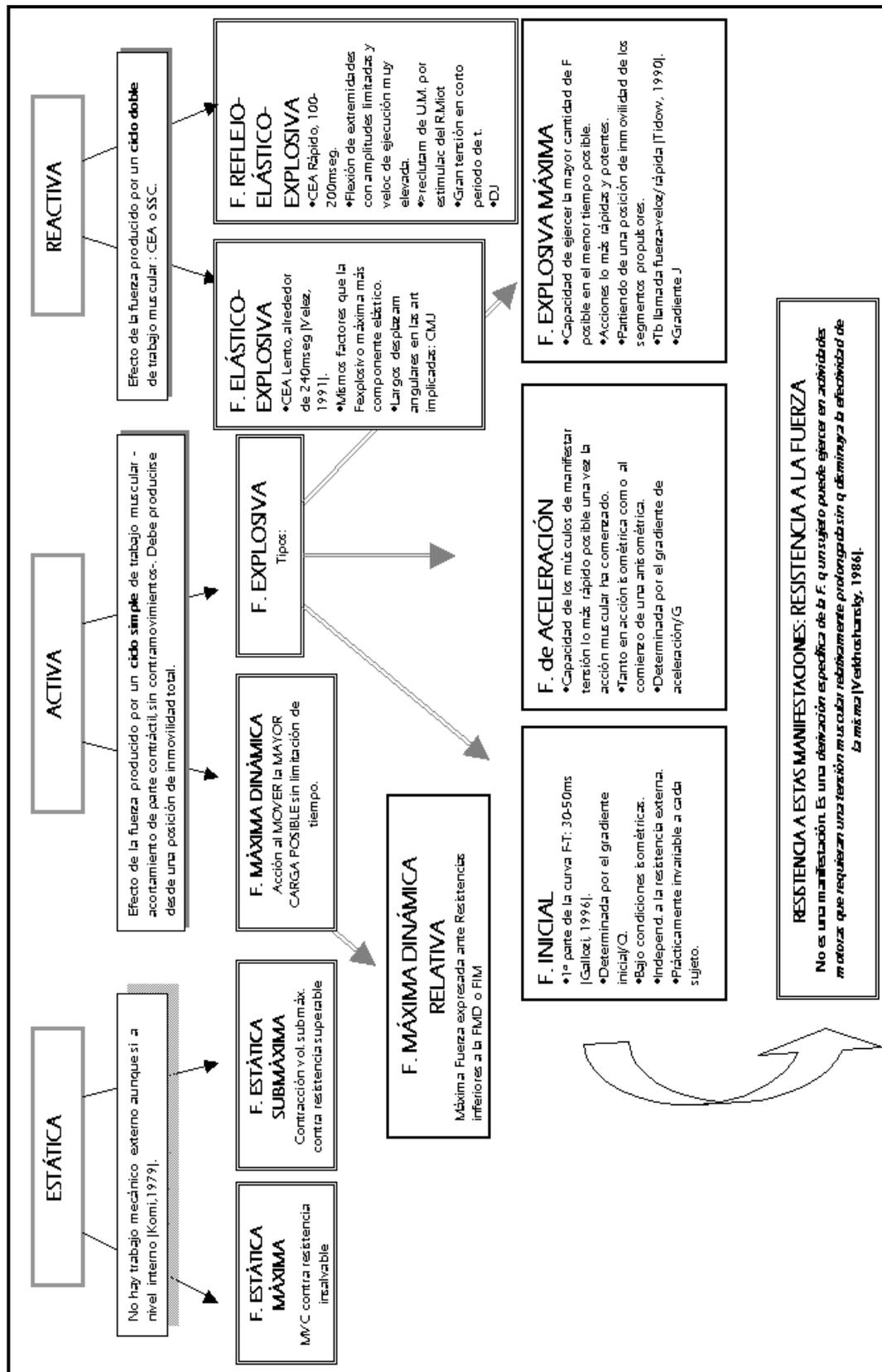


Figura I-3. Clasificación de las manifestaciones de la fuerza realizada por Tous (1999) a partir del modelo de Vittori (1990).

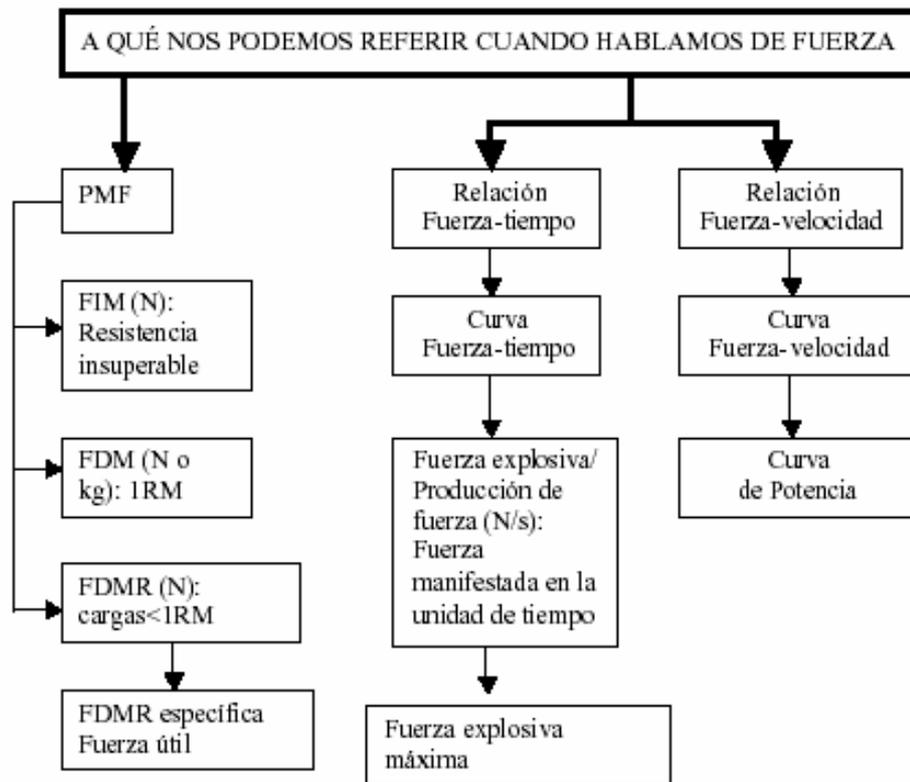


Figura I-4. Características de las manifestaciones de la fuerza en el deporte (tomado de González-Badillo y Ribas, 2002). PMF: pico máximo de fuerza, FIM: fuerza isométrica máxima, FDM: fuerza dinámica máxima, FDMR: fuerza dinámica máxima relativa, N: newton, 1RM: 1 repetición máxima, kg: kilogramos, N/s: newton/segundo.

- **Fuerza Dinámica Máxima (FDM):** En esta ocasión se alude al valor de la fuerza producida cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez. Su medición se expresa en N y la representación se obtiene mediante la curva fuerza-tiempo (curva f-t) dinámica. Es posible que no se disponga de los instrumentos adecuados para su evaluación, por lo que dicha fuerza se expresa mediante el peso de la resistencia (Bosco, 2000), designándose este valor 1RM.

En el ámbito del alto rendimiento deportivo, cifras elevadas de FDM son imprescindibles para obtener el éxito en los diferentes gestos y las acciones propias del deporte. Además, es primordial para conseguir mejores resultados en situaciones donde se solicita la fuerza explosiva (Mansilla y García, 1999; Verkoshanski, 1990) o la resistencia de fuerza como ocurre en Judo.

Según González-Badillo y Ribas (2002) en Judo se debe trabajar la FDM, ya que esta modalidad requiere grandes dosis de ella en poco tiempo. En este deporte, la mejora del resultado se consigue principalmente por el incremento de la fuerza máxima desarrollada y la disminución del tiempo invertido en su producción, aunque este tiempo va a depender de la resistencia a vencer, que en el caso del Judo se modifica constantemente. Dicha manifestación adquiere una importancia vital, especialmente en los gestos de levantamiento (contra la resistencia del oponente) o en determinadas acciones defensivas para evitar ser elevado o desequilibrado, siendo más destacada cuanto mayor es la resistencia a superar.

Es además interesante porque se produce en acciones como el empuje, la tracción o para aguantar al adversario en una posición de defensa o ataque. En Judo, lo que interesa es aplicar la mayor fuerza en un espacio de tiempo que oscila entre los 300ms para acciones rápidas y 600ms para las acciones lentas (Awazu, 2001 citado por Nakanishi, 2003).

- Fuerza Dinámica Máxima Relativa (FDMR): Hace referencia a la máxima fuerza voluntaria dinámica que el individuo puede desarrollar contra una resistencia o carga inferior a la de 1RM. Por tanto, cualquiera tendrá un único valor de FDM pero varios de FDMR, tantos como cargas utilicen para evaluarla. La medición nos proporciona distintas curvas f-t dinámicas, cuya relación con la de la FIM (también denominada curva f-t estática) puede informar de las características del deportista y de su estado de forma actual (González-Badillo, 2000). Dicha fuerza sólo puede expresarse en N (ver figura I-5).

- Fuerza Útil o Funcional: Se trata de la cantidad de FDMR que el atleta aplica cuando realiza un gesto específico de competición. Este dato es clave, por un lado como principal objetivo de mejora del entrenamiento y por otro, como elemento para estimar el nivel de adaptación.

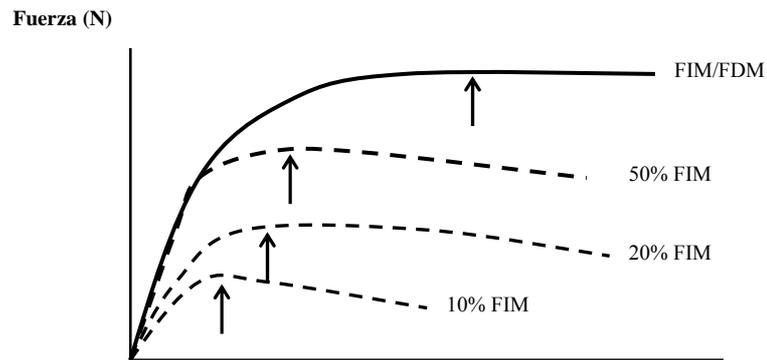


Figura I-5. Valores de la fuerza dinámica máxima relativa, donde se aprecia que cuando la carga es inferior a la FIM o la FDM, el PM que se puede alcanzar es progresivamente menor (modificado de González-Badillo y Gorostiaga, 1995 por Chiroso, 2003).

Por tanto, la fuerza útil es el principal criterio de referencia para organizar el trabajo (González-Badillo, 2000). Dicho valor ha de estimarse en el gesto de competición. Sin embargo, en ocasiones la medición es imposible, fundamentalmente por falta de instrumentos. En este caso, se puede establecer una relación entre la fuerza aplicada en un ejercicio menos específico y el gesto de competición, siempre que el primero sea relevante para la mejora del rendimiento. Así, se podría comparar la fuerza aplicada en el gesto con los resultados en FDM y en FDMR obtenidos en el ejercicio utilizado como test. La fuerza suministrada se estima mediante el resultado o distancia alcanzada en el lanzamiento o en cualquier otra prueba específica (González-Badillo, 2000).

En definitiva, se cuenta con dos grupos de valores de fuerza, los que se aplican en un ejercicio genérico, calculados con diferente tecnología y los que se derivan indirectamente del gesto competitivo. La relación entre ambas cifras proporcionará información sobre las necesidades de esta capacidad y sobre la relevancia de determinados tests para la cuantificación del rendimiento. Así, hay que intentar que ésta sea máxima, para transferir la totalidad de la fuerza del sujeto al gesto técnico en competición. En Judo, lo interesante es encontrar valores adecuados de fuerza útil, para desarrollar la mayor fuerza posible con la velocidad y habilidad técnica específica.

- **Fuerza Explosiva Máxima (FEM):** Se define como “la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo o la mejor relación fuerza-tiempo en toda la curva f-t” (González-Badillo y Ribas, 2002, p. 21). Según estos autores, el intervalo de tiempo en el que se localiza esta producción de fuerza es el comprendido entre 1 y 10ms. Para que esta manifestación máxima se alcance en acciones dinámicas, se requiere una resistencia externa superior al 30% de la FIM (Schmidbleicher y Buhrle, 1987 citados por Chiroso, 2003). Ante cargas inferiores, no se opone la suficiente resistencia como para que la producción de fuerza por unidad de tiempo sea la máxima absoluta. Desde esta situación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La FEM se origina en la fase estática de cualquier desplazamiento de una carga, siempre que sea superior al 30% de la FIM.
- La FEM no tiene nada que ver con el movimiento en cuanto a su producción.
- Las acciones explosivas no son las que se realizan a gran velocidad, sino aquellas en las que se alcanza la máxima o casi máxima producción de fuerza por unidad de tiempo (Schmidbleicher, 1992). Por ello, son ejercicios explosivos tanto los que se ejecutan con cargas pesadas como ligeras.

Según Verkhoshansky (1990), cuanto mayor es la magnitud de la FEM más rápidamente puede ser ejecutada la fase dinámica del movimiento. Así, durante la realización de gestos explosivo-dinámicos con una carga entre un 30-40% de la FIM, la curva f-t viene determinada completamente por la FEM de los músculos que actúan (Tous, 1999).

Si tenemos en cuenta las características del individuo, la FEM suele aparecer con resistencias comprendidas entre el 20% y el 80% de 1RM. De hecho, su aparición en uno u otro porcentaje de 1RM influye en las

peculiaridades de la fuerza muscular de un deportista y la evolución de la especificidad en su entrenamiento. De todas formas, cuanto mejor sea el nivel deportivo del sujeto, mayor es el papel que desempeña la FE en el rendimiento (Zatsiorsky, 1995).

En este sentido, Arruza (1991) afirma que la fuerza explosiva es el medio idóneo para mejorar la potencia, aumentando las posibilidades de que la proyección se transforme en *ippon*. Igualmente es indispensable para anticiparse a las intenciones del contrario, tanto en las proyecciones, en las reacciones defensivas, en el tanteo por conseguir un agarre con rapidez, en el intento por desequilibrar al adversario o en el inicio del reequilibrio en cada ataque. Para García (2004), el desarrollo de la fuerza explosiva es el trabajo de fuerza más específico en Judo.

- Fuerza Explosiva: Algunas publicaciones (González-Badillo, 2000; González-Badillo y Ribas, 2002; Siff y Verkhoshansky, 2000; Tan, 1999; Tous, 1999) consideran que la locución “*fuerza explosiva*” es sinónimo de curva f-t. En consecuencia, la fuerza explosiva es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello.

En esta línea, González-Badillo (2000, p. 10) define a este tipo de fuerza como “la producción de fuerza en la unidad tiempo”, expresada en newton por segundo ($N \cdot s^{-1}$) [en el ámbito científico se utiliza la expresión *rate of force development* (RFD)]. La misma se puede medir tanto en situación estática como dinámica. Con los medios actuales se consigue monitorizarla en acciones isométricas (fuerza explosiva estática) y en dinámicas concéntricas fundamentalmente. El concepto, tal y como se entiende actualmente, nos muestra que un sujeto tendrá tantos valores de ésta como mediciones se realicen dentro de la curva f-t. Luego, la elección del tiempo para medir la fuerza explosiva debe tener una justificación empírica.

Las modificaciones en el rango de tiempo seleccionado pueden indicar en qué estado de forma se encuentra nuestro deportista y en qué dirección se ha manifestado el efecto del entrenamiento. La FE tiene una estrecha relación con la velocidad del movimiento ante una misma carga o resistencia externa, pues la mayor o menor velocidad del gesto depende de la capacidad de producir fuerza rápidamente. En este sentido, en la producción de fuerza la velocidad del movimiento será máxima o casi máxima para una resistencia dada (Stone et al., 2003). Así, cuanto mayor sea la resistencia, mayor relación existirá entre la FDM, la FE y la velocidad de ejecución. Por ello, este tipo de fuerza intensifica su relación progresivamente con la velocidad absoluta, la fuerza inicial, la fuerza de aceleración y la fuerza máxima a medida que se incrementa la resistencia (Verkhorshanky, 2002), al igual que en Judo, donde es sabido que la oposición creada por el adversario es grande.

Cuando queremos evaluar la fuerza en este deporte nos encontramos con el inconveniente de que la resistencia, durante el combate, es siempre variable. Esto dificulta el conocimiento, con exactitud, del valor de la FE relativa que más interesa para el entrenamiento del judoka. Por tanto, para la correcta valoración de la fuerza explosiva en Judo habría que establecer una relación entre ésta y la musculatura protagonista de cada acción determinante, además de la resistencia que ha de vencer. Con toda probabilidad, en Judo, un grupo muscular debería ser entrenado para vencer más de un tipo de resistencias.

Por todo lo expuesto afirmamos que, la efectividad del gesto depende de la FE, contemplada desde el nexo de unión entre la resistencia a vencer y la posibilidad de aplicar más fuerza en el menor tiempo posible.

- **Potencia:** Knuttgen y Kraemer (1987) definen la potencia mecánica como el resultado de la fuerza aplicada por la velocidad en cada instante del movimiento. Concretamente, en el deporte lo que interesa es medir la fuerza aplicada, que está subordinada a la técnica con la que el sujeto realiza el gesto que va a ser

medido. De la fuerza aplicada depende la potencia que se puede generar, siendo ésta el elemento determinante del resultado deportivo.

En este sentido, tanto si la potencia es máxima en unas condiciones dadas (caso de la impulsión de las piernas en un *Seoi Nage* en Judo) como si se trata de mantener durante más o menos tiempo un cierto valor de potencia (la repetición de los gestos técnicos durante los 5 minutos), realmente no es más que la aplicación de una determinada fuerza (Bonitch, 2006).

En la mayoría de modalidades deportivas se realizan gestos que requieren generar fuerza durante breves periodos de tiempo (McBride et al., 1999). En Judo los encontramos en las tracciones, los empujes, las entradas o los cambios de dirección entre otros, siendo la potencia el factor decisivo del rendimiento (Baker, 2001; Haff et al., 2001; Newton et al., 1994). Precisamente en este deporte, lo interesante es conseguir el mejor producto de la fuerza por la velocidad a través del gesto, es decir, la potencia máxima (PM) que es considerada como el Umbral de Rendimiento Muscular (URM) o situación en la que se obtiene el máximo rendimiento mecánico (González-Badillo y Ribas, 2002). De todo lo expuesto podríamos afirmar que:

$P = T/t = F \times d/t = F \times V$ <p>donde P: potencia, T: trabajo, F: fuerza, d: distancia, t: tiempo y V: velocidad</p>

De esta operación se deduce que la potencia está totalmente asociada a la curva fuerza-velocidad, por tanto, también existe una curva de potencia que depende de esta curva (figura I-6).

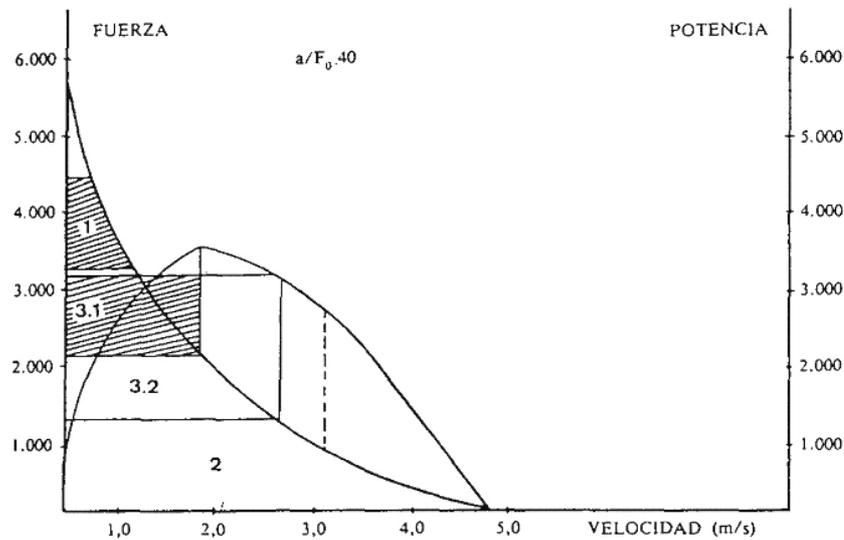


Figura I-6. Curva de potencia y relación con la curva f-v (Tihany, 1988 citado por Bonitch, 2006).

Así, la curva fuerza-velocidad será un continuo en el que diferenciamos tres grandes zonas:

1. Zona de utilización de máxima o gran fuerza y mínima o poca velocidad. En este caso la potencia desarrollada es media o baja.
2. Zona en la que se consigue una gran velocidad pero ante resistencias pequeñas. De esta forma, la potencia también será media o baja.
3. Una zona en que la fuerza aplicada y la velocidad presentan valores intermedios. Por tanto, la potencia alcanza sus máximos niveles.

Cuando un deportista entrena, normalmente lo hace en una de las grandes zonas de la curva f-t con una potencia determinada. Así, la zona de trabajo va a determinar el efecto básico del entrenamiento. Por esta razón, durante el acondicionamiento no sólo hemos de considerar la carga que empleamos (zona) como resistencia a vencer, sino la potencia mínima que debemos desarrollar en

cada repetición que ejecutamos. Por ello, para evaluar estos cambios, tendremos que recurrir a las transformaciones de la curva, pues son un fiel reflejo de los cambios producidos en el comportamiento motriz del deportista en cualquier fase del entrenamiento.

En este proceso, la aplicación de más fuerza para conseguir mejores resultados sólo se podría obtener si la velocidad fuese menor, ya que un aumento de la misma siempre vendría acompañado de una reducción en la aplicación de fuerza. Así, cualquier alteración en una de estas variables que provocase un distanciamiento de los valores óptimos, daría lugar a una disminución de la potencia manifestada. De todos modos, hay que tener presente que los registros de fuerza y velocidad a los que se alcanza la potencia máxima o URM, no son los mismos para todos los sujetos ni todas las especialidades. Por ello, se ha establecido que la fuerza debe estar entre el 30 y 40% de la FIM y la velocidad entre el 35 y el 45 % de la velocidad máxima de contracción ante resistencias muy ligeras o nulas (González-Badillo y Gorostiaga, 1995).

En este sentido, el objetivo del entrenamiento será mejorar permanentemente esta curva en su totalidad, o sea, ser capaz de conseguir mayor velocidad ante cualquier resistencia. El valor máximo de potencia depende de la velocidad del movimiento y de la fuerza aplicada, pero si tenemos en cuenta que sujetos con valores de potencia máxima muy diferentes la alcanzan a velocidades idénticas o muy próximas (González-Badillo y Ribas, 2002), debemos concluir que el factor diferenciador de la potencia es la fuerza aplicada.

Por tanto, para mejorar la potencia máxima o URM la vía que tiene más posibilidades es la mejora de la fuerza. Esta afirmación viene reforzada si tenemos en cuenta que, la velocidad de contracción muscular tiene un margen pequeño de progreso y en cualquier caso, mucho menor que el de la fuerza. La justificación a este hecho puede ser que, cuando se entrena con porcentajes superiores a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia, se obtiene un mayor efecto sobre la mejora de toda la curva de potencia que cuando se entrena

con movimientos que permiten una gran velocidad, pero que necesariamente han de realizarse con porcentajes de fuerza inferiores a aquellos con los que se alcanza la máxima potencia (Kaneko et al., 1983; Moss et al., 1997).

En cuanto a la carga con la que se consigue la máxima potencia existen discrepancias entre los autores, ya que unos son partidarios de emplear el porcentaje de la FIM y otros de utilizar el de 1RM (Baker et al., 2001). Faulkner et al. (1986 citados por Bonitch, 2006), Moss et al. (1997) y Wilson et al. (1993) consideran que la resistencia con la que se consigue la potencia máxima es un 30% de la FIM, mientras que Kaneko et al. (1983), Newton et al. (1997) y Harris et al. (2000) sostienen que para alcanzar ésta hay que utilizar entre el 30 y 45% de 1RM.

En el caso de que se tengan en cuenta parámetros como la naturaleza del ejercicio (simple o complejo, tren superior o inferior), la experiencia en el entrenamiento, el nivel del sujeto y el momento dentro de un ciclo de trabajo, ciertos investigadores abogan por resistencias en un rango entre el 10 al 80% de 1RM para conseguir la máxima producción de potencia (Baker, 1993; Baker, 2001; Baker et al., 2001; Moss et al., 1997; Newton et al., 2002; Stone et al., 2003; Thomas et al., 1996). Cuando los sujetos no están entrenados, los ejercicios son analíticos (monoarticulares) o se ejecutan con el tren superior, éstos tienden a soportar porcentajes más bajos de carga máxima (30-45%). Sin embargo, cuando se trabaja con sujetos entrenados, empleando ejercicios multiarticulares con el tren inferior, las proporciones han sido más altas (30-70% de 1RM) para la máxima manifestación de potencia mecánica (Baker, 2001; Baker et al., 2001; Cronin et al., 2001; Izquierdo et al., 2001; Izquierdo et al., 2002; Rahmani et al., 2001; Siegel et al., 2002; Thomas et al., 1996).

De esta forma, Izquierdo et al. (2002) sugieren que las diferencias observadas entre los ejercicios de la parte superior del cuerpo y de la parte inferior en la producción de fuerza, pueden ser explicadas por las grandes diferencias en la fuerza máxima, tipo de entrenamiento, sección transversal del

músculo, distribución del tipo de fibras y arquitectura muscular (longitud del músculo, ángulos de la fibra muscular), así como diferencias funcionales según la posición de la articulación y geometría de ésta y la palanca.

Otra posible explicación, a esas desigualdades, puede ser que los ejercicios de la parte inferior del cuerpo (sentadilla) deben desplazar mayor masa corporal, en comparación con los ejercicios de la parte superior (press de banca). Por lo tanto, incluso cuando levantamos la misma carga externa en la sentadilla y en el press de banca, es necesario ejercer más fuerza durante la sentadilla completa, ya que la masa corporal es una carga adicional. Además, Izquierdo et al. (2002) investigaron lo que sucedía en la curva de potencia (a través de la sentadilla a 90° y el press de banca) en 70 sujetos varones de diferentes deportes (halterofilia, balonmano, ciclismo y medio fondo). Los datos revelaron que la máxima potencia en sentadilla a 90° se obtenía con una carga en torno al 45-60% de 1RM, mientras que en press de banca se alcanzaba con el 30-45%, corroborando los valores derivados del trabajo de Siegel et al. (2002).

Un hecho similar fue constatado por Bosco (2000), tras someter a un velocista de nivel internacional durante un año a un trabajo de fuerza con cargas altas. Se observó que la potencia, medida con el ejercicio de sentadilla a 90°, mostró una gran mejora con cargas altas y disminuyó con cargas ligeras.

En el otro extremo, encontramos estudios (Stone et al., 2003) donde se establece una alta correlación entre la fuerza máxima aplicada en el ejercicio de sentadilla (1RM) y la potencia, incluso con un peso ligero (sentadilla con salto al 10% de 1 RM, $r= 0.78$ para contramovimiento y $r= 0.84$ para la posición de estático), indicando la posibilidad de que el entrenamiento, tanto con cargas pesadas como ligeras, pueda mejorar la potencia. Sin embargo, Schmidtbleicher (1992) y Moss et al. (1997) mostraron que la influencia de la máxima fuerza sobre la producción de potencia disminuía cuando la carga exterior era reducida.

Otro de los factores determinantes de la potencia es la FE, pues la mayor producción de fuerza a la misma velocidad sólo se puede alcanzar si mejora la producción de fuerza en la unidad de tiempo. Igualmente, la fuerza que se aplica al obtener la máxima potencia es un valor de la FDMR, es decir, un valor inferior al de la FDM, que es la fuerza aplicada en 1RM. Por ello, la mejora del URM no depende directamente de la FDM, sino de la mejora de la FDMR con la que se alcanza la máxima potencia. Si la FDM no se ha modificado, conseguir una mayor FDMR significa que ha disminuido el déficit de fuerza y esto sólo se puede lograr si se aplica más fuerza en la unidad de tiempo. No obstante, la FMDR no mejora permanentemente, a menos que mejore la FDM.

Por ello, como conclusión afirmamos que ha de existir una alta correlación entre la potencia mecánica y la fuerza máxima en Judo, pues la carga exterior que tiene que vencer el judoka es elevada (el peso del contrario).

De acuerdo con Mansilla (1999a), en Judo se debe entrenar la fuerza máxima como base para el trabajo específico (empujar, traccionar, levantar), la fuerza isométrica de las extremidades superiores (agarres), resistencia de fuerza en extremidades inferiores (trabajo en suelo, desplazamientos) y velocidad acíclica. No existe un predominio claro de la manifestación que más interviene, pero a nivel individual y en función de la táctica y el estilo de lucha se puede determinar el tipo más sobresaliente.

Para Seisenbacher y Kerr (1997), el Judo moderno es principalmente un deporte de lucha dinámico formado por dos áreas: técnicas de pie y técnicas de suelo. El primero requiere una gran coordinación, rapidez, agilidad, fuerza del tren superior e inferior (Carratalá y Carratalá, 1997), mientras que el segundo solicita gran fuerza de extensión, de flexión, de rotación del tronco, fuerza estática del tren superior e inferior y ADM (Carratalá y Carratalá, 2000). En esta modalidad abierta y en constante evolución, un buen nivel de condición física es fundamental para conseguir el éxito en competición. Finalmente, presentamos en

la figura I-7 las diferentes acciones producidas durante un combate y la implicación de las manifestaciones de la fuerza durante el mismo.

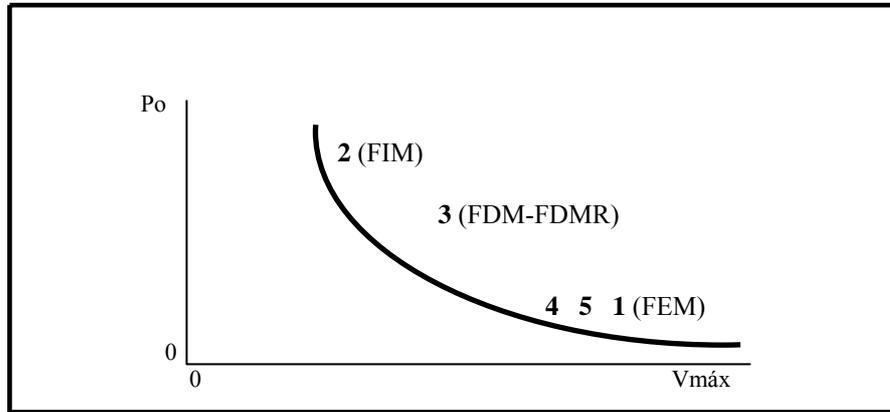


Figura I-7. Manifestaciones de la fuerza implicadas en una acción desde el agarre hasta la proyección (adaptado de Bosco, 2000). **1.** Lucha por el agarre, **2.** Agarre, **3.** Dominio o mantenimiento de una posición, **4.** Desequilibrio, **5.** Proyección. La resistencia de fuerza estaría presente a lo largo de los 5 minutos que dura el combate.

- **Resistencia de Fuerza:** La resistencia de fuerza no es una manifestación como tal, aunque bien es cierto que el individuo la aplica en actividades motoras donde la tensión muscular es relativamente prolongada, sin que disminuya la efectividad de la misma (Verkhoshansky, 1990). Harre y Hauptmann (1994) nos la definen como la capacidad de resistencia al cansancio que posee el organismo en ejercicios de fuerza de larga duración. Se conjugan pues altas dosis tanto de fuerza como de resistencia. Centrándonos en nuestro deporte, la resistencia de fuerza es requerida en el transcurso de todo el combate, ya que permite ejecutar múltiples acciones sin que los niveles de fuerza descieran excesivamente. Más concretamente, será primordial en los intentos de “*preparación y espera*” donde los judokas se tantean y necesitan mantener una cierta fuerza sostenida en el tiempo, en actuaciones defensivas propias del trabajo en suelo, como soporte a otros tipos de fuerza (Arruza, 1998 citado por Iglesias et al., 2000) y para el control y conservación del agarre (Alonso et al., 1992 citados por Mansilla y García, 1999). En Judo, la capacidad de aguantar altos niveles de fuerza dinámica durante el mayor tiempo posible en un combate, depende de tener altos

valores de resistencia a la fuerza dinámica. La intensidad del combate provoca estados de fatiga muscular muy altos, debido al elevado acúmulo de lactato, que puede llegar hasta 18mM/l. Por tanto, el entrenamiento de este tipo de fuerza va a ser el método profiláctico más adecuado para las características descritas.

I.1.3.3.4. La resistencia en Judo. Concepto y tipos

Sobre el término resistencia existen múltiples definiciones. Según Navarro (1998) ésta se concibe como la capacidad para soportar la fatiga frente a esfuerzos prolongados y/o para recuperarse más rápidamente después de los mismos. De aquí se desprende la idea de que el principal factor que limita y paralelamente afecta al rendimiento de un deportista es la fatiga. La misma puede deberse a una depleción de sustratos, acumulación de metabolitos, alteraciones hidroeléctricas en la captación de aminoácidos de cadena ramificada, de las cinasas, daño mecánico, tipo de fibra muscular, estado inmunitario y carácter del ejercicio (Feriche y Delgado, 2003; Zintl, 1991). En la siguiente tabla (I-5) podemos apreciar diferentes conceptos en torno a este término.

La variabilidad de opiniones se debe básicamente al parámetro de estudio seleccionado, el cual, nos proporcionará distintos tipos de resistencia. En función del criterio de observación podemos distinguir las siguientes modalidades de resistencia (Navarro, 1998):

- a. En relación al volumen de la musculatura implicada: Resistencia general y local.
- b. En función de la obtención de energía muscular: Resistencia aeróbica o anaeróbica.
- c. Según la forma de trabajo muscular: Resistencia dinámica o estática.
- d. Dependiendo de la duración del esfuerzo: Resistencia de corta, media o larga duración.

- e. Atendiendo a la implicación de las capacidades físicas: Resistencia de fuerza, resistencia de fuerza explosiva y resistencia de velocidad.
- f. En base a la especificidad de la disciplina deportiva: Resistencia de base o general y especial o específica.

Tabla I-5. Definición de resistencia según diversos autores (tomado de Navarro, 1998).

Autor	Definición
Bompa, 1983	“Límite de tiempo sobre, el cual, el trabajo a una intensidad determinada puede realizarse”
Harre, 1987	“Capacidad del deportista para resistir a la fatiga”
Weineck, 1988	“Capacidad psicofísica del deportista para resistir a la fatiga”
Grosser et al., 1989	“Capacidad física y psíquica de soportar el cansancio frente a esfuerzos relativamente largos y/o la capacidad de recuperación rápida después de los esfuerzos”
Manno, 1991	“Capacidad de resistir a la fatiga en trabajos de prolongada duración”.
Zintl, 1991	“Capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo produciéndose finalmente un cansancio (pérdida de rendimiento) insuperable (manifiesto) debido a la intensidad y la duración de la misma y/o de recuperarse rápidamente después de esfuerzos físicos y psíquicos”
Alves, 1998	“Capacidad de realizar una prestación de una determinada intensidad sin deterioro de la eficiencia mecánica, a pesar de la acumulación de fatiga”
Martin, 2001	“Capacidad que nos permite llevar a cabo un trabajo durante un tiempo prolongado retrasando o soportando la fatiga”

Seguidamente mostramos un cuadro resumen (tabla I-6) de los tipos de resistencia, centrándonos en el principio que alude a la especificidad deportiva, es decir, en la resistencia básica y específica, pues ambas están presentes en cualquier deporte.

Tabla I-6. Tipos de resistencia según distintas clasificaciones (tomado de Zintl, 1991).

Criterios	Denominación	Particularidades
Volumen de la musculatura implicada	Resistencia local	<1/6-1/7 de la musculatura
	Resistencia general	>1/6-1/7 de la musculatura
Tipo de vía energética	Resistencia aeróbica	Con presencia de oxígeno
	Resistencia anaeróbica	Sin oxígeno
Forma de trabajo de la musculatura	Resistencia dinámica	Frente al cambio continuo entre contracción y relajación en contracciones prolongadas
	Resistencia estática	
Duración de la carga en caso de máxima intensidad de carga posible	Corta	35seg. - 2min.
	Media	2min. - 10min.
	Larga I	10min. - 35min.
	Larga II	35min. - 90min.
	Larga III	90min. - 6h.
	Larga IV	+ de 6h.
Relación con otras capacidades condicionales	Fuerza-Resistencia	Porcentaje de fuerza máxima: 80-30%
	Resistencia-Fuerza explosiva	Realización explosiva del movimiento
	Velocidad-Resistencia	Velocidades submáximas
	Resistencia de sprint	Velocidades máximas
Importancia para la capacidad de rendimiento específica del deporte	Resistencia de base	Posibilidades básicas para diferentes actividades motrices deportivas
	Resistencia específica	Adaptación a la estructura de resistencia de una modalidad de resistencia

Atendiendo a la clasificación de Navarro (1998), el Judo pertenece al grupo de deportes de Resistencia Básica Acíclica o RB III. Así, dicho autor afirma (p. 68) que con ella "...se pretende mejorar la capacidad de recuperación durante las fases de baja intensidad competitiva, además de conseguir una mejor tolerancia psíquica frente al esfuerzo".

Este tipo de resistencia se caracteriza por las variaciones continuas e irregulares en las intensidades de carga. Es propia la sucesión de períodos cortos (pocos segundos) de cargas máximas, medias hasta submáximas (segundos hasta minutos) y pausas con recuperaciones relativas, como se demuestra en la estructura temporal del combate. Dicho trabajo conlleva un volumen elevado de cargas interválicas y una actuación

alternativa entre las vías metabólicas anaeróbico-alácticas, anaeróbico-lácticas y aeróbicas.

Si atendemos a la especificidad, en el Judo está involucrada tanto la resistencia aeróbica, por el tiempo total de lucha que puede prolongarse hasta 8 minutos, como la anaeróbica, reflejada en las altas concentraciones de lactato al final del combate. Según Navarro (1998), el Judo es una modalidad de resistencia, cuya duración puede ser corta (RCD) y media (RMD), comprendiendo períodos de trabajo superiores a 3 segundos e inferiores a 10 minutos. Para estos casos, la energía suministrada en el ejercicio procede del ATP, la PCr, el glucógeno y la glucosa sanguínea derivada del glucógeno hepático. Como consecuencia se produce lactato, el cual, informa sobre la implicación que la vía anaeróbica láctica tiene durante el esfuerzo y sobre el nivel de trabajo aeróbico. Cuando se detectan niveles elevados de lactato, a menudo es debido a que existe una recuperación o una combustión suficiente del sistema aeróbico, que permite proseguir la actividad y acumular lactato, como se aprecia al expirar el combate (Kraemer y Häkkinen, 2006). Así, en este tipo de tareas de alta intensidad y de tipo interválico, la contribución del sistema aeróbico al aporte de energía puede alcanzar el 40-50% (Kraemer y Häkkinen, 2006). Los factores decisivos propuestos por Navarro (1998) para el rendimiento en la RCD son:

- Disposición de gran cantidad de energía por unidad de tiempo, debido a un incremento de los depósitos de fosfatos y de la actividad y cantidad de enzimas propias de la glucólisis anaeróbica.
- Capacidad de amortiguación. Es decisiva en este tipo de ejercicio, pues a medida que aumenta la duración del esfuerzo también se incrementa la acidez.
- Tolerancia al lactato para continuar con el trabajo a pesar de dicha acidez.
- Potencia aeróbica o aportación de energía aeróbica a partir del minuto de esfuerzo, que garantiza la recuperación y eliminación más rápida del lactato.

En cuanto a los factores que influyen en el rendimiento en la RMD (Navarro, 1998) encontramos:

- Capacidad aeróbica. El VO_2 máx es utilizado íntegramente, aunque resulta más significativo el porcentaje de transporte de oxígeno que el aprovechamiento del mismo por los músculos.
- Tolerancia al lactato. La capacidad glucolítica es más relevante que la potencia, ya que la glucólisis próxima al 100% no se puede mantener más de 4 minutos.
- Glucógeno muscular. Es el sustrato fundamentalmente utilizado en la producción de energía tanto aeróbica como anaeróbica.

El Judo, como ejemplo de este tipo de resistencias, demanda gran cantidad de energía por unidad de tiempo. A mayor intensidad y frecuencia en las contracciones musculares, más arduo es el suministro de oxígeno a las fibras activas y la contribución del metabolismo anaeróbico es más significativa. A medida que el ejercicio de alta intensidad se va prorrogando (como ocurre en el transcurso del combate), la intervención del metabolismo aeróbico, para resintetizar ATP, adquiere mayor relevancia (López et al, 1995 citados por Dorado, 1996). Fruto del requerimiento de ATP-PCr, del tipo y número de esfuerzos, así como de la duración y la actividad en la recuperación, pueden acumularse metabolitos en músculos y sangre. Si el ejercicio se repite varias veces sobreviene la fatiga, que en este caso se debe al agotamiento de las reservas musculares de glucógeno (Ekblom, 1986 citado por Dorado, 1996), a la acumulación de catabolitos y a las alteraciones iónicas en los medios intra y extracelulares. En última instancia, la ejecución de dichos esfuerzos, por parte del judoka, dependerá de su capacidad para resintetizar PCr y para eliminar subproductos metabólicos. Por ello, la fatiga es uno de los elementos decisivos en Judo, siendo difícil determinar todos los factores que limitan el rendimiento.

Parte del éxito se asocia a la capacidad para aclarar el lactato producido durante la recuperación entre combates, lo cual, se ha relacionado con un nivel de potencia

aeróbica concreto (55-65 ml/min). En este sentido, hallamos una relación inversamente proporcional entre capacidad aeróbica y concentración de lactato (Dawson et al., 1993 citados por Barbero y Barbero, 2003) durante la lucha (Gaiga y Docherty, 1995 citados por Franchini et al., 1999b; Franchini et al., 2003).

Además, el umbral anaeróbico o capacidad de mantener una intensidad de ejercicio sin un aumento del lactato que obligue a interrumpirlo, constituye el mejor referente de la resistencia aeróbica del judoka, de modo que cuanto más se aproxime el umbral al VO_2 máx mayor será el rendimiento. Si el umbral está más elevado ante una misma intensidad de trabajo, la acumulación de lactato es menor y por ende también la fatiga disminuye (Robles et al., 2002).

La línea seguida por Vidalin et al. (1988) apoya la afirmación anteriormente aludida por Robles et al. (2002). En su trabajo se evaluó el VO_2 máx y el lactato a 17 judokas, obteniendo datos que reflejan la necesidad de poseer la vía aerobia (Balsom et al., 1992; Bogdanis et al., 1996; Gaitanos et al., 1993; Tabata et al., 1997) y anaerobia muy desarrolladas (Lehman, 1997) para recuperar rápidamente. Este hecho se justifica porque el competidor participa en sucesivos combates, precisando de un buen sistema glucolítico y aeróbico para luchar en las mejores condiciones (Callister et al., 1991; Taylor y Brassard, 1981; Thomas et al., 1989) y obtener el triunfo.

Wakayama (1998) relacionó distintas variables condicionales y la puntuación que obtenían los judokas japoneses de élite en competición, concluyendo que existía una relación significativa entre aquellos que lograban más *ippones* durante sus combates y el VO_2 máx, fuerza explosiva, potencia aeróbica y ADM (García, 2004).

Confirmada la relevancia de la potencia aeróbica, se ha pretendido identificar la misma en grupos de alto nivel. Los resultados concernientes al VO_2 máx para judokas masculinos fluctúan entre $53,2 \pm 1,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en norteamericanos de élite (Callister et al., 1990) y $59,2 \pm 5,18 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en integrantes de la selección canadiense (Thomas et al., 1989), aunque existen valores intermedios (Callister et al., 1991; Ebine et al., 1991; Little, 1991; Taylor y Brassard, 1981; Tumilty y Hann, 1986). En el caso de las mujeres, Little (1991) lo estima en $43,72 \pm 3,51 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en canadienses, $52 \pm$

1,4 ml·kg⁻¹·min⁻¹ en americanas (Callister et al., 1991) y 44 ± 14,72 ml·kg⁻¹·min⁻¹ en francesas (Vidalin et al., 1988). Hay que considerar la categoría de peso en la que se compite, ya que la potencia aeróbica relativa, en general, disminuye con el aumento del mismo. Principalmente en atletas de peso medio y pesado, el VO₂máx relativo es bastante inferior al de otras categorías ligeras (Thomas et al., 1989).

En la siguiente tabla I-7 mostramos un resumen de los trabajos realizados en distintas poblaciones de judokas, en el que se ha valorado el VO₂máx a través de diferentes metodologías.

Otra particularidad del Judo es que requiere una sollicitación diferente del tren superior con respecto al inferior, hecho que ha de contemplarse en la planificación del entrenamiento. Existe una mayor demanda de los miembros superiores y tronco en relación a los miembros inferiores (Brancht et al., 1982; Franchini et al., 1998b; Little, 1991). En este sentido, Thomas et al. (1989) afirman que el judoka tiene un alto grado de condicionamiento aeróbico en el tren inferior y anaeróbico en el superior. Franchini et al. (2003) ratifican esta idea tras su investigación con un grupo de competidores, sugiriendo que individuos con mejor aptitud aeróbica presentan un desempeño anaeróbico intermitente mayor con miembros superiores, al compararlos con individuos que poseen menor aptitud aeróbica.

Tras el análisis realizado afirmamos que la resistencia adquiere una importancia capital para los sujetos que practican deportes de lucha. Disponer de un buen nivel de VO₂máx permitirá:

- Mejorar el umbral anaeróbico, ya que favorece la realización de un esfuerzo de estas características sin que se disparen de forma significativa los procesos anaeróbicos (García, 1996). Así, se puede mantener por más tiempo un estado aeróbico durante el combate, permitiendo que la lucha se desarrolle en mejores condiciones (García, 2004).

Tabla I-7. Valores de VO₂máx en judokas de la élite mundial.

AUTOR	MUESTRA	VALORES medios ABSOLUTOS	VALORES medios RELATIVOS
Taylor y Brassard, (1981)	19 judokas masculinos del equipo nacional canadiense	-	57,5±9,47
Bracht et al. (1982 cit en Franchini et al., 1998)	5 judokas paranaenses	-	48,03±8,82
Mickiewicz, (1987)	Equipo nacional polaco senior masculino	-	60,22
	Equipo nacional polaco junior masculino		60,23
	Equipo nacional polaco senior femenino		49,90
Vidalin et al. (1988)	17 judokas cinturón negro (7 chicas y 10 chicos)	-	44 43 53,8 50,9
Thomas et al. (1989)	12 judokas masculinos selección nacional senior de Canadá	4,49±5,7	59,2 ±5,18
Citados en Thomas et al. (1989)	Selección de Australia	-	53,2
	Selección de Polonia		59,0
	Selección de Noruega		58,5
González y Rubio (1990)	Judokas españoles senior de élite	4,50±0,18	56,11±3,32
	Judokas españolas senior de élite	3,13±0,27	49,88±4,27
Callister et al. (1991)	9 mujeres pertenecientes a la selección de Estados Unidos	2,79± 0,07	52±1,4
	18 hombres pertenecientes a la selección de Estados Unidos	4,56± 0,16	55,6±1,8
Little (1991)	Equipo femenino senior de Alberta (Canadá)	2,77±0,33	43,72±3,51
	Equipo femenino junior de Alberta (Canadá)	2,6±0,37	45,09±3,68
	Equipo masculino juvenil de Alberta (Canadá)	3,20±0,79	57,62±3,42
	Equipo masculino junior de Alberta (Canadá)	4,0±0,42	59,26±3,95
	Equipo masculino senior de Alberta (Canadá)	4,23±0,55	53,75±5,57
Sterkowicz et al. (1999)	15 judokas masculinos polacos senior	4,27±0,83	50,1±6,48
Franchini et al. (2001)	6 judokas brasileños junior y senior	-	50,3±5,249,88
Franchini et al. (2001a)	15 judokas masculinos brasileños	-	1º 48,23±9,91 2º 48,47±6,75 3º 47,50±8,49 4º 49,83±9,22
Degoutte et al. (2002)	16 judokas masculinos franceses de nivel interregional de 18 años	-	55,0±0,5
Cottin et al. (2004)	10 judokas masculinos franceses de nivel nacional de 22 años	-	44,5±2,1

- Retrasar la aparición elevada de lactato (Solé et al., 1998).
- Facilitar la recuperación entre las pausas dentro del combate y entre combates mediante el aclaramiento láctico (Solé et al., 1998; Villa et al.,

2000). Ante la igualdad técnica, fuerza y velocidad, la diferencia fundamental entre judokas de distinta condición física será la capacidad de recuperación entre esfuerzos. Un sujeto mejor acondicionado se restablecerá en menos tiempo y ejecutará con mayor eficiencia mecánica los gestos posteriores (López y Nacleiro, 2002).

De esta forma, la sollicitación del metabolismo energético durante un combate que está próximo al 100% del VO_2 máx (Gorostiaga, 1998; Iglesias et al., 2002), postula a favor del entrenamiento aeróbico como complemento del programa clásico del trabajo técnico-táctico (Gorostiaga, 1998), el cual, se ve afectado por la fatiga (Arruza, 1991; Little, 1991). Aquellos con una mejor condición aeróbica pueden luchar para cansar al adversario al comienzo o a mitad del combate y atacar sucesivamente durante el final del mismo. Sin embargo, judokas con una mejor capacidad anaeróbica láctica pueden hacerlo desde el inicio del encuentro. Lo ideal sería la combinación de ambas capacidades, aunque es sabido que el desarrollo de la condición aeróbica implica una disminución de la anaeróbica láctica, por lo que es necesario una interacción perfecta de las mismas (Esteves, 2000).

Por tanto, el objetivo de la preparación física en Judo debe orientarse al desarrollo de la capacidad anaeróbica y aeróbica, adecuando esta última a las necesidades del judoka para no limitar o interferir en el trabajo de otras capacidades. De hecho, a medida que el esfuerzo se hace más intenso y específico, los valores de VO_2 máx comienzan a descender. Las adaptaciones bioquímicas y metabólicas procedentes del entrenamiento aeróbico conllevan una mayor utilización de ácidos grasos, reducción de glucosa vía glucólisis y ampliación del tiempo hasta la manifestación de la fatiga (Astrand y Rodahl, 1992). Además, se mejora la habilidad de recuperación gracias a una rápida resíntesis de fosfatos, lo que es crucial para el restablecimiento entre combates. El problema se presenta en la planificación del entrenamiento, pues se prioriza la vía anaeróbica láctica en detrimento de las otras, básicamente por el problema de incompatibilidad entre sistemas energéticos.

Conocida la trascendencia que sobre este deporte tienen las distintas manifestaciones de fuerza y los diferentes sistemas energéticos, nos queda por estudiar cómo se puede compatibilizar el entrenamiento de fuerza y resistencia para obtener el rendimiento óptimo en competición. Precisamente, esta cuestión, será tratada en el siguiente epígrafe dedicado al trabajo concurrente de fuerza y resistencia.

I.1.4. ENTRENAMIENTO CONCURRENTE

I.1.4.1. Antecedentes

Todo deportista que se somete a un régimen de entrenamiento lo hace con el objetivo de conseguir mejores resultados. Este interés por superar marcas ha influido en la difusión de novedosos sistemas, entre ellos, el denominado *entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia*, ya que en todas las modalidades deportivas se requieren ambas para conseguir el grado físico óptimo (Bell et al., 1991a; Bell et al., 1997; Bell et al., 2000; González-Badillo y Ribas, 2002; Zatsiorsky, 1995). Su fundamento se basa en que un músculo puede aplicar fuerza durante un tiempo gracias a la capacidad de resistencia, la cual, permite mantener una cierta intensidad a lo largo de un período determinado, aumentar la capacidad para soportar las cargas en los entrenamientos o competiciones, recuperar rápidamente entre las fases de esfuerzo y mejorar el gesto técnico y la posibilidad de concentración en deportes de mayor exigencia técnica (Navarro, 1998).

Este trabajo concurrente se centra en el desarrollo de las citadas capacidades dentro de un mismo programa, el cual, ha sido motivo de controversia por los resultados paradójicos obtenidos. El inconveniente de dicha metodología radica, básicamente, en las adaptaciones fisiológicas derivadas del entrenamiento de fuerza y de resistencia, pues son distintas y en muchos casos antagónicas (Leveritt et al., 1999).

En la actualidad se desconocen los mecanismos que provocan esta divergencia, debido a la disparidad en los estudios en cuanto al diseño, a las características de la

muestra, la continuidad, duración, intensidad o la secuencia del entrenamiento (Chtara et al., 2005).

Algunas investigaciones han demostrado como el entrenamiento concurrente inhibe el incremento de la fuerza y de la potencia, pero no afecta al desarrollo de la capacidad aeróbica (Hickson, 1980a; Kraemer et al., 1995) cuando se compara con el trabajo aislado de cada una de ellas. Otros afirman que los efectos negativos se producen sobre la resistencia (Gravelle y Blessing, 2000; Nelson et al., 1990 citados por Deakin, 2004), a diferencia de aquellos que revelan la inexistencia de incompatibilidad en la mejora de la fuerza y la resistencia (Dolezal y Potteiger, 1998; Sale et al., 1990a).

Las primeras investigaciones sobre el tema las realizó Hickson (1980a) y desde entonces han proliferado nuevos trabajos para desvelar las probables causas de esta discrepancia, precisamente cuando la fuerza y la resistencia se desarrollan de manera concurrente (Bell et al., 1991b; Dolezal y Potteiger, 1998; Dudley y Djamil, 1985; Kraemer et al., 1995; Sale et al., 1990a; Sale et al., 1990b).

Aún así, la inconsistencia en los resultados ha propiciado que se especule sobre los posibles elementos inductores de dicha inhibición. Para explicar este hecho se han propuesto diversas teorías, entre ellas las hipótesis crónica y aguda. Ambas se fundamentan en las respuestas y adaptaciones fisiológicas que el entrenamiento de fuerza y resistencia provoca. En el primer caso, se alude a los ajustes contradictorios propios del entrenamiento combinado sobre el músculo esquelético. En el segundo, se sugiere que la responsable es la fatiga procedente del adiestramiento en resistencia, entendida como una disminución de la capacidad para generar o mantener una fuerza determinada (Fernández, 1999 citado por Feriche y Delgado, 2003), que impide la aplicación óptima de tensión cuando se trabaja ésta.

Los datos obtenidos hasta el momento no son concluyentes, por lo que necesitamos novedosas investigaciones que revelen los interrogantes propuestos sobre esta cuestión.

I.1.4.2. Respuestas y adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de fuerza y resistencia

Para aclarar este fenómeno de incompatibilidad se han estudiado los acontecimientos ocurridos con el entrenamiento, es decir, se han determinado las *respuestas y adaptaciones*. El primero alude a la conducta inmediata del organismo para actuar con eficacia y rapidez a un estímulo. Dichas alteraciones desaparecen de forma progresiva una vez cesado el mismo que las provocó y están condicionadas por ciertos aspectos de la carga, por la reserva de adaptación del deportista y por su capacidad de recuperación. La suma de estas respuestas provoca otras más estables, duraderas y de mayor trascendencia, denominadas adaptaciones y que están limitadas por el potencial genético de cada individuo. Este proceso de adaptación pretende alterar exiguamente el medio interno, reducir y demorar la aparición de fatiga y mejorar el gasto energético durante el esfuerzo para que el rendimiento sea exitoso (González-Badillo y Ribas, 2002), en términos de economía gestual.

Las modificaciones derivadas del trabajo de fuerza han sido suficientemente investigadas. Así, estos autores afirman que la evolución de dicha capacidad, efectuada con intensidades medias o altas y pocas repeticiones por serie, conlleva los siguientes cambios:

- Reducción de la densidad mitocondrial.
- Estabilización o descenso de la densidad capilar.
- Declive en la actividad de las enzimas oxidativas, y por tanto, de la capacidad oxidativa del músculo.
- Incremento en el tamaño de la fibra muscular, con tendencia a la transformación funcional de las fibras rápidas (IIb a IIa) y aumento en la capacidad contráctil (mayor tensión muscular, producción de fuerza por

unidad de tiempo y velocidad de acortamiento muscular), con lo que se mejora la fuerza y la potencia anaeróbica.

Por contra, el entrenamiento de resistencia, basado en la ejecución de numerosas repeticiones de un gesto específico con cargas livianas, provoca adaptaciones opuestas al trabajo de fuerza. Por ello, González-Badillo y Ribas (2002) sostienen que se produce:

- Incremento de la densidad mitocondrial y capilar.
- Aumento en la actividad de enzimas oxidativas.
- Estabilización o reducción del tamaño de las fibras y posible transformación de las tipo II a I, alteración en el modelo de reclutamiento, disminución de la capacidad contráctil, de la velocidad máxima de acortamiento de las fibras de tipo II, del pico de tensión y de la producción de fuerza por unidad de tiempo de todas las fibras. En este caso, el entrenamiento consigue mejorar el VO_2 y la resistencia en general, aunque la fuerza se estabiliza o disminuye.

A continuación, mostramos en la tabla I-8 un resumen de las adaptaciones propias del entrenamiento de fuerza y resistencia.

Estos cambios son los responsables de la polémica suscitada en torno a la incompatibilidad del trabajo de fuerza y resistencia, cuando se entrenan dentro del mismo programa. Parece correcto especular que la adaptación máxima y simultánea a ambos tipos de esfuerzo es problemática, pues cuando se estimula un sistema de producción de energía y adecuación neuromuscular el sistema opuesto se inhibe (González-Badillo y Ribas, 2002) o disminuye su rendimiento (Putman et al., 2004). Además, no hay datos precisos que verifiquen si las sesiones de entrenamiento concurrente, cuya orientación no sea máxima, comprometen, aumentan o no influyen en las respuestas y modificaciones fisiológicas, si las contrastamos con los trabajos aislados de ambas capacidades (Dudley y Fleck, 1987).

Por tanto, a la luz de las averiguaciones realizadas hay que ser cauto al manifestar que el entrenamiento combinado de fuerza y de resistencia es antagónico, si se coteja con el trabajo aislado. De ahí que se requieran más trabajos para desvelar dicha hipótesis y poder desarrollar estas capacidades sin que se produzcan interferencias.

I.1.4.3. Posibles mecanismos que comprometen las respuestas y adaptaciones al entrenamiento concurrente

Uno de los primeros mecanismos propuestos, capaz de interferir en el desarrollo de la fuerza y la resistencia, fue el descrito por Hickson (1980a). Éste consideró que el entrenamiento realizado con un gran volumen y/o intensidad sin una adecuada recuperación provocaba sobreentrenamiento, situación que podría suceder con un régimen concurrente (Chromiak y Mulvaney, 1990).

Desde entonces se barajan diversas hipótesis para justificar porqué el entrenamiento combinado no es oportuno (Craig et al., 1991). Una de ellas, la denominada *crónica*, alude a que el músculo esquelético no puede adaptarse metabólica ni morfológicamente a ambos tipos de sistemas simultáneamente. En este sentido, los efectos negativos para la fuerza están relacionados con modificaciones neurales [en el modelo y en la capacidad de reclutamiento de unidades motoras y en la velocidad de contracción (Chromiak y Mulvaney, 1990)], cambios estructurales (transformación de fibras rápidas a lentas e hipertrofia) y alteraciones hormonales básicamente (la concentración de testosterona puede comprometer tanto a corto como a medio plazo la ganancia de fuerza y el cortisol, probablemente esté relacionado con la cantidad de trabajo acumulado al utilizar los mismos grupos musculares en ambos entrenamientos). Una segunda conjetura apunta como responsable de esta discrepancia a la fatiga residual, procedente del entrenamiento previo o a aquellos factores que contribuyen a ella, tales como el agotamiento neuromuscular o el daño mecánico entre otros (Chromiak y Mulvaney, 1990; Leveritt et al., 1999). En este caso nos estamos refiriendo a la hipótesis *aguda*.

Tabla I-8. Modificaciones neurales, estructurales y hormonales obtenidas con el entrenamiento de fuerza y el de resistencia (modificado de Deakin, 2004).

VARIABLES	Entrenamiento fuerza	Entrenamiento resistencia
<i>NEURALES</i>		
Actividad musculatura agonista	↑	↑
Coordinación intramuscular	↑	↑
Coordinación intermuscular	↑	↑
<i>FIBRAS MUSCULARES</i>		
Número	D	D
Tamaño (hipertrofia)	↑	↑ Selectivo
Tipo	Ila ↑, IIb ↓	IIb → Ila → I
<i>DENSIDAD CAPILAR</i>		
	NC o ↓	↑
<i>MITOCONDRIA</i>		
Volumen	↓	↑
Densidad	↓	↑
<i>ENZIMAS</i>		
Creatin Fosfoquinasa	↑	↑
Mioquinasa	↑	↑
<i>ENZIMAS DE LA GLICOLISIS</i>		
Fosfofructoquinasa	↑	Variable
Lactato deshidrogenasa	NC o variable	Variable
<i>ALMACENES INTRAMUSCULARES</i>		
Adenosin trifosfato	↑	↑
Fosfocreatina	↑	↑
Glucógeno	NC o ↑	↑
Triglicéridos	Desconocido	↑
<i>CONSUMO MÁXIMO OXÍGENO (mL.kg⁻¹.min⁻¹)</i>		
	NC	↑
<i>CARDIOVASCULAR</i>		
Frecuencia cardiaca	NC o ↓	↓
Presión sistólica	NC o ↓	NC o ↓
Presión diastólica	NC o ↓	NC o ↓
Cantidad sangre bombeada por el ventrículo izquierdo en una contracción	NC o ↑	↑
<i>VENTRÍCULO IZQUIERDO</i>		
Espesor de la pared	↑	NC
Volumen de la cavidad	NC	↑
<i>HORMONALES</i>		
Hormonas anabolizantes	↑	↓
D: desconocido, NC: no hay cambios, ↑: incremento, ↓: disminución, →: cambio.		

Parece razonable pensar, que los posibles mecanismos que comprometen las respuestas y adaptaciones en este tipo de trabajo dependerán de entrenamientos desproporcionados, del estado físico de los sujetos, la intensidad, el volumen y la

frecuencia de entrenamiento, el orden en el que se ejecutan los ejercicios, la proximidad de los mismos o los tiempos de recuperación. Destacar, que cada una de las hipótesis planteadas influirá de forma muy concreta en las citadas capacidades. Así, la fatiga, el modelo de reclutamiento, la transformación de fibras y las alteraciones hormonales actuarán sobre la fuerza, mientras que la hipertrofia sobre la resistencia. La manera de integrar el entrenamiento será el factor determinante en este tipo de trabajo.

A continuación, pasamos a estudiar cada uno de los elementos recientemente aludidos.

I.1.4.3.1. Hipótesis crónica

Dicha hipótesis propone que el músculo no puede adaptarse al entrenamiento de fuerza y resistencia paralelamente (Chtara et al., 2005; Craig et al., 1991). Varios son los aspectos contemplados en esta hipótesis, destacando el *modelo de reclutamiento*, la *transformación de fibras*, la *hipertrofia muscular* o la *actuación del sistema endocrino*.

El *modelo de reclutamiento* de las unidades motoras se ve perturbado por este tipo de trabajo. Así, la dificultad para aplicar fuerza a velocidades altas parece estar relacionado con este modelo. Actualmente, se supone que el desempeño en resistencia modifica los elementos que controlan la fuerza a velocidades altas, aunque no ocurre lo mismo cuando la velocidad es baja (González-Badillo y Ribas, 2002). Es sabido que cada sistema de entrenamiento requiere unos patrones motores diferentes. Así, la incorporación de fibras en el trabajo de resistencia depende de la intensidad del ejercicio, siendo solicitadas las fibras lentas cuando ésta es baja o moderada. El trabajo de fuerza se caracteriza por la ejecución de contracciones que producen niveles de ésta próximos al máximo. Dicho esfuerzo incrementa la fuerza de contracción y mejora la coordinación del reclutamiento. Ahora bien, el entrenamiento concurrente podría influir de forma negativa, pues resulta probable que varíe esta incorporación en las contracciones máximas voluntarias. Además, con el adiestramiento en resistencia se reduce la capacidad del sistema neural para generar fuerza rápidamente (Leveritt et al., 1999), de ahí que se planteen ciertas dudas con esta metodología.

La *transformación de fibras* hace referencia a la evolución de características más rápidas a lentas, lo que supone una pérdida del rendimiento en acciones rápidas, reducción en la velocidad de acortamiento de las fibras tipo II, al igual que la actividad enzimática y el contenido proteico en las mismas. Estas circunstancias probablemente limiten el aumento de la fuerza y la potencia cuando se entrena de forma concurrente, pues se consigue una menor hipertrofia (González-Badillo y Ribas, 2002). En esta línea, Kraemer et al. (1995) estudiaron los efectos producidos por un entrenamiento concurrente de fuerza de alta intensidad y de resistencia a nivel hormonal y muscular. Detectaron que no existía diferencia en la transformación de fibras entre los grupos combinado y fuerza durante 12 semanas, aunque sí un impedimento en la progresión de la fuerza, que podría atribuirse a mecanismos neurales o modificaciones en las fibras tipo IIa (Kraemer, 2000a citado por Deakin, 2004). Destacar, que las investigaciones se realizaron con sujetos no entrenados, a diferencia del estudio que diseñaron Bishop et al. (1999). Éstos últimos, utilizaron a un colectivo de mujeres ciclistas para estudiar los efectos de un entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento en resistencia y sobre las alteraciones musculares. A su programa habitual de resistencia se le añadió otro de fuerza y determinaron que no había variaciones en el porcentaje de fibras IIa y IIb. Esta ausencia se atribuyó a que las ciclistas tenían un limitado potencial para la conversión de fibras, debido al bajo porcentaje de tipo IIb (1.4%), cotejado con otros trabajos previos en mujeres (15%). Ello insinúa que la modificación de fibras y por lo tanto, el nivel de fuerza y resistencia desarrollada en el entrenamiento combinado, depende de la composición del músculo y el nivel físico del sujeto.

La *hipertrofia muscular* es otro de los factores integrantes de la citada hipótesis. Las respuestas del músculo dependen del tipo de estímulo aplicado. Si éste se orienta al trabajo de fuerza, la adaptación puede derivar en hipertrofia, donde las miofibrillas aumentan la talla pero conservan su ultraestructura y propiedades bioquímicas. La síntesis de proteínas (el grado de hipertrofia depende de las diferencias entre la síntesis y degradación de proteínas) se incrementa entre 3 y 24 horas tras una sesión de fuerza (Chesley et al., 1992) quedando elevada hasta 24 horas en sujetos entrenados antes de volver a los niveles de reposo. En este caso, se produce una pérdida de la densidad mitocondrial sin una reducción paralela del número de mitocondrias, disminución de la

capacidad oxidativa y pérdida de la densidad capilar, altamente correlacionada con el aumento del área de las fibras tipo II. En cambio, el trabajo de resistencia induce pocos o ningún cambio en la talla, tanto de las fibras tipo I como en las tipo II (Kraemer, 2000a citado por Deakin, 2004). Con él, las miofibrillas no aumentan pero adquieren diferentes características enzimáticas, con frecuencia acompañadas de alteraciones en la microvascularización (Williams y Neuffer, 1996 citados por Deakin, 2004). Estas diferencias en la síntesis y por lo tanto, en el tipo de fibra, probablemente interfieran en el desarrollo de la fuerza con un entrenamiento concurrente, cuando se compara con el de fuerza aislado.

El *sistema endocrino* adquiere una posición destacada, tanto en la regulación del crecimiento como el progreso en las respuestas agudas y crónicas a ambos tipos de entrenamientos (Chromiak y Mulvaney, 1990). El trabajo de fuerza provoca un incremento en la concentración de testosterona durante y tras el ejercicio, que gradualmente declina en la recuperación (Häkkinen et al., 1988; Kraemer et al., 1990). Por contra, el entrenamiento típico de resistencia produce un aumento en las concentraciones de cortisol tras el ejercicio, el cual, disminuye en el descanso (Tabata et al., 1990; Viru et al., 1992). Hoy día se conocen aquellos factores que están relacionados con el ejercicio y que influyen en la determinación de los cambios hormonales (Ronsen et al., 2001). Éstos comprenden intensidad y duración de la actividad, disponibilidad de sustratos y estrés psicológico. De todos ellos, los dos primeros parecen tener una mayor trascendencia (Kraemer et al., 1990; Viru et al., 1992), además de la cantidad de masa muscular implicada en el ejercicio y el total de trabajo acumulado en el transcurso de la sesión (Gotshalk et al., 1997).

La repercusión, que la intensidad y duración produce sobre las respuestas hormonales, se ha estudiado mediante entrenamientos de fuerza con diferentes protocolos (Gotshalk et al., 1997; Kraemer et al., 1990; Kraemer et al., 1993). En una publicación realizada por Gotshalk et al. (1997) se determinaron las respuestas hormonales a dos metodologías de entrenamiento de resistencia, observándose que un sistema de elevado volumen y moderada-alta intensidad originaba una cantidad superior de testosterona que en el trabajo opuesto. De forma análoga, se estableció que el

ejercicio de resistencia reportaba elevadas concentraciones de cortisol, cuando la intensidad era superior al 60% del VO₂máx y la duración mayor a una hora, debido a un gran estrés fisiológico y reducción de glucógeno muscular. Por tanto, parece evidente que las adaptaciones al trabajo de fuerza son distintas cuando se combina con el de resistencia, pues el segundo ocasiona mayor catabolismo e incluso compromete las ganancias de fuerza (Bell et al., 2000; Leveritt y Abernethy, 1999).

I.1.4.3.2. Hipótesis aguda

La teoría propuesta por Craig et al. (1991) supone que la fatiga residual, derivada del trabajo de resistencia dentro de un régimen concurrente, compromete la habilidad del músculo para desarrollar tensión durante el entrenamiento de fuerza. En este sentido, podemos mencionar entre otros factores el *agotamiento neuromuscular*, la *acumulación de metabolitos*, el *daño* y la *reducción de glucógeno* en este tejido.

En relación a la *fatiga neuromuscular* o reducción de la capacidad para ejercer fuerza máxima voluntaria consecuencia del ejercicio (Lepers et al., 2002), ésta se debe a un problema en la actividad muscular voluntaria, que comienza en el cerebro y termina con la formación de puentes cruzados de actina y miosina dentro del músculo. Por consiguiente, la fatiga en este tejido incluye a ambos factores, tanto centrales como periféricos. Los hallazgos encontrados en la mayoría de estudios sobre fuerza y resistencia sostienen que, se produce una reducción en la capacidad de generar fuerza tras el ejercicio, derivada de una alteración en la propagación del potencial de acción a lo largo del nervio motor y de las fibras musculares (Clebis y Natali, 2001 citados por Bucci et al., 2005). Aparentemente, el acúmulo de potasio y amonio, resultado de la fatiga, altera los gradientes de concentración de la bomba sodio-potasio, modificando la excitabilidad de las fibras musculares (Lepers et al., 2002).

Del trabajo de Kanehisa et al. (1997) se dedujo que, el agotamiento producido por el ejercicio estaba relacionado con el tipo de fibra muscular ejercitada. Para ello se establecieron tres grupos, con la intención de determinar el grado de estrés producido en un ejercicio de fuerza máxima isocinética en la extensión de rodilla. Uno se constituyó

con sujetos entrenados en fuerza, otro en resistencia y el último participó como control. Se pudo apreciar que, aquellos con mayor porcentaje de fibras rápidas en el vasto lateral eran más susceptibles de fatigarse que otros con elevado porcentaje de fibras lentas. La explicación, a este hecho, fue que los sujetos entrenados en resistencia suplían en mayor parte la demanda energética de sus vías aeróbicas (Colliander et al., 1988; Kanehisa et al., 1997; Suter et al., 1993).

La *acumulación de metabolitos* (Allen et al., 1992), propia del entrenamiento de resistencia, es la responsable de que disminuya la capacidad de generar tensión por agotamiento en el músculo. Estos sustratos provocan cambios en el nivel de excitación-contracción, ya que reducen la afinidad de las miofibrillas por el calcio además de una caída del pH intramuscular, limitando así la capacidad de contracción.

Asimismo, se ha constatado que tras someter a dos grupos de participantes, uno entrenado en resistencia y el otro en velocidad a un ejercicio exhaustivo en cicloergómetro, los primeros recuperaban más rápido que los segundos (Taoutaou et al., 1996). Esto se produjo como consecuencia de la habilidad para aclarar lactato sanguíneo, tanto por las adaptaciones del entrenamiento de resistencia como por el mayor flujo sanguíneo, capaz de trasladar el lactato del músculo a un lugar diferente.

El *daño muscular* es otro de los componentes implicados. Éste provoca cambios en el sarcolema, discos Z, miofibrillas, en los procesos de acoplamiento excitación-contracción y un incremento en la cantidad de proteínas musculares en la sangre, disminución en la producción de fuerza y déficit neuromuscular (inactivación muscular) (Behm et al., 2001). Hoy día, las evidencias aluden a que el daño posiblemente sea una fuente de fatiga residual originada durante el entrenamiento combinado (Leveritt y Abernethy, 1999).

El tipo de ejercicio también influye en el deterioro del músculo. Así, las contracciones excéntricas producen mayores lesiones y elevadas cantidades de CK en sangre que los ejercicios concéntricos (Clarkson et al., 1985; Hortobágyi y Denahan, 1989). Consecuentemente, existe mayor estrés en un ejercicio como la carrera (Craig et

al., 1991; Dolezal y Potteiger, 1998; Hortobágyi et al., 1991), ya que obstaculiza el desarrollo de la fuerza y/o resistencia por un desgaste superior, si se contrasta con el ciclismo, pues las cualidades contráctiles de las fibras tipo II podrían quedar afectadas tras realizar una carrera relativamente prolongada (Lepers et al., 2000).

También, la *reducción de glucógeno* ha sido planteada como un elemento más que contribuye a la fatiga (Costill y Hargreaves, 1992) tras un ejercicio de resistencia. De esta forma, el rendimiento en la actividad, ejecutada por el mismo grupo muscular instantes previos al restablecimiento de glucógeno, podría verse restringido tanto en el nivel de fuerza generada como en la duración del ejercicio. Por tanto, es posible que el trabajo de fuerza, tras el ejercicio de resistencia, se vea deteriorado.

Igualmente, se ha confirmado que la reducción de glucógeno es selectiva y depende tanto del tipo de fibra como de la intensidad del ejercicio (Pascoe y Gladden, 1996). En la actividad de baja-moderada intensidad, este sustrato se ve restringido previamente en las fibras tipo I, seguido por las de tipo II si éste continúa. En el caso de que la intensidad sea elevada, las fibras tipo II son progresivamente reclutadas y los niveles de glucógeno de las tipo I son escasos.

Hasta el momento, contamos con estudios que sostienen la incompatibilidad del entrenamiento concurrente mientras que otros la niegan. Probablemente las adecuaciones a la fuerza sean más sensibles a este tipo de trabajo que las aeróbicas. En este sentido, habría que considerar tanto la secuencia en las sesiones del trabajo concurrente como la duración de la recuperación entre ellas, pues deben ser factores a tener en cuenta. Además de las respuestas endocrinas, el tipo de fibra y de acondicionamiento, los factores mencionados influyen sobre los efectos de la fatiga tras el trabajo concurrente. Mientras que el acúmulo de metabolitos perjudica al desempeño muscular, inmediatamente tras la finalización del ejercicio, la fatiga neuromuscular, el daño y el reducido nivel de glucógeno son las mayores fuentes agudas de fatiga residual en este tipo de entrenamiento.

I.1.4.4. Efecto del entrenamiento concurrente sobre la fuerza y la resistencia

Una vez descritas las adaptaciones que el entrenamiento de fuerza y el de resistencia provocan en el organismo, vamos a analizar qué efectos ocasiona un trabajo concurrente en el desempeño de estas capacidades.

I.1.4.4.1. Efecto del entrenamiento concurrente en las adaptaciones al trabajo de fuerza

Los resultados obtenidos hasta el momento no permiten determinar, con precisión, las consecuencias derivadas de esta metodología, básicamente, por la variabilidad de diseños empleados. En apariencia y aunque no se pueda afirmar con rotundidad, la fuerza es la capacidad más deteriorada. A continuación analizamos los datos obtenidos en diferentes estudios.

Hickson (1980a) sometió a tres grupos a diversos trabajos de fuerza y resistencia a lo largo de 10 semanas, para establecer la influencia de un entrenamiento concurrente sobre la fuerza. Para ello se hizo la siguiente distribución:

- Un grupo trabajó la fuerza (F) mediante un ejercicio de piernas (sentadilla con una carga superior al 80% de la 1RM) durante 5 días a la semana.
- Otro se entrenó en resistencia (R), simultaneando una tarea interválica en cicloergómetro (40 minutos) y carrera continua 6 días por semana.
- El último efectuó el trabajo desempeñado por el grupo F y R de forma combinada (C).

Los datos revelaron que en las 7 primeras semanas el incremento en la fuerza para el grupo C fue similar al conseguido por el F. Sin embargo, en las 3 últimas se apreció una reducción de la fuerza en el grupo C, mientras que en el F siguió en aumento. Este hecho se atribuyó a la fatiga residual procedente del entrenamiento de resistencia, aunque se advirtió que el trabajo en cicloergómetro aumentó

aproximadamente lo mismo, tanto para el grupo R como para el C. Por tanto, los efectos del entrenamiento combinado sobre el desarrollo de la fuerza podrían ser selectivos. Con este diseño, ya se pudo determinar que la interferencia se manifestaba principalmente sobre la fuerza y la potencia mecánica.

En la investigación de Kraemer et al. (1995) se estudió la compatibilidad de un entrenamiento de fuerza de alta intensidad y otro de resistencia en las adaptaciones musculares y hormonales. En este caso, disponían de 4 grupos de soldados que entrenaron fuerza y resistencia durante 12 semanas. El régimen fue el siguiente:

- Un grupo de fuerza. La metodología se llevó a cabo 4 días/semana: lunes y jueves 2-3 series de 10 RM con 1 minuto de recuperación entre ellas, mientras que el martes y viernes se ejecutaron 5 series de 5 RM con 2-3 minutos de descanso entre series y ejercicios.
- Otro grupo de resistencia, el cual, desempeñó carrera continua e interválica: lunes y jueves 40 minutos al 80-85% del VO_2 máx, martes y viernes intervalos de 200-800 metros al 95-100% y más del VO_2 máx, con una relación ejercicio-descanso de 1:4 a 1:0,5.
- Dos grupos, uno entrenó fuerza y resistencia, mientras el último fuerza con el tren superior y resistencia con el inferior. Entre ambos existía una recuperación de 5-6 horas.

Los resultados indicaron que cuando se realizaba un entrenamiento de fuerza y resistencia el mismo día, con una separación importante entre ambos trabajos (5-6 horas), a elevada intensidad y frecuencia y volumen considerable, existía una tendencia a disminuir la hipertrofia, aumentar el cortisol, reducir la fuerza, la potencia y la resistencia en la musculatura implicada.

El diseño de Bell et al. (2000) examinó el efecto del entrenamiento concurrente en el desarrollo de la fuerza, resistencia, respuestas endocrinas y propiedades de las fibras musculares. En un período de 12 semanas se trabajó con estos grupos:

- Fuerza: entrenaron 3 días/semana (lunes, miércoles y viernes) utilizando máquinas y pesos libres, con intensidades comprendidas entre el 72 y 84% de 1RM. El número de series estaba entre 2 y 6 y el de repeticiones entre 4 y 12.
- Resistencia: el adiestramiento se hizo los mismos días que el grupo de fuerza en cicloergómetro, de manera continua, 2 días/semana, entre 30-42 minutos/sesión y a una intensidad equivalente al umbral ventilatorio (≈ 173 W). De igual forma se entrenó por el método de intervalos 1 vez semanalmente, con una relación entre el trabajo y el descanso de 3:3 minutos, ejecutando de 4 a 7 series en progresión y a una intensidad del 90% del VO_2 máx (≈ 291 W).
- Combinado: los dos entrenamientos anteriormente descritos se efectuaron en días alternos.
- Control: no realizó trabajo alguno.

En esta ocasión, las escasas ganancias en fuerza, tras el entrenamiento concurrente, se debieron a la menor hipertrofia, consecuencia de un estado catabólico incrementado sin aumento en la concentración de hormonas anabólicas. A la inversa, algunos aspectos relacionados con la vascularización y la actividad de enzimas oxidativas pudieron mejorarse con el diseño concurrente, si se compara con el trabajo aislado de ambas capacidades. De este estudio se deduce que, las ganancias en el VO_2 máx son similares tanto en el sistema concurrente como en el aislado de resistencia en este período. Por tanto, el estímulo proporcionado por el entrenamiento de resistencia tiene una potencia suficiente como para contrarrestar el posible efecto antagónico del entrenamiento de fuerza, si la duración del concurrente no se prolonga más allá del descrito (entre 7-12 semanas).

Muchos otros también apoyan esta discrepancia (Craig et al., 1991; Dudley y Djamil, 1985; Dolezal y Potteiger, 1998; Hennessy y Watson, 1994; Hunter et al., 1987; Sale et al., 1990b), aunque no podemos obviar que la variabilidad de diseños aporta resultados muy dispares y en ocasiones paradójicos.

Contrariamente a estos resultados, un grupo de investigadores abogan por la compatibilidad del entrenamiento concurrente (Abernethy y Quigley, 1993; Bell et al., 1991b; Bell et al., 1997; Chtara et al., 2005; McCarthy et al., 1995). Sale et al. (1990a) diseñaron un trabajo para estudiar los efectos producidos por dos entrenamientos concurrentes. Así, ejercitaron a dos grupos durante 22 semanas mediante estos protocolos:

- Uno trabajó fuerza en una pierna (6 series de 15-20 repeticiones en press de pierna) y en la otra siguió una metodología concurrente (se ejecutó tanto el trabajo de fuerza como el de resistencia).
- El segundo desempeñó un entrenamiento de resistencia con una pierna (5 series de 3 minutos en bicicleta al 90-100% del VO_2 máx) y con la otra el trabajo concurrente (tanto el de fuerza como el de resistencia).

El entrenamiento concurrente, llevado a cabo en ambos grupos, no interfirió en la evolución de la fuerza cuando se contrastó con el trabajo aislado de esta capacidad, al igual que ocurrió con la sección transversal del músculo. Aún así, se debe contemplar la influencia ejercida por los efectos centrales del entrenamiento en la otra pierna, comúnmente denominado efecto cruzado (Cannon y Cafarelli, 1987; Hortobágyi et al., 1997).

Abernethy y Quigley (1993) y McCarthy et al. (1995) tampoco encontraron discrepancias en la evolución de la fuerza con el entrenamiento concurrente, equiparado con el trabajo aislado de ambas. Los primeros justificaron sus datos por los diferentes patrones empleados para el desarrollo de la fuerza en el triceps, en contraposición al cuadriceps (utilizado en otros estudios) durante el entrenamiento concurrente. El

segundo, examinó los efectos de un entrenamiento concurrente comparado con otro de fuerza y resistencia, demostrando la compatibilidad del combinado. El autor atribuyó sus resultados a la reducida frecuencia de entrenamiento (3 días/semana), cotejado con otros estudios donde se entrenaba 5 o 6 días. A continuación, en la tabla I-9 presentamos un compendio de estos trabajos.

Como podemos apreciar, es difícil llegar a un consenso sobre los efectos producidos por un sistema concurrente, aunque aparentemente, la fuerza es la capacidad más desfavorecida, sobre todo cuando las dos cualidades están incluidas en el mismo régimen de entrenamiento (Leveritt et al., 1999). De todas formas, se requieren nuevas investigaciones antes de pronunciarse acertadamente sobre el tema.

Tabla I-9. Trabajos concurrentes y su efecto sobre la fuerza.

AUTORES	INTERFERENCIA	NO INTERFERENCIA
Hickson, 1980a.	X	
Dudley y Djamil, 1985.	X	
Hunter et al., 1987.	X	
Sale et al., 1990a.		X
Sale et al., 1990b.	X	
Bell et al., 1991a.		X
Bell et al., 1991b.		X
Hortobágyi et al., 1991.	X	
Craig et al., 1991.	X	
Abernethy y Quigley, 1993.		X
Hennessy y Watson, 1994.	X	
Kraemer et al., 1995.	X	
McCarthy et al., 1995.		X
Bell et al., 1997.		X
Dolezal y Potteiger, 1998.		X
Leveritt et al., 2000.		X
Bell et al., 2000.	X	
Putman et al., 2004.	X	

I.1.4.4.2. Efecto del entrenamiento concurrente en las adaptaciones al trabajo de resistencia

Al igual que ocurría con la interferencia para el trabajo de fuerza, es posible que la resistencia se vea mermada con esta metodología, básicamente por factores como las adaptaciones fisiológicas, los programas diseñados o las secuencias del entrenamiento. Dolezal y Potteiger (1998) examinaron la influencia de un entrenamiento combinado sobre el metabolismo basal, 1RM (sentadilla y press de banca), porcentaje graso y VO_2 máx en un período de 10 semanas, ejercitándose 3 días cada una. El diseño fue este:

- Un grupo entrenó fuerza (F) mediante 13 ejercicios, destinados tanto al tren superior (lunes), inferior (miércoles) y para todo el cuerpo (viernes). Las 2 primeras semanas se ejecutaron 3 series de 10-15 repeticiones y en las 8 últimas 10-12 repeticiones en la 1ª serie, 8-10 en la 2ª y 4-8 en la 3ª.
- Otro trabajó resistencia (R) utilizando la carrera. Las dos primeras semanas se ejercitaron 25 minutos al 65% de la frecuencia cardiaca máxima. Posteriormente, entre la tercera y sexta, la intensidad fue del 65-75% durante 35 minutos, para concluir entre la 7-10 semana con 40 minutos al 75-85%.
- El último ejecutó ambos el mismo día y en la misma sesión (C) realizando el de fuerza previo al de resistencia.

El grupo R incrementó el VO_2 máx en mayor proporción que el C y el F y la fuerza también lo hizo en el grupo F con respecto al C y al R. Los resultados mostraron que el progreso en el VO_2 máx estuvo más comprometido que las mejoras de fuerza. Estos autores justificaron sus resultados por las interferencias detectadas en las adaptaciones al entrenamiento de fuerza, entre ellas, a la hipertrofia de las fibras, al igual que al incremento de proteínas contráctiles asociadas a una disminución de la densidad capilar y mitocondrial.

Nelson et al. (1990 citados por Deakins, 2004) observaron las consecuencias derivadas de un régimen concurrente en dos grupos, uno C (fuerza isocinética y cicloergómetro) y otro R (cicloergómetro) durante 20 semanas, afirmando que la evolución de la resistencia en el grupo C era inferior al cotejarlo con el grupo R. Estos autores demostraron que tras 11 semanas de entrenamiento, tanto el grupo R como el C experimentaron ganancias similares en el VO_2 máx, mientras que en las 9 últimas, el grupo R obtuvo los mayores beneficios comparados con el grupo C, además de acrecentar significativamente la actividad de la citrato sintetasa. Se sugiere que, el entrenamiento combinado quizás inhiba la normal adaptación a cada programa de acondicionamiento, si se contrasta con el régimen aislado. De todas formas, el grado de interferencia depende de la naturaleza e intensidad de los programas de ambas capacidades.

El estudio de Gravelle y Blessing (2000) equiparó el nivel de adaptación fisiológica a una secuencia alternativa de entrenamiento de ambas capacidades. Un grupo desempeñó primero la resistencia y culminó con la fuerza, mientras el otro lo realizó a la inversa. El entrenamiento se efectuó durante 11 semanas con una frecuencia semanal de 3 días. Se dedicaron 45 minutos al desarrollo de la fuerza mediante 5-6 ejercicios para el tren inferior y otros 45 minutos de trabajo en remoergómetro al 70% del VO_2 máx. Los datos indicaron que aunque no se produjeron efectos negativos para el incremento de la fuerza, la capacidad aeróbica sí se vio mermada en la secuencia donde se entrenó primero resistencia y luego fuerza. Por tanto, el orden de entrenamiento (Zatsiorsky, 1995) puede ser determinante para el trabajo concurrente.

En el otro extremo nos encontramos con estudios donde se afirma que no existe obstáculo en el desarrollo de la resistencia con un entrenamiento concurrente, al contrastarlo con un programa de resistencia aislado (Bell et al., 2000; Dudley y Djamil, 1985; Hickson, 1980b; McCarthy et al., 1995). Los datos han desvelado que se consigue mejorar el tiempo de trabajo al igual que el umbral del lactato y paralelamente reducir la concentración de este metabolito.

Un ejemplo representativo lo encontramos en el trabajo de Bell et al. (2000), donde se estudió la influencia de un entrenamiento concurrente sobre las propiedades del músculo esquelético y la concentración hormonal. Sujetos universitarios físicamente activos y con cierta experiencia en el entrenamiento de fuerza y resistencia, se distribuyeron en tres grupos: uno de fuerza (3 días/semana los lunes, miércoles y viernes empleando máquinas y pesos libres con intensidades entre el 72 y 84% de 1RM y 2 a 6 series de 4 a 12 repeticiones), otro de resistencia [los mismos días que en el caso anterior en cicloergómetro de manera continua. Dos días se ejercitaban de 30 a 42 minutos por sesión, a una intensidad equivalente al umbral ventilatorio (173W). El último día emplearon el método de intervalos, ejecutando 4 a 7 series en progresión con una relación 3:3 minutos de ejercicio y descanso y a una intensidad del 90% del VO_2 máx (291W)] y finalmente un grupo combinado que realizaba los dos trabajos en días alternos. La duración total del entrenamiento fue de 12 semanas. Los datos mostraron que el VO_2 máx, al igual que en otros estudios, presentó un desarrollo muy próximo al de resistencia. Se sugiere que, el estímulo proporcionado por el trabajo de resistencia tiene una potencia suficiente como para contrarrestar el posible efecto contrario del entrenamiento de fuerza, si la duración del entrenamiento combinado no se prolonga más de 12 semanas. Aún así hay que ser cautos, pues gran parte de estudios se han hecho con sujetos que carecen de experiencia en el entrenamiento, consiguiendo alterar el grado de adaptación si se compara con participantes entrenados.

También se ha investigado el resultado que podría tener un protocolo de fuerza en sujetos adiestrados en resistencia, para determinar si el primero mejoraba el rendimiento en resistencia. Realmente, los hallazgos no son del todo definitivos, ya que unos se pronuncian a favor (Hickson et al., 1988) y otros en contra (Bishop et al., 1999; Tanaka et al., 1993). De acuerdo con la primera teoría, Hickson et al. (1988) examinaron el impacto producido por el entrenamiento de fuerza en corredores y ciclistas. El programa se llevó a cabo durante 10 semanas con una frecuencia semanal de 3 días. Dicho trabajo consistió en la ejecución de 5 series de 5 repeticiones (80-85% de 1RM), simultaneándolo con el entrenamiento de resistencia. Se obtuvo una mejora de la fuerza en piernas, aumento del tiempo hasta el agotamiento al 80% del VO_2 máx y de la resistencia en esfuerzos relativamente cortos en cicloergómetro y tapiz, sin

modificación del $\text{VO}_2\text{máx}$. Por tanto, de este régimen se puede extraer la conclusión de que ciertos tipos de rendimiento en resistencia, en concreto, aquellos que solicitan el reclutamiento de fibras tipo II, podrían verse beneficiados por el adiestramiento en fuerza.

En esta misma línea, Marcinik et al. (1991) investigaron los efectos de un entrenamiento de fuerza en el umbral de lactato y en el rendimiento en resistencia. Para ello, sometieron a los participantes, con cierta experiencia en la práctica deportiva, a 12 semanas de entrenamiento en circuito, 3 días en semana ejecutando 3 series de 8-12 repeticiones en unos ejercicios y 15-20 en otros. Se obtuvo un aumento del tiempo de trabajo y del umbral de lactato y una reducción significativa de la concentración de ácido láctico en intensidades del 55-75% del $\text{VO}_2\text{máx}_{\text{pico}}$, aunque sin modificación de dicho consumo. Del estudio se deduce que, el entrenamiento de fuerza puede mejorar el rendimiento en resistencia sin cambios en el VO_2 . La evolución en la resistencia, como consecuencia del entrenamiento de fuerza, parece estar relacionada con el incremento del umbral de lactato y con los factores neuromusculares, sin que conlleve necesariamente una mejora del $\text{VO}_2\text{máx}$.

Para determinar el impacto de un entrenamiento de fuerza en la economía de carrera, Johnston et al. (1997) utilizaron para su estudio a mujeres fondistas que no tenían experiencia en fuerza. Durante 10 semanas entrenaron conjuntamente fuerza y resistencia y otro grupo sólo resistencia, siendo este último trabajo el mismo para ambos colectivos. La metodología radicó en completar un total de 20-30 millas a lo largo de 4-5 días/semana a una intensidad de estado estable del consumo de oxígeno. El entrenamiento de fuerza se hizo de forma alternativa 3 días/semana, con 3 series de 6-8 RM para grandes grupos musculares y 2 series de 15 RM a 2 de 20 RM para grupos musculares más pequeños. La recuperación fue de 2 minutos entre series y la separación de los entrenamientos de fuerza y resistencia de 5 horas como mínimo. En este caso, la fuerza aumentó significativamente en el grupo combinado, mientras que en el otro no, al igual que la economía de carrera. El $\text{VO}_2\text{máx}$ relativo se redujo significativamente en el primero pero no se modificó en el segundo y la frecuencia cardiaca disminuyó en el grupo F (aunque no significativamente), sin que sufriera cambios el combinado. Esto

mismo ocurrió para el VO_2 máx. La posible explicación fue que el progreso en la economía de carrera, del grupo combinado, podía relacionarse con el aumento de la fuerza de piernas y las modificaciones ocasionadas, tanto en el sistema nervioso como en el modelo de reclutamiento. Una mayor hipertrofia sobre las fibras rápidas permitiría una menor activación muscular para producir la misma fuerza. Por ello, si el incremento de ésta se produjo por cambios estructurales, neurales o por ambos y consecuentemente se obtuvo un reclutamiento más eficiente, probablemente se reduciría el VO_2 a cada velocidad de carrera.

Bishop et al. (1999) examinaron la influencia que el entrenamiento de fuerza ejercía en el rendimiento en resistencia de 21 mujeres. Para ello se organizó un grupo de resistencia (control) y otro combinado, trabajando durante 12 semanas. El grupo combinado mantuvo una cantidad de kilómetros semanales e incluyó entrenamiento de fuerza 2 días a la semana, basado en la ejecución de 5 series de 2-8 RM en ejercicio de sentadilla. Para el grupo de resistencia se conservó el kilometraje que realizaba semanalmente. Los resultados mostraron que el grupo combinado incrementó su RM para el ejercicio de sentadilla en las primeras 12 semanas, aunque éste no supuso cambios significativos en el rendimiento.

Es interesante destacar que la modalidad del entrenamiento de fuerza, dentro de un régimen concurrente juega un importante papel, como se demuestra en el estudio llevado a cabo por Tanaka et al. (1993) con nadadores. Estos emplearon un protocolo de fuerza en seco, que no resultó significativo para el rendimiento. Aunque no existen trabajos sobre el entrenamiento de fuerza y resistencia en agua, para determinar el rendimiento en resistencia, las evidencias indican que el de fuerza en el medio acuático mejora la velocidad en distancias hasta 200m (Tanaka et al., 1993; Toussaint y Vervoorn, 1990).

Tras el análisis de los trabajos que estudian la repercusión del entrenamiento concurrente sobre la resistencia, podemos afirmar que ésta se ve menos perjudicada que la fuerza, al menos con los diseños planteados. En la siguiente tabla (I-10) podemos ver un resumen de los mismos.

Tabla I-10. Trabajos concurrentes y su efecto sobre la resistencia.

AUTORES	INTERFERENCIA	NO INTERFERENCIA
Hickson, 1980b.		X
Dudley y Djamil, 1985.		X
Hunter et al., 1987.		X
Hickson et al., 1988.		X
Nelson et al., 1990.	X	
Sale et al., 1990.		X
Marcinik, 1991.		X
Paavolainen et al., 1991.		X
Hortobágyi et al., 1991.		X
Nakao et al., 1995.		X
McCarthy et al., 1995.		X
Johnston et al., 1997.		X
Dolezal y Potteiger, 1998.		X
Paavolainen et al., 1999.		X
Hoff et al., 1999.		X
Bell et al., 2000.		X
Gravelle y Blessing, 2000.	X	
Crouse et al., 2004.		X

En la actualidad, ha surgido un nuevo concepto para el trabajo de ambas capacidades, denominado *entrenamiento simultáneo* (Melrose y Knowlton, 2005). Consiste en desarrollar la fuerza y la resistencia a la vez, es decir, mientras se ejercita el tren inferior con un acondicionamiento en resistencia el superior lo hace mediante uno de fuerza. Este sistema precisa de una gran coordinación segmentaria, por lo que podría suponer una limitación para el desarrollo del rendimiento.

En dicho ámbito han trabajado los autores Melrose y Knowlton (2005), para establecer los efectos que un entrenamiento simultáneo de fuerza y resistencia ejerce sobre la potencia aeróbica y la fuerza muscular. Para ello, aplicaron a tres grupos un programa de 6 semanas entrenando 3 días en las siguientes tareas:

- Grupo de resistencia: realizaron 5-6 series de 3 minutos en cicloergómetro al 85% del $\text{VO}_2\text{máx}$ recuperando 3 minutos entre series.

- Grupo de fuerza: ejecutaron un ejercicio de flexión de codo con el brazo dominante, a través de 4 series descansando 3 minutos. Las 2 primeras semanas entrenaron las series con 10 RM, la tercera con 8, la cuarta con 6 y la quinta y sexta con 4 y 2 respectivamente.
- Grupo simultáneo: desempeñaron el trabajo de los anteriores a la vez, destinando el de resistencia al tren inferior y el de fuerza al superior.

Los resultados indicaron que al comparar los grupos resistencia y simultáneo, los dos incrementaron significativamente su rendimiento, pero entre ellos no se apreciaron diferencias notables. Los mismos datos se encontraron en el grupo fuerza y simultáneo. Por tanto, dicho entrenamiento de fuerza y resistencia es capaz de incrementar la fuerza y la potencia aeróbica, aunque éste implica un gran nivel de coordinación. Dichos autores lo propusieron como una buena metodología aplicable durante la pretemporada.

Como venimos afirmando desde el inicio del capítulo, debemos continuar con el trabajo de investigación para llegar a un consenso acertado.

I.1.4.5. Efecto de la secuencia del entrenamiento concurrente sobre la fuerza y la resistencia

En la generalidad de estudios, dirigidos al entrenamiento concurrente, se han utilizado grupos que trabajan fuerza, resistencia o la combinación de ambos, examinando con posterioridad los niveles de adaptación conseguidos. Algunos no han reparado en el orden o la secuencia de entrenamiento en el grupo combinado, circunstancia que puede alterar las modificaciones derivadas de éste. Tras analizar las publicaciones en torno a esta cuestión, resulta complicado precisar cual es la mejor secuencia para evitar la incompatibilidad.

Diversos autores han tratado esta cuestión (Bell et al., 1988 citados por Deakin, 2004; Bell et al., 1991b; Collins y Show, 1993; Gravelle y Blessing, 2000). Así, Bell et al. (1988) fueron los que por primera vez examinaron los efectos del entrenamiento de fuerza y resistencia durante dos secuencias de trabajo. La premisa establecida por ellos

fue que, entrenar ambas capacidades en un mismo programa con un orden determinado, podía evitar la incompatibilidad. Para ello, aplicaron a dos grupos de remeros protocolos heterogéneos. Uno de ellos desempeñó durante 5 semanas un trabajo de resistencia y a continuación el de fuerza en las 5 restantes. El otro hizo lo mismo pero en orden inverso. El entrenamiento de resistencia se realizó mediante un ejercicio de remo durante 60 minutos, a una intensidad del 85-90% de la frecuencia cardíaca máxima, mientras que el de fuerza consistió en un circuito de 12 estaciones ejecutadas a una velocidad variable a lo largo de 4 sesiones semanales. Los resultados desvelaron que el orden no influyó en las adaptaciones fisiológicas a cada programa. La conclusión, cuando primero se entrena resistencia y luego fuerza, fue que no se producían mayores ganancias que en el diseño opuesto y el VO_2 máx mejoró en ambas secuencias.

En un estudio posterior de Bell et al. (1991b) se utilizó un planteamiento similar modificando la velocidad del trabajo de fuerza y los períodos de descanso. El resultado, en este caso, fue que el orden alteraba los niveles de adaptación. Cuando se entrenó primero la fuerza y posteriormente la resistencia, aparentemente no existieron modificaciones significativas en ambas, aunque con la secuencia contraria se observó un declive en la capacidad aeróbica durante el ciclo de fuerza.

Sahlin y Seger (1995) realizaron un estudio para establecer los efectos en las propiedades contráctiles del cuádriceps. En este caso se practicaba un ejercicio en cicloergómetro hasta la extenuación al 75% del VO_2 máx, seguido por otro de fuerza isométrica máxima. Los datos manifestaron que la recuperación de la fuerza, tras un prolongado ejercicio de resistencia, ocurría en dos fases, la primera relativamente corta (unos minutos a media hora) donde se producía la restauración de electrolitos y energía muscular y la segunda que necesitó entre 30 minutos y varios días o semanas, relacionada con el daño estructural producido en los elementos musculares.

En esta línea se posicionan los autores Collins y Show (1993), que analizaron las adaptaciones producidas por diferentes secuencias de entrenamiento. Así, confeccionaron un trabajo de fuerza y de resistencia dentro del mismo régimen de entrenamiento modificando el orden. El entrenamiento de fuerza se basó en 10

ejercicios realizando 2 series de 3-12 repeticiones, mientras que el entrenamiento de resistencia consistió en 20-25 minutos de carrera al 60-90% de la frecuencia de reserva. Los datos confirmaron que no existían diferencias significativas entre ambas sucesiones tras 7 semanas de entrenamiento, evaluadas mediante el VO_2 máx, 1RM en press de banca, curl de brazos y prensa atlética.

Gravelle y Blessing (2000) cotejaron las adaptaciones fisiológicas de 19 mujeres físicamente activas, utilizando dos estructuras opuestas durante 11 semanas. El entrenamiento de fuerza se justificó con 5-6 ejercicios para el tren inferior en 45 minutos, mientras que el de resistencia en uno de remo 3 veces por semana a lo largo 45 minutos al 70% del VO_2 máx. Los datos mostraron que 1RM en prensa atlética fue igual en ambas secuencias. Por su parte, el VO_2 máx se incrementó en ambos grupos, aunque no fue significativo para la secuencia donde primero se entrenaba la resistencia. Estos resultados verificaron que el orden no influyó en las adaptaciones al entrenamiento de fuerza, aunque las modificaciones aeróbicas si se vieron limitadas.

También, Sporer y Wenger (2003) establecieron los efectos del ejercicio aeróbico en el rendimiento en fuerza, seguido de diferentes períodos de recuperación. Para ello, 16 hombres se dividieron en dos grupos; uno trabajó aeróbicamente mediante intervalos de alta intensidad y el otro a través de un ejercicio continuo submáximo. Cada uno ejecutó 4 series en press de banca y de piernas al 75% de 1RM, seguido de un trabajo aeróbico con una recuperación de 4, 8 y 24 horas. Los resultados mostraron que cuando el trabajo aeróbico precedía al de fuerza, la capacidad de trabajo se veía disminuida hasta 8 horas. Este empeoramiento se atribuyó a los músculos implicados en el entrenamiento aeróbico.

En otro estudio (Chtara et al., 2005) se examinó la influencia que el trabajo concurrente tenía sobre el rendimiento aeróbico y se determinó si el orden (primero una capacidad que otra), dentro de la misma sesión, producía diferentes cambios en la evolución de la resistencia. Para ello, se aplicaron diversos entrenamientos a 4 grupos durante 12 semanas trabajando 2 días. Uno se dedicó a la resistencia (carrera intermitente en pista al 100% de la velocidad a la que se alcanza el

VO₂máx), otro a la fuerza (entrenamiento en circuito de resistencia a la fuerza las 2 primeras semanas y de fuerza explosiva las 2 últimas) y dos más combinando los anteriores (resistencia + fuerza y viceversa). Con el trabajo de fuerza se consiguió incrementar el VO₂máx, sobre todo en las 7 primeras semanas. El adiestramiento intermitente de resistencia fue beneficioso para mejorar la potencia aeróbica, pues un trabajo estas características permite elevar la intensidad durante más tiempo. Sin embargo, los datos revelaron que los mayores progresos se obtuvieron con un adiestramiento concurrente, donde primero se entrenó la resistencia y posteriormente la fuerza.

Tras revisar la literatura parece ser que, tanto la modalidad deportiva (carrera, esquí o pedaleo) como el tipo de contracción muscular y la duración del ejercicio previo de resistencia afectan a la fuerza. Además, el descenso de glucógeno post-ejercicio probablemente no sea la fuente más importante que contribuya a una reducción de la fuerza máxima después del trabajo de resistencia. También, otros parámetros como el horario de las sesiones, el tiempo de recuperación entre ambas o la fatiga residual de un trabajo previo han de estudiarse para conseguir los mejores resultados, tanto en entrenamiento como en competición.

I.1.4.6. Efecto del tiempo de recuperación entre el trabajo de resistencia y de fuerza

Otro de los factores a considerar, en el entrenamiento combinado, es el tiempo que ha de transcurrir entre ambos trabajos para que la interferencia sea ínfima. Para ello, se ha valorado el efecto del esfuerzo típico de resistencia (duración relativamente prolongada y distintas intensidades) sobre la fuerza, en vías de comprobar que la incompatibilidad se debe a la fatiga residual derivada del trabajo previo de resistencia (González-Badillo y Ribas, 2002). Aún así y como ocurría con la secuencia del entrenamiento, resulta complicado establecer cual es el tiempo necesario para evitar interferencias.

Abernethy y Quigley (1993) analizaron los efectos producidos por una actividad de resistencia sobre la fuerza. En este caso, sometió a dos grupos de sujetos habituados al entrenamiento de fuerza al siguiente trabajo: el primero realizó 150 minutos en cicloergómetro, con una cadencia de 60rpm al 35% del pico máximo de VO_2 máx; el segundo ejecutó 5 series de 5 minutos con otros 5 de recuperación entre ellas, a intensidades progresivas desde el 40% al 100% del VO_2 máx dentro de cada serie. En ambas situaciones se consiguió una reducción significativa del momento de fuerza, en los últimos 30 grados de extensión de rodillas a diferentes velocidades.

Hallazgos similares encontraron Leveritt y Abernethy (1999), al observar lo ocurrido tras ejecutar un ejercicio de resistencia de alta intensidad sobre la fuerza, medida a través de ejercicios isoinerciales (pesos libres) e isocinéticos (momento de fuerza) en sujetos que realizaban actividad física regularmente. El trabajo de resistencia estribó en 5 series de 5 minutos en cicloergómetro, con intensidades progresivas dentro de cada serie entre el 40 y 100% del VO_2 máx. Tras 30 minutos, se observó una reducción importante del número de repeticiones ejecutadas en sentadilla, con el 80% de 1RM y el momento de fuerza a diferentes velocidades.

Lepers et al. (2000) valoraron la fatiga neuromuscular, después de aplicar un ejercicio prolongado en cicloergómetro a triatletas que realizaban una carrera durante dos horas. Antes e inmediatamente después se midieron el momento de fuerza en extensión de rodillas en régimen excéntrico, isométrico y concéntrico, actividad eléctrica del vasto y el salto en contramovimiento. Todas las medidas fueron significativamente más bajas, llegando los autores a la conclusión de que las pérdidas no se producían por la disminución de la actividad neural, sino fundamentalmente por el fallo de los mecanismos contráctiles, sobre todo en las fibras tipo II.

Bentley et al. (1998) analizaron las consecuencias del entrenamiento en bicicleta sobre la recuperación de la fuerza, a las 6 y 24 horas de finalizar el mismo. El protocolo consistió en ejecutar durante 30 minutos, en cicloergómetro a la intensidad del umbral de lactato, 4 series de 60 segundos al 120% del VO_2 máx, con 1 minuto de recuperación entre cada serie. A las 6 y 24 horas se efectuaron los tests, observando que sobre todo la

fuerza fue la capacidad más perjudicada, especialmente a las 6 horas. Lo más probable es que la reducción de fuerza se debiera a la perturbación en la excitación nerviosa, repercutiendo en la capacidad de reclutamiento y frecuencia de estímulo. En consecuencia, el tiempo de recuperación tras una sesión de resistencia, puede ser determinante para el entrenamiento y la mejora de la fuerza, si éste se realiza a continuación del ejercicio de resistencia. Obviamente, la intensidad y duración del trabajo de resistencia influye sobre el tiempo necesario de separación entre ambos entrenamientos, para que la interferencia entre ellos sea mínima.

También hay datos sobre la combinación de entrenamientos efectuados en el mismo o en distinto día. Así, Sale (1990b) comparó los efectos de dos sistemas concurrentes, utilizando a 1 grupos para un trabajo combinado el mismo día en una sola sesión, 2 veces por semana durante 20 semanas y otro para trabajar la fuerza 2 veces y la resistencia otros 2 pero en días diferentes. El entrenamiento de fuerza consistió en la ejecución de 6-8 series de 15-20 RM en press de piernas y el de resistencia en 6-8 series de 3 minutos en cicloergómetro a intensidad entre el 90 y 100% del VO_2 máx. Los datos revelaron que el entrenamiento de fuerza, efectuado en distintos días al de resistencia, produjo mayores incrementos de la primera, al compararlo con el entrenamiento de ambas cualidades realizado en el mismo día en una sola sesión.

De todas formas, la variabilidad en los diseños no permite afirmar que esta sea la mejor forma de entrenar para evitar incompatibilidades, por lo que reiteradamente anhelamos novedosas investigaciones al respecto. A continuación, en la tabla I-11 presentamos un resumen de algunos trabajos donde se han encontrado interferencias para el desarrollo de la fuerza. En la tabla I-12 mostramos aquellos donde no se han producido éstas.

Tabla I-11. Interferencia en el desarrollo de la fuerza mediante un diseño concurrente.

AUTOR	DISEÑO
Hickson, 1980a.	Tres grupos: F, R y C. F: ejercicio de piernas 3 series de 5 repeticiones (squat con una carga superior al 80% de la RM). R: simultanea ejercicio interválico en cicloergómetro durante 40 minutos y carrera continua. C: trabajo realizado por el grupo F y R de forma combinada. El F entrenó 5 días/semana y el R 6 días
Dudley y Djamil, 1985.	Tres grupos: F, R y C. F: 2 series de 30 segundos de extensión máxima de rodilla. R: 5x5 minutos cicloergómetro al 40-100% de VO ₂ máx. F y R entrenaron 3 días/semana y C mismo entrenamiento que F y R pero en días alternos. Todos los grupos entrenaron 7 semanas.
Hunter et al., 1987.	Tres grupos: F, R y C. F: 3 series de 7-10 repeticiones con ejercicios para el tren superior e inferior. R: carrera durante 20-40 minutos al 75% de la frecuencia cardíaca máxima. C: entrenó F y R el mismo día durante 2 veces/semana, sólo 1 modalidad de entrenamiento los 4 días restantes. El entrenamiento duró 12 semanas, trabajando 4 días en cada una.
Craig et al., 1991.	Tres grupos: F, R y C. Todos entrenaron 3 días/semana durante 10 semanas. F: varios ejercicios para el tren superior e inferior. R: 35 minutos de carrera al 75% de la frecuencia cardíaca máxima. C: realizó ambos entrenamientos el mismo día comenzando con el trabajo de F seguido por el de R.
Sale et al., 1990b.	Dos grupos: F y R en días alternos, y otro que trabajó F y R el mismo día. El primero entrenó F 2 días y R otros 2. El segundo grupo entrenó 2 días/semana F y R en la misma sesión. El entrenamiento de F: 6 x15-20 RM en prensa atlética y R: 6-8 x 3 minutos en cicloergómetro al 90-100% of VO ₂ máx. Los dos grupos entrenaron durante 22 semanas.
Hortobágyi et al., 1991.	Tres grupos: F: baja resistencia, F: alta resistencia y grupo control. Los dos primeros entrenan 40 minutos de entrenamiento en circuito con ejercicios para el tren superior e inferior mas 2 millas de carrera, 3 días/semana durante 13 semanas.
Hennessy y Watson, 1994.	Tres grupos: F, R, C. F: 3días/semana entre el 70-105% 1RM. R: 4días/semana carrera (3 sesiones de carrera continua y 1 de farlet). C: irregular, F y R el mismo día 2 veces/semana (no especifica orden), 1 día sólo F y 2 días R. El entrenamiento se hizo durante 8 semanas trabajando 5 días/semana.
Kraemer et al., 1995.	Cuatro grupos: F: 4 días/semana: lunes y jueves 2-3 series de 10 RM con 1 minuto de recuperación entre series, y martes y viernes 5 series de 5 RM con 2-3 minutos de recuperación entre series y ejercicios. R: carrera continua e interválica: lunes y jueves 40 minutos al 80-85% del VO ₂ max, martes y viernes intervalos de 200-800 metros al 95-100% y más del VO ₂ máx, con una relación ejercicio-descanso de 1:4 a 1:0,5. Dos grupos más, uno de ellos entrenaba fuerza más resistencia (C1) y el otro fuerza con la parte superior del cuerpo más resistencia con los miembros inferiores (C2) con distinta musculatura. Este entrenamiento se realizaba con un intervalo de 5-6 horas de separación entre la carrera y el entrenamiento de fuerza. El trabajo duró 12 semanas.
Dolezal y Potteiger, 1998.	Tres grupos:F, R y C. F: varios ejercicios para el tren superior e inferior. R: 40 minutos de carrera al 85% de la frecuencia cardíaca máxima. C: realizó ambos trabajos el mismo día. Todos los grupos entrenaron 3 días/semana durante 10 semanas.
Bell et al., 2000.	Cuatro grupos F, R, C y CT. F y R entrenaron 3 días/semana. F: intensidades comprendidas entre el 72 y 84% de 1RM y de 2 a 6 series de 4 a 12 repeticiones. R: cicloergómetro de manera continua, 2 días/semana, de 30 a 42 minutos por sesión y a una intensidad equivalente al umbral ventilatorio (aprox. 173 W), y por el método de intervalos una vez con una relación 3:3 minutos de ejercicio y descanso desde 4 a 7 series en progresión y a una intensidad del 90% del VO ₂ máx (291W). C: completaron ambos trabajos de F y R durante 6 días. Todos los grupos entrenaron durante 12 semanas.
Putman et al., 2004.	Cuatro grupos: Control, fuerza, resistencia y combinado. El grupo de fuerza y resistencia entrenan 3 veces/semana durante 12 semanas y el combinado seis en días alternos. El entrenamiento de resistencia consistió en un trabajo en cicloergómetro entre 30 y 42 minutos en las dos primeras semanas a intensidad de su potencia máxima. En las siguientes sesiones el trabajo fue interválico al 90% del VO ₂ máx. El entrenamiento de fuerza se basó en la combinación de ejercicios en máquina y pesos libres tanto para el tren superior como inferior, entre 2-6 repeticiones al 70-85 % de 1RM, con 2 minutos de descanso entre series y de 2-3 entre ejercicios.
F: fuerza, R: resistencia, C: combinado, VO₂máx: consumo máximo de oxígeno, 1RM: 1 repetición máxima	

Tabla I-12. Trabajos donde no se ha producido interferencia sobre la fuerza con el entrenamiento concurrente.

AUTOR	DISEÑO
Sale et al., 1990a.	Dos grupos: F+C y R+C. El primero trabaja F con una pierna y C con la otra. El segundo trabaja R con una y C con la otra. El trabajo de F consiste en hacer 6 series de 15-20 repeticiones con prensa atlética 3 veces/semana. El de R se basa en 5x3 minutos en cicloergómetro, 90-100% VO ₂ máx 3 veces/semana. El entrenamiento duró 22 semanas.
Bell et al., 1991.	Dos grupos: F y C. El F trabaja 3 veces/semana circuito con un moderno equipamiento hidráulico con una relación trabajo/descanso de 1:1. El trabajo de resistencia consiste en un entrenamiento en remoergómetro de forma continua de 40-55 minutos al 85-90% de la frecuencia cardiaca máxima. El experimento duró 12 semanas.
Abernethy y Quigley, 1993.	Tres grupos: F, R, C. El trabajo de F: 2 series de 30 segundos realizando contracciones máximas isocinéticas de codo a 4.16 rad.sec-1. El de R: 5x5 ejercicio interválico excéntrico de braceo entre el 40-100% VO ₂ máx. El grupo C: completó ambos entrenamientos en días alternos. Todos entrenaron 3 veces/semanas durante 7 semanas.
McCarthy et al., 1995.	Tres grupos: F, R, C. El grupo F: 8 ejercicios con 4 series/5-7 repeticiones. El de R: ejercicio continuo en cicloergómetro durante 50 minutos al 70% de la frecuencia cardiaca máxima. El C: hizo ambos trabajos en la misma sesión. Entrenaron 3 días/semana durante 10 semanas.
Bell et al., 1997.	Dos grupos: F y R. El primero trabajó 2 a 6 series de 2-10 repeticiones al 65-85 % 1RM. El grupo R hizo remoergómetro de forma continua e intermitente. Entrenaron 3 veces/semana durante 16 semanas.
Leverit et al., 2000.	Dos grupos: R y control. El grupo R pedalea durante 50 minutos a una intensidad entre el 70-110% de la potencia crítica. Es un protocolo ondulante, es decir, series de 10 minutos con 60 segundos de descanso entre ellas.
F: fuerza, R: resistencia, C: combinado, VO₂máx: consumo máximo de oxígeno, 1RM: 1 repetición máxima	

I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Judo es un deporte donde se realizan esfuerzos de carácter intermitente y a elevada intensidad. En este tipo de ejercicios, tanto la fuerza como la resistencia se hacen imprescindibles. La primera es un factor determinante, tanto para el aprendizaje como para el rendimiento, ya que ciertos gestos técnicos o métodos de entrenamiento no pueden progresar sin un cierto nivel de fuerza (Solé, 1991). La segunda es esencial en los ejercicios intermitentes, ya que se requiere un incremento de la contribución aeróbica para resintetizar ATP (Tabata et al., 1997) y PCr (Balsom et al., 1994 citados por Franchini, 2001; Jansson et al., 1990 citados por Franchini et al., 1999a). Asimismo, la resistencia nos permitirá mantener un alto volumen de entrenamiento técnico-táctico y acelerar la recuperación, pues la fatiga es un factor limitante del rendimiento y, por tanto, condicionante del éxito en el combate.

Para desarrollar ambas cualidades es necesario el entrenamiento de éstas, surgiendo el hipotético problema de incompatibilidad por las adaptaciones fisiológicas contrarias. En este sentido, nos proponemos determinar el efecto de distintas metodologías de entrenamiento concurrente de fuerza y de resistencia sobre el rendimiento en Judo, evaluado mediante tests generales y específicos. Para ello, se han establecido tres grupos de sujetos mediante un diseño cuasi-experimental, siguiendo un muestreo aleatorio no probabilístico accidental. Los colaboradores son estudiantes de educación física, con una media de edad de 19-22 años y cierta experiencia en la modalidad, a los cuales, se les ha aplicado un tipo de acondicionamiento. Uno trabajó sólo la fuerza, denominado grupo control F y formado por 8 sujetos; otro entrenó primero la resistencia aeróbica seguida de un trabajo de fuerza explosiva y resistencia de fuerza [F-R(2)], con un período de descanso entre ambas sesiones de seis horas y compuesto por 8 participantes. El último grupo [F-R(1)], integrado por 7 sujetos, ejecutó el mismo entrenamiento diseñado para el grupo F-R(2), aunque en una misma sesión. El trabajo se evaluó mediante un test incremental en tapiz, un test para determinar la potencia máxima, otro más de fuerza para establecer la RM y un test específico de Judo.

Esta disciplina está clasificada en nuestro país dentro de los deportes amateur, de manera, que los judokas han de simultanear sus entrenamientos con los estudios o profesión, hecho que no les permite seguir un programa sistemático de trabajo. Así, los entrenadores, en función del tiempo disponible de sus pupilos, basan la planificación en el desarrollo básicamente de la fuerza por ser la capacidad principal en Judo, relegando a un segundo plano a la resistencia. Además, existe otro problema añadido referido a la incompatibilidad, aparente, que se plantea en el trabajo de dos cualidades físicas como son la fuerza y la resistencia.

Bajo estas circunstancias, consideramos que existe la necesidad de elaborar un sistema de entrenamiento que desarrolle tanto la fuerza como la resistencia y que ninguna de ellas se vea perjudicada por las diferentes adaptaciones conseguidas.

Por tanto, de esta reflexión se deriva el objetivo de nuestro trabajo que a continuación exponemos en el siguiente apartado.

I.2.2. OBJETIVOS CIENTÍFICOS

El objetivo principal de este trabajo es determinar la viabilidad de diferentes metodologías de entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia sobre el rendimiento en Judo, evaluada mediante tests generales (VO_2 máx, Umbral Anaeróbico, Potencia Máxima, Fuerza Dinámica Máxima,) y uno específico (Potencia Aeróbica y Capacidad Anaeróbica).

Como objetivos específicos nos planteamos:

- Valorar la influencia de las distintas metodologías de entrenamiento concurrente sobre el VO_2 máx.
- Valorar el efecto de los diferentes entrenamientos concurrentes sobre la Potencia Máxima y la FDM.
- Comprobar si existen interferencias, en cuanto a las adaptaciones del organismo se refiere, en el entrenamiento concurrente.
- Evaluar si el SJFT es efectivo para precisar el estado de forma física de los participantes.

I.2.3. HIPÓTESIS

En nuestro estudio hemos planteado diversas conjeturas para intentar dar respuesta al objetivo propuesto.

- H_1 : El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia, realizado en dos sesiones, es capaz de incrementar el VO_2 máx, la Potencia Máxima y la FDM.

Capítulo I. FUNDAMENTACIÓN DEL ESTUDIO

- H₂: El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia, realizado en una sola sesión, disminuye el tiempo de trabajo y es capaz de incrementar el VO₂máx, la Potencia Máxima y la FDM.
- H₃: El entrenamiento de fuerza (explosiva y resistencia de fuerza) y de resistencia (aeróbica) es compatible, consiguiendo mejorar el rendimiento del judoka.
- H₄: El *SJFT* es un buen indicador del estado físico del judoka.



Universidad de Granada
Dpto. Educación Física y Deportiva
F.CC.A.F. y D.

CAPÍTULO II

MÉTODO Y MATERIAL



MÉTODO Y MATERIAL

II.1. MÉTODO

Para estudiar la influencia de los distintos sistemas de entrenamiento, optamos por elaborar un diseño de investigación cuasi-experimental, empleando un muestreo aleatorio no probabilístico accidental. Dividimos a los sujetos en tres grupos en función de su disponibilidad, constatando su homogeneidad (intrasujeto) tras aplicar la prueba de normalidad. El trabajo de campo se desarrolló entre febrero y junio de 2004, con 3 sesiones semanales de preparación física y otras 2 de preparación específica de Judo.

Los grupos establecidos fueron los siguientes:

- *GRUPO F (Grupo control)*: éste se dedicó exclusivamente al entrenamiento de la fuerza (F), el cual, estuvo integrado por 8 sujetos experimentales (n=8).

- *GRUPO F-R(2)*: en este caso, los sujetos se sometieron a un entrenamiento de fuerza y de resistencia (R) en dos sesiones diferentes. La primera de ellas se enfocó al desarrollo de la resistencia y la segunda al de fuerza, con un intervalo de recuperación de seis horas. Al igual que el anterior, este grupo lo formaron 8 sujetos (n=8).

- *GRUPO F-R(1)*: los integrantes de este conjunto realizaron el entrenamiento diseñado para el grupo F-R(2), aunque en una misma sesión. Se aprovechó el descanso existente entre el primer y el segundo ejercicio de fuerza para ejecutar el circuito de resistencia. A diferencia de los grupos anteriores, éste se compuso de 7 sujetos (n=7).

II.2. POBLACIÓN

En el trabajo experimental contamos con un total de 26 participantes. Todos ellos eran alumnos de la asignatura de Judo en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (F.CC.A.F.D) de la Universidad de Granada y contaban con un año

de experiencia en esta modalidad. En la tabla II-1 se presentan las características biométricas de los participantes en el estudio.

Tabla II-1. Tamaño de la muestra, valores promedio y desviación estándar de los tres grupos de estudio referidos a la edad, talla y peso corporal.

	Grupo	N	Media	DE
EDAD (años)	<i>F</i>	8 (7♂ - 1♀)	19,63	0,74
	<i>F-R(2)</i>	8 (4♂ - 4♀)	20,88	0,64
	<i>F-R(1)</i>	7 (♂)	22,29	1,38
	<i>Total</i>	23	20,87	1,42
TALLA (cm)	<i>F</i>	8 (7♂ - 1♀)	171,87	7,77
	<i>F-R(2)</i>	8 (4♂ - 4♀)	168,25	8,82
	<i>F-R(1)</i>	7 (♂)	178,07	7,26
	<i>Total</i>	23	172,50	8,66
PESO (kg)	<i>F</i>	8 (7♂ - 1♀)	66,95	11,51
	<i>F-R(2)</i>	8 (4♂ - 4♀)	68,00	10,51
	<i>F-R(1)</i>	7 (♂)	71,73	13,25
	<i>Total</i>	23	69,43	12,38

Antes de iniciar el trabajo se les explicó verbalmente y por escrito las condiciones del estudio, especificándoles las pruebas a las que se someterían y bajo qué condiciones lo harían. Todos los sujetos firmaron una autorización¹ aceptando los términos establecidos, siendo admitidos si cumplían los siguientes requisitos de inclusión:

- a) No pertenecer a un equipo, club u organización deportiva que los comprometiese en entrenamientos o competiciones paralelas al estudio.

¹ Véase anexo VI-3 y VI-4 sobre la fórmula de consentimiento de los sujetos experimentales y los colaboradores.

- b) No estar lesionado, ni padecer enfermedad que afectara al discurrir normal del entrenamiento.
- c) No tomar medicamentos, ni suplementos ergogénicos que pudieran alterar los resultados.
- d) Asistir puntualmente a cada uno de los entrenamientos y tests.

El incumplimiento de las normas por parte de dos sujetos y la lesión de otro, dejaron reducido el grupo a 23, tal y como se muestra en la figura II-1.

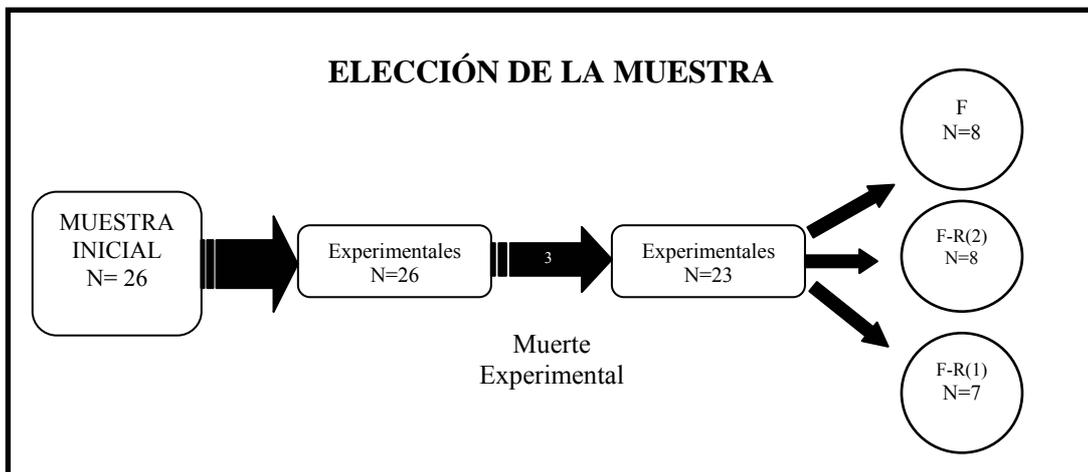


Figura II-1. Evolución de la muestra desde el comienzo de la experimentación hasta el final del estudio.

Además, se contó con un grupo de personal colaborador especializado, el cual, se encargó de:

- a. Preparar puntualmente el material de los sujetos que tenían a su cargo.
- b. Cambiar los pesos en las series, para que los descansos de sus tutelados fuesen lo más parecidos al plan de trabajo.
- c. Avisar del cambio de estación en el circuito de resistencia que se planteó.

- d. Vigilar los tiempos de trabajo y descanso.
- e. Controlar e informar de la frecuencia cardiaca en el circuito de resistencia.
- f. Anotar en la planilla correspondiente los diferentes registros y las incidencias ocurridas antes, durante y después del entrenamiento.

II.3. VARIABLES

La variable independiente (VI) del estudio, constituida por tres niveles, así como las variables dependientes (VD) y las posibles variables contaminantes (VC) se exponen a continuación.

II.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable independiente de nuestra investigación fue el método de entrenamiento. Esta variable tiene dos niveles: el primero de ellos corresponde al entrenamiento de fuerza y resistencia de forma aislada y el segundo al trabajo de fuerza y resistencia de forma conjunta. Seguidamente describimos cada una de las metodologías empleadas.

- **VI₁: Método de entrenamiento de F-R(2) aislado.** Como se ha comentado, el procedimiento seguido para el grupo F-R(2) consistió en la aplicación de trabajos de resistencia y fuerza consecutivos, con un intervalo de recuperación de seis horas. Para establecer la intensidad del ejercicio de resistencia, en nuestro caso un circuito, se consideró la frecuencia cardiaca de los sujetos, previamente registrada en el umbral aeróbico individual.
- **VI₂: Método de entrenamiento de F-R(1) conjunto.** La metodología desarrollada por este grupo fue la misma que en el caso anterior, respecto al volumen e intensidad. La diferencia residió en que, tanto la fuerza como la resistencia se trabajaron en la misma sesión, utilizando el tiempo de

descanso tras la primera serie de cada ejercicio de fuerza para hacer el circuito.

II.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Las variables dependientes funcionales (VDF) fueron las siguientes:

- VDF_1 : VO_2 máx y Umbral Anaeróbico.

- *Test Incremental en Tapiz Rodante.*

- VDF_2 : Potencia Máxima Muscular.

- *Press de Banca (PB).*

- VDF_3 : Fuerza Dinámica Máxima (1RM).

- *Press de Banca.*
- *Remo Sentado (RS).*
- *Prensa Atlética (PA).*

- VDF_4 : Potencia Aeróbica y Capacidad Anaeróbica.

- *Índice del Test Específico de Judo (Special Judo Fitness Test).*

II.3.3. VARIABLES CONTAMINANTES. El control de estas variables tiene como objeto incrementar la validez del experimento, por lo que deben ser eliminadas o controladas en la investigación (Pereda, 1987). Aquellas que podían afectar a nuestro estudio fueron:

- **VC₁: Historia.** Inspeccionamos aquellas actividades fuera del experimento que podrían ser la causa de alguna alteración en las variables dependientes. Igualmente, sometimos a los sujetos a un reconocimiento médico, realizado por un especialista en el Servicio de Deportes de la Universidad de Granada, descartando patologías que pudieran influir en los resultados. Además,

planificamos el trabajo para que todos los tests se realizaran en las mismas condiciones y se estableció un período de tratamiento base durante 2 semanas para:

- Controlar la posición del cuerpo, la velocidad del gesto y la amplitud de los recorridos. Debemos tener en cuenta que, aunque los sujetos tenían un historial de entrenamiento con sobrecargas, fue necesario estandarizar la ejecución de los ejercicios para que los participantes entrenasen bajo las mismas condiciones.
- Conseguir un nivel de acondicionamiento físico básico que permitiera soportar las cargas de trabajo en el periodo experimental, evitando cualquier incidente ocasionado por sobreentrenamiento.

- **VC₂: Administración de la prueba.** Todos los tests y los entrenamientos se ejecutaron a la misma hora del día y en el mismo lugar.

- **VC₃: Instrumentación.** Se homogeneizó el procedimiento de recogida de datos, en cuanto a calibración del material y condiciones en que eran testados los sujetos. Para efectuar los registros se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- Pruebas Biométricas:
 - Instrumentos de Medida. Siempre fueron calibrados siguiendo las instrucciones del fabricante antes de comenzar los registros.
 - Vestimenta. En todos los tests se exigió a los deportistas que llevaran pantalón de deporte (caso de los hombres) o bañador (caso de las mujeres), de manera que no hubiera ninguna influencia en el resultado de la prueba. Además, se les pidió que se pesaran descalzos.

- Orden de las Pruebas. Los sujetos fueron citados por grupos a una hora determinada, manteniendo esta estructura desde el inicio hasta el final del tratamiento. En primer lugar se les midió y posteriormente se les pesó. Estas pruebas se realizaron en todos los tests.
- Pruebas Funcionales:
 - Material e Instrumental de Medida. Al igual que en las pruebas biométricas, calibramos todos los aparatos antes de iniciar los registros.
 - Vestimenta. A los sujetos experimentales se les pidió que llevaran el calzado y la ropa apropiados para realizar las pruebas físicas con total comodidad y libertad de movimientos. Para el test de Judo fue obligatorio vestir *judogi*.
 - Orden de las Pruebas. Se establecieron dos tipos de trabajo en función de las pruebas programadas, es decir, uno para la semana en la que se registró el VO_2 máx y el umbral anaeróbico, la potencia máxima y la fuerza dinámica máxima y la potencia aeróbica y la capacidad anaeróbica y otro, para la semana en la que el VO_2 máx y el umbral no fueron valorados (es decir, en el T_{1C} , T_{2C} y T_{3C} que serán descritos a continuación en el procedimiento). En el primer caso, los sujetos interrumpieron el entrenamiento, ya que fueron necesarios cinco días para hacer todas las pruebas y recuperarse de las mismas, de manera que cada una de ellas se iniciase en las mejores condiciones. En el segundo caso, los sujetos entrenaron en esta semana con un trabajo facilitado, pues el volumen de entrenamiento se redujo en un 30%.
 - Colaboradores. La recogida de datos fue realizada por 23 ayudantes. Llegados a este punto, conviene poner de relieve el planteamiento de

Muller y Martorell (1988), quienes abogan porque la medida real sólo se consigue si se toman muchas observaciones en el sujeto por un observador, de forma que el grado de error disminuye con la experiencia del medidor. Por ello, antes de comenzar con el trabajo propiamente dicho, los colaboradores tuvieron un periodo de familiarización y entrenamiento, que proporcionó una elevada fiabilidad, exactitud y precisión en las medidas.

- **VC₄: Selección.** Creamos unas condiciones de inclusión que fueron cumplidas por los sujetos antes de conformar los grupos de trabajo. Al realizarse un muestreo no probabilístico accidental, no realizamos comparaciones entre grupos, pero al tener medidas pre y posttest, establecimos confrontaciones intrasujeto para determinar la eficacia de los entrenamientos concurrentes.

Estas han sido las principales variables contaminantes que hemos controlado desde el comienzo de la investigación. Así, el seguimiento diario y exhaustivo de todos los participantes en la fase experimental, permitió la culminación de nuestro trabajo de campo.

II.4. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

II.4.1. MATERIAL UTILIZADO EN LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS BIOMÉTRICOS

Para el registro de las variables biométricas utilizamos el siguiente instrumental, ubicado en el Laboratorio de Valoración Biológica del Esfuerzo Físico de la Facultad:

- TALLÍMETRO (FZA Parra) incorporado a la báscula con rango de medida de 80 a 200cm y precisión de 1mm (ver foto II-1).

- BÁSCULA (FZA Parra) con una precisión de 100gr para determinar el peso corporal (ver foto II-1). Tanto la talla como el peso fueron datos necesarios para ejecutar la prueba en tapiz rodante.
- PLANILLAS DE REGISTRO donde se hicieron las anotaciones pertinentes de cada medición.



Foto II-1. Tallímetro incorporado a la Báscula.

II.4.2. MATERIAL UTILIZADO EN LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS FUNCIONALES

La evaluación correspondiente a las variables funcionales se registró mediante el uso del instrumental que a continuación detallamos y que estaban distribuidos entre la Sala de Musculación, Sala de Lucha, Laboratorio de Valoración Biológica del Esfuerzo Físico (en la F.CC.A.F. y D.) y el Servicio Médico de Deportes de la Universidad de Granada.

- CUESTIONARIOS SOBRE HISTORIAL MÉDICO, PRÁCTICA DEPORTIVA Y DATOS PERSONALES². Estos documentos fueron elaborados por la responsable del estudio.

² Véase en anexo VI-1 y VI-2.

- FORMULARIOS DE CONSENTIMIENTO. Confeccionamos dos tipos de documentos, uno para los sujetos experimentales y otro para los colaboradores, comprometiéndose a participar según lo establecido en dicho formulario.
- ISOCONTROL 3.6. DINAMÓMETRO (JLML I+D). Este sistema para la medida de fuerza dinámica es uno de los más utilizados en la actualidad. Entre la información que nos suministra podemos destacar el valor de la *fuerza media*, la *potencia media*, la *velocidad media*, el *desplazamiento*, el *tiempo*, el *pico de velocidad*, el *tiempo en alcanzar el pico de velocidad*, el *índice de velocidad* y las curvas de *fuerza-velocidad* y *fuerza-tiempo* (ver foto II-2). Dicho sistema también ofrece la posibilidad de que el deportista trabaje a una intensidad según la mínima velocidad y/o potencia establecida (Tous, 1999), es decir, determinando la velocidad de contracción del músculo y dirigiendo el entrenamiento con la mayor precisión hacia las adaptaciones deseadas.

Además, este instrumento es capaz de proporcionar el valor de la fuerza desarrollada cuando la resistencia que se desplazada en el ejercicio sólo puede hacerse una vez (1RM), no siendo necesaria la realización de esfuerzos máximos. De esta forma, se reduce tanto el posible riesgo de lesión en sujetos sin experiencia como el tiempo de evaluación, logrando una mayor fiabilidad en los resultados (Requena et al., 2002). Este dinamómetro electrónico mide de forma precisa el efecto del entrenamiento y el nivel de rendimiento con cargas submáximas estándar.

Otra particularidad del *isocontrol* es su diseño, puesto que está integrado por un reducido número de elementos que facilita su instalación. Ofrece otras ventajas como la simplicidad de manejo del software, donde se incluyen diversos protocolos estándar a los que pueden añadirse los que el usuario determine individualmente. Todo ello posibilita que los datos

obtenidos se representen en una gráfica y se puedan comparar las curvas de cada uno de los atletas sometidos a la prueba.

La determinación de la fuerza con este sistema se realiza teniendo en cuenta si es *estática* o *dinámica*. En el primer caso se registra mediante una célula de carga tensiométrica, capaz de medir hasta 5000N con un error máximo de 1N, mientras que las desviaciones máximas de la lineabilidad y de la repetibilidad son de un 0,002% y un 0,015% respectivamente. Por su parte, la mayor deformación posible es de 0,2mm y la máxima tracción que puede soportar de 1800kg. Para su registro, el *isocontrol* consta de un dispositivo electrónico conectado a una caja externa, que a su vez se acopla a un PC por puerto serie RS2 y USB. Dicho dispositivo tiene un rango de velocidad de muestreo de 1000Hz (1000 muestras por segundo), ofreciendo un canal de alta resolución (24 bits) a la velocidad citada.

En el segundo caso, la medida se realiza con el *encóder*, permitiendo un rango de valoración que va desde los 125cm hasta los 30m. La resolución en ambos es de 0,1mm, la resistencia a la tracción de 2,4N y la aceleración máxima que nos permite medir es de 150m/seg². El software (versión Isocontrol 3.6) está programado bajo el entorno científico matemático LABVIEW, cuya validez y fiabilidad ha sido controlada por el Instituto Nacional de Tecnologías Aplicadas (I.N.T.A.)³.

³ Este instituto está situado en Torrejón de Ardoz (Madrid).



Foto II-2. Isocontrol Dinámico 3.6.

- ORDENADOR PORTÁTIL (COMPAQ PRESARIO 1200). El *isocontrol* se conectó al ordenador para registrar y almacenar los datos derivados de las pruebas de fuerza.
- ORDENADOR PORTÁTIL (ACER ASPIRE 1310XC). Éste fue utilizado para introducir los valores procedentes de los tests y los entrenamientos que serían analizados posteriormente.
- IMPRESORA HP DESKJET 670C.
- SPECIAL JUDO FITNESS TEST (SJFT). Se trata del test específico de Judo destinado a la medición de la potencia aeróbica y capacidad anaeróbica del judoka. Para su ejecución se precisa de una planilla de registro, 1 pulsómetro, 2 cronómetros, esparadrapo, cinta métrica, 3 *judogis*, 2 *ukes*, *tori* y el *tatami* (ver foto II-3).



Foto II-3. Material empleado en el SJFT. Planillas de Registro, Pulsómetro, Cronómetro y Judogi.

- 10 PULSÓMETROS (POLAR S610). Estos monitores registraban la frecuencia cardiaca cada 5 segundos en los entrenamientos de resistencia (ver foto II-4).



Foto II-4. Pulsómetro Polar S610 y Cronoimpresora (Seiko-Plastic 5111-5009).

- INTERFAZ POLAR IR. El transmisor fue el encargado de exportar los datos del pulsómetro al ordenador para proceder al análisis de los resultados (ver foto II-4).

Capítulo II. MÉTODO Y MATERIAL

- 10 CRONOIMPRESORAS (SEIKO-PLASTIC 5111-5009). Con ellos controlamos los tiempos de trabajo y descanso de los entrenamientos y de los tests (ver foto II-4).
- 30 JUDOGIS. La indumentaria propia de este deporte se utilizó tanto para los entrenamientos como para el SJFT (ver foto II-3).
- 2 ROLLOS DE THERABAND (BANDAS ELÁSTICAS). En esta ocasión elegimos las de color rosa (primer mesociclo) y morado (segundo mesociclo) para el circuito, ya que permiten realizar los gestos a una resistencia moderada-alta (ver foto II-5)⁴.



Foto II-5. Bandas Elásticas.

- 10 SALTADORES. Estas cuerdas se utilizaron para ejecutar la última estación del circuito (ver foto II-6).

⁴ Hay 8 colores que indican la resistencia que ofrece cada uno. Así, encontramos desde el amarillo, que ofrece una oposición muy liviana, hasta el dorado, que plantea la máxima resistencia. Los colores intermedios son el rojo, el verde, el morado, el negro y el plateado.



Foto II-6. Saltadores.

- ESPALDERAS. Dicho material se empleó en la sujeción de las bandas elásticas, necesarias para realizar algunos ejercicios del circuito (ver foto II-7).



Foto II-7. Espalderas para la sujeción de las Bandas Theraband.

- BARRAS Y DISCOS (SALTER). En la Sala de Musculación se dispuso de barras y discos suficientes para facilitar el trabajo y evitar esperas innecesarias (ver foto II-8).



Foto II-8. Barras y Discos.

- BANCO DE PRESS. Mediante este aparato se valoró la fuerza máxima ejercida por los músculos involucrados en este ejercicio (ver foto II-9).



Foto II-9. Banco de Press.

- MÁQUINA MULTIPower PARA REMO. Con ella evaluamos igualmente la fuerza máxima aplicada por los músculos comprometidos en el ejercicio de remo con agarre estrecho (ver foto II-10).



Foto II-10. Máquina para Remo.

- PRENSA ATLÉTICA (GERVASPORT FITNESS EQUIPMENT). Esta máquina se utilizó para determinar la fuerza máxima requerida por los músculos del tren inferior (ver foto II-11).



Foto II-11. Prensa Atlética.

- TAPIZ RODANTE (POWERJOB-EG30). Dicho ergómetro nos facilitó información referida al consumo máximo de oxígeno (ver foto II-12).

- CPX (MEDICAL GRAPHICS CORPORATION). El análisis de gases respiración a respiración fue aportado por este sistema (ver foto II-12), que a su vez consta de tres módulos:
 - Neumotacógrafo. Midió los flujos espiratorios con ajuste de la linealidad hasta valores por encima de los $200\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$.
 - Analizador de gases. Posee una cámara de infrarrojos (para la fracción de CO_2) y una célula de zirconio (para el O_2), que permite obtener las presiones teleespiratorias de ambos gases.
 - Unidad de control desde un ordenador compatible con entradas para el neumotacógrafo. Este sistema es capaz de determinar el tiempo real, señal analógica del registro electrocardiográfico (ECG) y la carga aplicada. A través de un microprocesador se convirtieron los datos recibidos [condiciones ambientales (ATPS), temperatura y presión estándar o de agua (STPD), temperatura y presión del cuerpo y saturado de agua (BTPS)] y se calcularon los parámetros ergoespirométricos representados en la pantalla. El software incorporado permite la elaboración de informes detallados y de representaciones gráficas de los datos almacenados.
 - Material fungible necesario para su normal funcionamiento.



Foto II-12. Laboratorio de Valoración Biológica del Esfuerzo Físico. Tapiz Rodante, CPX y Material Fungible.

- ELECTROCARDIÓGRAFO DIMEG EK G503 CON 3 CANALES E IMPRESIÓN TÉRMICA. BSS. Con este instrumento se realizó un electrocardiograma para descartar patologías y comenzar con total seguridad el entrenamiento.
- DESFIBRILADOR SEMIAUTOMÁTICO (PAD). SHILLER. FREDEASYBEXEN. El uso de este aparato estuvo reservado exclusivamente al personal médico (ver foto II-14).



Foto II-13. Desfibrilador.

- CÁMARA DIGITAL HP PHOTOSMART 735.
- DIARIO DE LA INVESTIGADORA PRINCIPAL.

II.5. PROCEDIMIENTO

II.5.1. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO

El entrenamiento se prolongó a lo largo de 17 semanas, trabajando 5 días en cada una de ellas de lunes a viernes. El diseño aplicado fue el siguiente:

- **ACONDICIONAMIENTO GENERAL.** El objetivo del mismo fue que los sujetos se familiarizaran con los gestos técnicos que iban a utilizar en la siguiente fase de entrenamiento. Este trabajo se desarrolló durante 2 semanas, con una carga liviana (no superior al 50% de 1RM y del circuito). A continuación, la tercera semana se dedicó al registro de datos mediante los tests biométricos y funcionales⁵, cuyos resultados sirvieron para establecer las primeras cargas de trabajo. Este fue el Test Inicial (**T1**).
- **MESOCICLO 1 DE ENTRENAMIENTO.** El primer mesociclo estuvo compuesto por 4 microciclos de 5 días de entrenamiento y 2 de descanso, que incluían tanto la preparación física como la técnica. En cada uno de ellos se ajustó el volumen y la intensidad del trabajo de fuerza, siguiendo los principios que rigen la adaptación del deportista, es decir, aumentando primero el número de series y de repeticiones e incrementando posteriormente la intensidad en un 5% (Plisk y Stone 2003). Para el trabajo de resistencia en circuito, los sujetos entrenaron a la frecuencia cardiaca correspondiente al umbral aeróbico. Por su parte, en la última semana o microestructura de trabajo, se evaluó el diseño con los tests de control (**T_{1C}**)⁶, procediendo a disminuir el volumen de los entrenamientos en un 30% (Bondartchouk, 1994).
- **MICROCICLO DE REGENERACIÓN.** Durante esta semana los grupos F-R(2) y F-R(1) desempeñaron solamente un trabajo aeróbico de 60 minutos en días alternos. Éste consistió en un calentamiento de 15 minutos, una carrera continua con frecuencia cardiaca próxima al umbral aeróbico durante 30 minutos y por último, un espacio de otros 15 minutos dedicado a la ejecución de estiramientos.
- **MESOCICLO 2 DE ENTRENAMIENTO.** La estructura seguida en este mesociclo fue la misma que en el anterior, respecto a la evolución de las

⁵ El protocolo seguido en cada prueba será descrito en el siguiente apartado.

⁶ Recordemos que la potencia máxima aeróbica ya no se volvió a evaluar hasta el **T2** y nuevamente en el retest (**T3**).

cargas, pero en este caso se realizaron tests en la primera semana, para evaluar el efecto acumulado del entrenamiento desde su inicio (T_{2C}). De igual forma, una vez concluido el mesociclo se volvió a realizar otro test (T_2), aunque en la semana del mismo no se llevó a cabo entrenamiento alguno, pues los sujetos debían someterse a un test máximo para la determinación del VO_2 máx.

- RETESTS. Concluido el entrenamiento se valoró la evolución de la metodología a las dos y a las cuatro semanas (ReT_{3C} y $ReT3$), estudiando el efecto total acumulado.

En la figura II-2 podemos apreciar el gráfico correspondiente a la descripción del tratamiento.

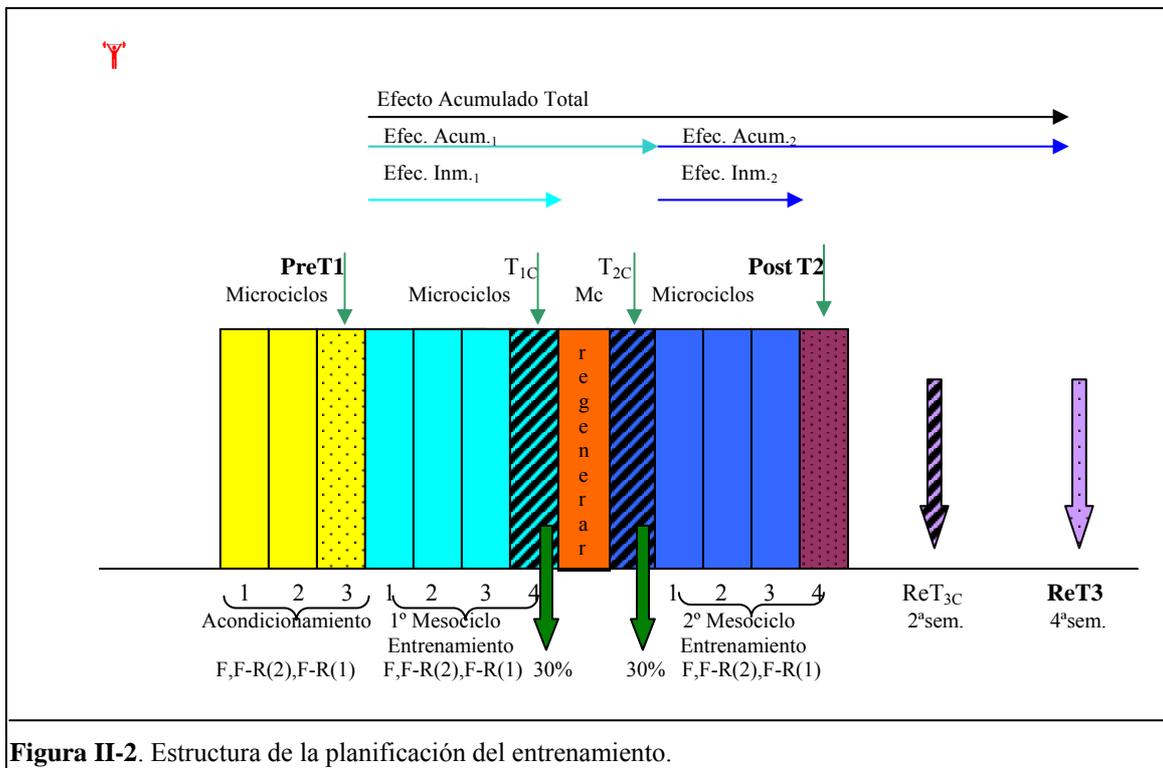


Figura II-2. Estructura de la planificación del entrenamiento.

Capítulo II. MÉTODO Y MATERIAL

Como se ha citado en este espacio, los sujetos entrenaron durante cinco días semanales, dos de ellos dedicados al ejercicio específico de Judo⁷ en la Sala de Lucha (lunes y miércoles) y tres al acondicionamiento físico en la Sala de Musculación (martes, jueves y viernes)⁸.

La imposibilidad de agrupar a todos a una determinada hora provocó que los entrenamientos se dilatasen en el tiempo, comenzando a las 8:00 horas y prolongándose hasta las 21:30 de forma habitual. Por su parte, la duración de las sesiones fue proporcional al volumen de trabajo planificado para cada una de ellas. Así, las dedicadas al desarrollo de la fuerza se realizaron en unos 90 minutos, las de resistencia alrededor de 70 minutos (incluyendo en éstos el calentamiento y la vuelta a la calma)⁹, mientras que las clases técnicas ocuparon 90 minutos.

La distribución del trabajo semanal estuvo condicionada por el calendario académico, de tal forma que establecimos el siguiente plan (figura II-3):

⁷ En las sesiones de Judo se trabajó la programación establecida por la Federación Española para obtener el grado de cinturón verde, además de los contenidos propios de la asignatura.

⁸ Lo ideal hubiera sido realizar el entrenamiento físico en días alternos, pero el calendario académico oficial no lo permitió.

⁹ En ambos tipos de trabajo se diseñó un calentamiento y vuelta a la calma estandarizados.

GRUPO	SESIÓN	L	M	X	J	V	S	D
F	TARDE							
F-R(2)	MAÑANA							
F-R(2)	TARDE							
F-R(1)	TARDE							

Figura II-3. Plan de trabajo para los tres grupos de estudio.

Nuestro diseño de trabajo general se basó en el planteamiento del macrociclo complejo de Matveiev (1985) 3-4-3-2 y 3-4-3-0¹⁰, determinadas ambas estructuras por el mesociclo de entrenamiento en el que se hallaban.

Para mejorar las acciones principales en Judo planteamos tres ejercicios de fuerza, dos de ellos dedicados al tren superior y otro al inferior, entrenando la fuerza explosiva y la resistencia de fuerza, por ser éstas las manifestaciones protagonistas de esta modalidad. En cambio, la resistencia aeróbica se trabajó mediante un circuito de cuatro estaciones a una frecuencia cardiaca determinada, la cual, se estableció tras el test inicial (T1).

Respecto a las estaciones del circuito, hay que aclarar que en tres de ellas se ejecutaron técnicas de Judo (en dos *Ippon Seoi Nage* con bandas elásticas y *Uchi Mata*

¹⁰ Recordemos que la estructura 3-4-3-2 (referido al número de series ejecutadas) se aplicó en el mesociclo donde no había registro del VO₂máx, mientras que la distribución 3-4-3-0 se ejecutó en el caso contrario.

Capítulo II. MÉTODO Y MATERIAL

en la espaldera) y la última a saltar a la comba, concluyendo con el registro de la frecuencia cardiaca (Fc).

A continuación pasamos a describir los protocolos del trabajo de fuerza y de resistencia en las tablas II-2, II-3, y II-4:

Tabla II-2. Entrenamiento de Fuerza con 3 series. FEM: fuerza explosiva máxima, FDMR: fuerza dinámica máxima relativa. En ambos casos se trabaja con un porcentaje de una repetición máxima (1RM).

MÁXIMA MANIFESTACIÓN FUERZA	VELOCIDAD (m/s)	SERIES (ser)	REPETICIONES (rep)	RECUPERACIÓN (min)	EJERCICIOS
FEM POTENCIA _{máx} % 1RM	MÁXIMA	2 (1ª y 2ª)	6-8	5' PASIVA	 PRENSA ATLÉTICA (60-70% 1RM) PRESS BANCA } 40-50% REMO SENTADO } 1RM
FDMR (RESISTENCIA DE FUERZA) % 1RM	MÁXIMA	1 (3ª)	15-20	3' PASIVA	PRENSA ATLÉTICA } PRENSA BANCA } 40-50% REMO SENTADO } 1RM

Tabla II-3. Entrenamiento de Fuerza con 4 series. FEM: fuerza explosiva máxima, FDMR: fuerza dinámica máxima relativa. En ambos casos se trabaja con un porcentaje de una repetición máxima (1RM).

MÁXIMA MANIFESTACIÓN FUERZA	VELOCIDAD (m/s)	SERIES (ser)	REPETICIONES (rep)	RECUPERACIÓN (min)	EJERCICIOS
FEM POTENCIA _{máx} % 1RM	MÁXIMA	2 (1ª y 2ª)	6-8	5' PASIVA	 PRENSA ATLÉTICA (60-70% 1RM) PRESS BANCA } 40-50% REMO SENTADO } 1RM
FDMR (RESISTENCIA DE FUERZA) % 1RM	MÁXIMA	2 (3ª y 4ª)	15-20	3' PASIVA	PRENSA ATLÉTICA } PRENSA BANCA } 40-50% REMO SENTADO } 1RM

Tabla II-4. Entrenamiento de Resistencia en circuito. UAE: umbral aeróbico o VT1, Fc: frecuencia cardiaca.

RESISTENCIA	VUELTAS	TIEMPO TRABAJO (min)	RECUPERACIÓN (min)	EJERCICIOS
30' - 40' TRABAJO ESPECÍFICO CONTÍNUO	5	5'	3' PASIVA	 <p>CIRCUITO:</p> <ul style="list-style-type: none"> UCHI-KOMI (IPPON) UCHI-KOMI (UCHI-MATA) UCHI-KOMI (IPPON) SALTOS COMBA <p style="text-align: right;"> } UAE (60%) } Fc (140-160ppm) </p>

En el epígrafe relativo al diseño, se especificó que los tres grupos trabajaron la fuerza, pero sólo dos de ellos hicieron lo propio con la resistencia, concretamente el F-R(2) y el F-R(1). De estos dos, el primero estuvo caracterizado por un intervalo de recuperación entre los entrenamientos de 6 horas, mientras que el segundo simultaneó ambos trabajos aprovechando el descanso entre la primera y segunda serie de cada ejercicio de fuerza para ejecutar el circuito (ver tablas II-5 y II-6).

Con este último planteamiento intentamos reproducir las circunstancias que se generan en Judo, cuando el judoka debe hacer frente a diversos ritmos de trabajo en un combate, incluso, en enfrentamientos sucesivos. Además, conseguimos disminuir el tiempo total de trabajo, puesto que se entrenaban fuerza y resistencia en la misma sesión.

Tabla II-5. Combinación del entrenamiento en F-R(1) para el bloque de 3 series.

1ª SERIE P. ATLÉTICA	Y 6 rp*	+	◇ 5'rc Act.
2ª serie P. Atlética	Y 6 rp*	+	↻ 3'rc Pas.
3ª serie P. Atlética	Y 15 rp*	+	↻ 3'rc Pas.
1ª serie P. Banca	Y 6 rp*	+	◇ 5'rc Act.
2ª serie P. Banca	Y 6 rp*	+	↻ 3'rc Pas.
3ª serie P. Banca	Y 15 rp*	+	↻ 3'rc Pas.
1ª serie Remo	Y 6 rp*	+	◇ 5'rc Act.
2ª serie Remo	Y 6 rp*	+	↻ 3'rc Pas.
3ªserie Remo	Y 15 rp*	+	↻ 3'rc Pas. + ◇ 5'rc Act.
<p>* Entre cada repetición existe una pausa de 2". Donde Y = ejercicios de fuerza, ◇ = circuito, ↻ = descanso, rp: repeticiones, rc Pas.: recuperación pasiva, rc Act.: recuperación activa.</p>			

Tabla II-6. Combinación del entrenamiento en F-R(1) para el bloque de 4 series.

1ª serie P. Atlético	Y 6 rp.*	+	◇ 5'rc. Act.
2ª serie P. Atlético	Y 6 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
3ª serie P. Atlético	Y 15 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
4ª serie P. Atlético	Y 15 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
1ª serie P. Banca	Y 6 rp.*	+	◇ 5'rc. Act.
2ª serie P. Banca	Y 6 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
3ª serie P. Banca	Y 15 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
4ª serie P. Banca	Y 15 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
1ª serie Remo	Y 6 rp.*	+	◇ 5'rc. Act.
2ª serie Remo	Y 6 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
3ª serie Remo	Y 15 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas.
4ª serie Remo	Y 15 rp.*	+	↔ 3'rc. Pas. + ◇ 5'rc. Act.
* Entre cada repetición existe una pausa de 2". Donde Y = ejercicios de fuerza, ◇ = circuito, ↔ = descanso, rp: repeticiones, rc Pas.: recuperación pasiva, rc Act.: recuperación activa.			

II.5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CONTROLES REALIZADOS

La productividad del entrenamiento seguido por los sujetos se valoró mediante tres tests principales (**T1**, **T2**, **T3**) y otros tres de control (T_{1C} , T_{2C} , T_{3C}), para hacer un seguimiento exhaustivo de la evolución. Al inicio del trabajo se realizó el primero (**T1**), otros dos complementarios en el periodo de entreno (T_{1C} y T_{2C}), uno más cuando se concluyó el tratamiento (**T2**) y por último, dos retests transcurridas dos (T_{3C}) y cuatro

semanas tras la finalización del trabajo (**T3**). En todos ellos se siguió el mismo procedimiento, ya que las pruebas biométricas fueron realizadas en horario de mañana y las funcionales en el de tarde. Éstas últimas se llevaron a cabo a la misma hora en la que normalmente se efectuaban los entrenamientos.

II.5.2.1. Protocolo de los tests utilizados en las pruebas biométricas

El orden en el que se realizaron cada una de las mediciones fue el siguiente:

❖ **Talla**¹¹.

❖ **Peso**.

Los sujetos se sometieron a estas pruebas en el Laboratorio de Valoración Biológica del Esfuerzo Físico de la F.CC.A.F.D., previa revisión y calibrado del instrumental por parte de los responsables del trabajo. Instantes previos a la recogida de datos, se explicó la posición que debían adoptar los individuos en cada una de las mediciones, tal y como a continuación se detalla:

❖ **Talla**. Para efectuar este registro utilizamos las directrices de valoración señaladas por el Consejo Superior de Deportes (2003) en su programa nacional de tecnificación deportiva. Así, cada “sujeto se coloca de pie, completamente estirado, con los talones juntos y apoyados en el tope posterior y de forma que el borde interno de los pies formen un ángulo de aproximadamente 60°. Las nalgas y la parte alta de la espalda contactan con la tabla vertical del estadiómetro. El antropometrista coloca la cabeza del estudiado en el Plano Frankfort¹² y realiza una tracción de la misma a nivel de los procesos mastoides, para facilitar la extensión completa de la columna vertebral. Se indica al sujeto que realice una inspiración profunda sin levantar la planta de los pies y manteniendo la posición de la cabeza. Se desciende lentamente la plataforma horizontal del estadiómetro hasta contactar con la cabeza

¹¹ En todos los tests se efectuaron idénticas mediciones a excepción de la talla, que sólo fue registrada en la valoración inicial para ejecutar la prueba en el ergómetro.

¹² La definición de este plano hace referencia al momento en el que la línea imaginaria que pasa por el borde inferior de la órbita y el punto más alto del conducto auditivo externo del oído es paralela al suelo, y forma un ángulo recto con el eje longitudinal del cuerpo (Esparza et al., 1993).

del estudiado, ejerciendo una suave presión para minimizar el efecto del pelo. En esta medida el sujeto deberá estar descalzo¹³.

❖ **Peso corporal.** Siguiendo con las indicaciones del Consejo Superior de Deportes (2003), la medida “se realiza situando al sujeto de pie, en el centro de la plataforma de la báscula distribuyendo el peso por igual en ambas piernas, sin que el cuerpo esté en contacto con nada que haya alrededor y con los brazos relajados a ambos lados del cuerpo. La medida se efectúa con la persona en ropa interior o pantalón corto de tejido ligero y sin zapatos ni adornos personales”.

II.5.2.2. Protocolo de los tests utilizados en las pruebas funcionales

Recordemos, que en todos los tests se ejecutaron las mismas pruebas, salvo la del tapiz rodante, que sólo se realizó al inicio (**T1**) del entrenamiento, al finalizarlo (**T2**) y a las cuatro semanas tras haber cesado el mismo (**T3**), por ser el consumo de oxígeno máximo un valor que no se modifica con tanta rapidez como los demás parámetros analizados.

Los ejercicios escogidos para el trabajo de fuerza estaban destinados al perfeccionamiento de las acciones principales requeridas en Judo. Así, el press de banca y el remo se encaminaron a desarrollar la tracción y el empuje, mientras que la prensa mejoraría los desplazamientos, el trabajo en suelo y las acciones de levantar fundamentalmente (Mansilla, 1999a; Solé, 1991). Tanto el calentamiento como la ejecución de estos ejercicios fue descrita por el personal investigador antes de realizar los tests, controlando así posibles variables que distorsionaran los resultados.

A continuación, presentamos un esquema del protocolo de calentamiento y vuelta a la calma que seguimos en nuestro trabajo (figura II-3), pero debemos advertir que el calentamiento específico fue diferente para cada uno de los tres grupos experimentales. Así, el grupo F nunca realizó las tres series de *Uchi-Komis*, mientras

¹³ Consejo Superior de Deportes (2003). Programa Nacional de Tecnificación Deportiva. Valoración antropométrica: protocolo de medición.

que el F-R(2) y el F-R(1) sí las ejecutaron. No obstante, resaltar que el F-R(2) sólo las efectuó en el calentamiento de la mañana, es decir, para el entrenamiento de resistencia.

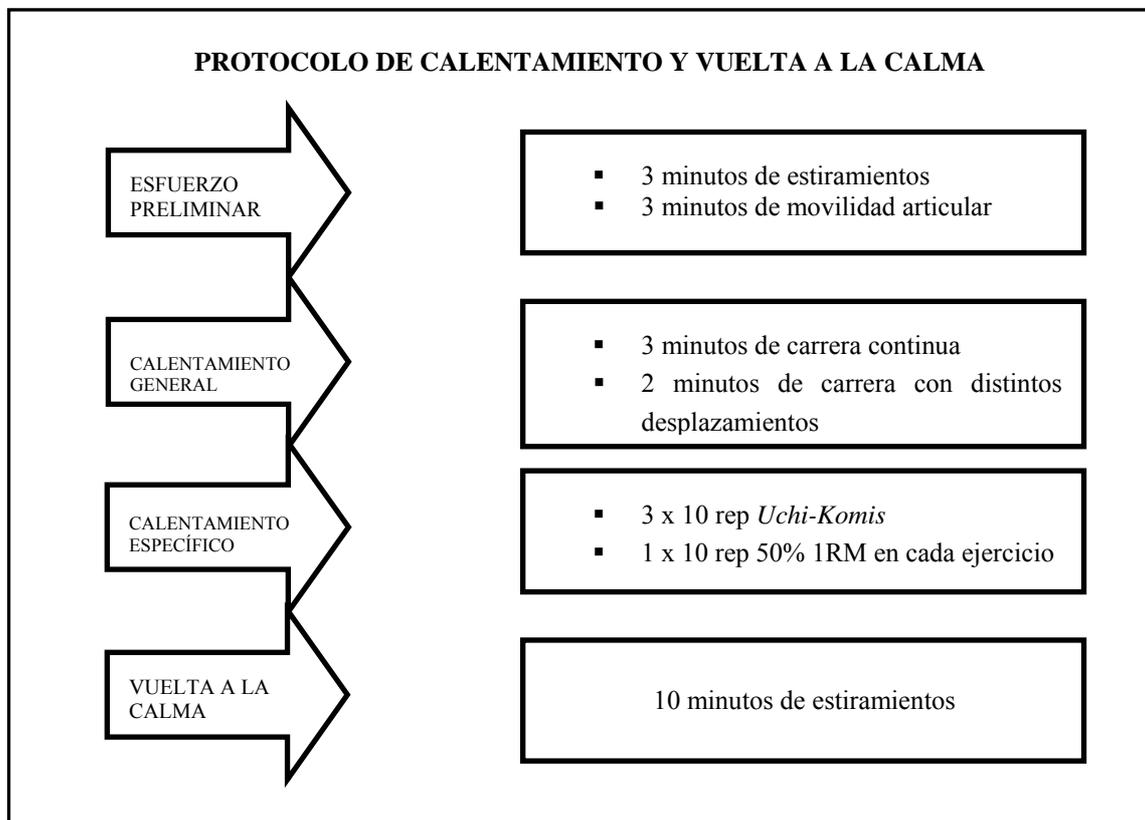


Figura II-4. Protocolo de calentamiento y vuelta a la calma realizado en los distintos controles y durante los entrenamientos.

II.5.2.2.1. Protocolo del test utilizado para la determinación del VO_2 máx y el Umbral Anaeróbico en el tapiz rodante

❖ **Capacidad motriz principalmente requerida:** Consumo máximo de oxígeno.

❖ **Protocolo:** Todas las pruebas de esfuerzo realizadas se acompañaron de un registro computerizado, para el análisis ergoespirométrico respiración a respiración en el analizador de gases. El ordenador, conectado a cada uno de ellos, nos permitió almacenar y ver gráficamente los datos en la pantalla en tiempo real.

- *Posición Inicial.* El sujeto se situaba con las piernas separadas sin pisar la cinta, accediendo a la misma tras una señal de entrada. Existían dos momentos

diferenciados: uno de 5 minutos, dedicado al calentamiento y donde sólo se controlaba la frecuencia cardiaca y otro cuando comenzaba la prueba propiamente dicha, en la que se registraba tanto la frecuencia cardiaca como los consumos de oxígeno a lo largo de la misma.

- *Ejecución.* El desarrollo de la prueba se llevó a cabo siguiendo un protocolo incremental y máximo, empleado con asiduidad por nuestro equipo. Tras los 5 minutos de calentamiento en el tapiz, a una velocidad de 7-8km/h e inclinación de un 1%, el sujeto salía de éste para colocarle la mascarilla y el neumotacógrafo, disponiendo de 2 minutos para ello. Nuevamente volvía al ergómetro y comenzaba la prueba, desplazándose con una velocidad inicial de 7km/h e incrementándose ésta en 1km cada minuto hasta el agotamiento (ver foto II-14).



Foto II-14. Ejecución de la prueba en Tapiz Rodante.

El umbral anaeróbico (VT2) lo determinamos mediante el segundo cambio no lineal de la ventilación pulmonar (VE) y del cociente entre la ventilación pulmonar y el consumo de oxígeno (VE/VO₂), junto con un marcado ascenso progresivo de la relación ventilación/aumento de la producción de CO₂ (VE/VCO₂) y un descenso continuo de la concentración del CO₂ en el aire espirado (FECO₂) o de la presión telespiratoria de CO₂ (PETCO₂), más allá del punto de determinación del umbral aeróbico (VT1) (López et al., 2004).

II.5.2.2.2. Protocolo para el control de la Potencia Máxima del tren superior mediante el Press de Banca

Para el control de este tipo de fuerza hemos optado por el uso del dinamómetro electrónico *Isocontrol*, ya que es el sistema de valoración más fiable.

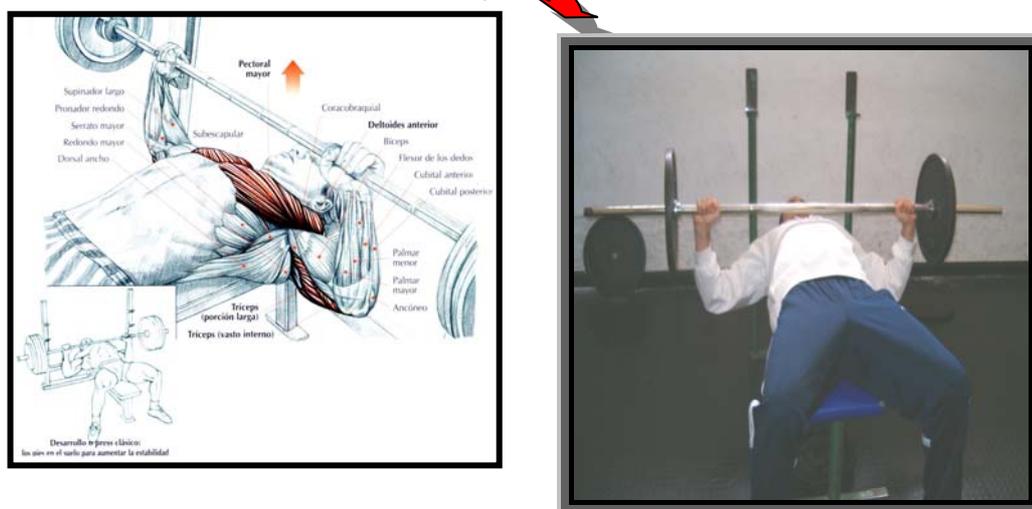
Para evaluar la fuerza utilizamos el ejercicio de press de banca, ejecutado en la Sala de Musculación, lugar donde los participantes realizaban sus entrenamientos. A continuación describimos dicho ejercicio:

❖ **Capacidad motriz requerida principalmente:** Fuerza máxima de los extensores de los brazos, de los músculos pectorales y del deltoides anterior.

❖ **Protocolo:**

- *Posición Inicial.* Cada sujeto se situaba tumbado en un banco horizontal, manteniendo la espalda totalmente en contacto con éste y ambos pies a los lados y apoyados en el suelo. Las manos tomaban la barra de carga, con una separación entre ellas equivalente a la distancia que las separa cuando los codos forman un ángulo de 90° (brazo-antebrazo), mientras que el brazo formaba igualmente otro ángulo de 90° con respecto al tronco (ver foto II-15).

- *Ejecución.* A partir de esta posición, se colocaba la barra sobre el pecho y se realizaba una extensión frontal completa de brazos al escuchar la señal emitida por un colaborador. En todo momento estuvo presente el factor psicológico, ya que se animaba al ejecutante para que desplazara la carga a la máxima velocidad. Dichas cargas se incrementaban de 10 en 10kg, siendo la primera carga la que constituía la propia barra (12kg) y la última, aquella con la que cada sujeto conseguía la potencia máxima. Al iniciar el movimiento en cada una de las repeticiones los individuos inspiraban, expulsando el aire una vez finalizado el mismo.



- | MÚSCULOS IMPLICADOS | |
|----------------------|---------------------------|
| ▪ Pectoral Mayor | ▪ Triceps (Porción Larga) |
| ▪ Deltoides Anterior | ▪ Triceps (Vasto Interno) |

Foto II-15. Ejercicio de Press de Banca y músculos implicados para medir la potencia del tren superior.

II.5.2.2.3. Protocolo del test utilizado para el control de la Fuerza Dinámica Máxima (FDM)

La fuerza dinámica máxima puede definirse como la desarrollada cuando la resistencia sólo se puede desplazar una vez. A esta prueba también se le conoce como test de 1 repetición máxima o 1RM (Zatsiorsky, 1995).

Antes de comenzar las pruebas para el control de la FDM, se preparó la carga que los sujetos debían desplazar durante un recorrido completo. Como medida de seguridad, dos colaboradores ayudaron a levantar la carga al ejecutante en el momento del fallo muscular.

II.5.2.2.3.1. Test de cálculo indirecto para el control de la FDM (1RM) en el ejercicio de Press de Banca (PB).

❖ **Capacidad motriz requerida principalmente:** Fuerza máxima dinámica aplicada.

❖ **Protocolo:**

- *Posición Inicial.* La colocación del deportista fue la misma que la ya descrita para la valoración de la fuerza explosiva.

- *Ejecución.* Cada sujeto realizó flexo-extensión de brazos llegando a tocar el pecho con la barra. Para iniciar la prueba se empleó el doble de la carga con la que se alcanzó la potencia máxima en el PB (González-Badillo y Rivas, 2002), aplicando posteriormente el test de cargas progresivas. Si el peso no fue bien ajustado para completar una serie de 6-8 repeticiones correctamente (bien por exceso o defecto), volvió a realizar otro intento pasados 5 minutos de recuperación. La determinación indirecta de la 1RM se obtuvo mediante la fórmula de Brzycki (1993 citado por Tous, 1999)¹⁴ la 1RM.

II.5.2.2.3.2. Test de cálculo indirecto para el control de la FDM (1RM) en el ejercicio de Remo Sentado con agarre estrecho (RS).

❖ **Capacidad motriz requerida principalmente:** Fuerza máxima dinámica aplicada.

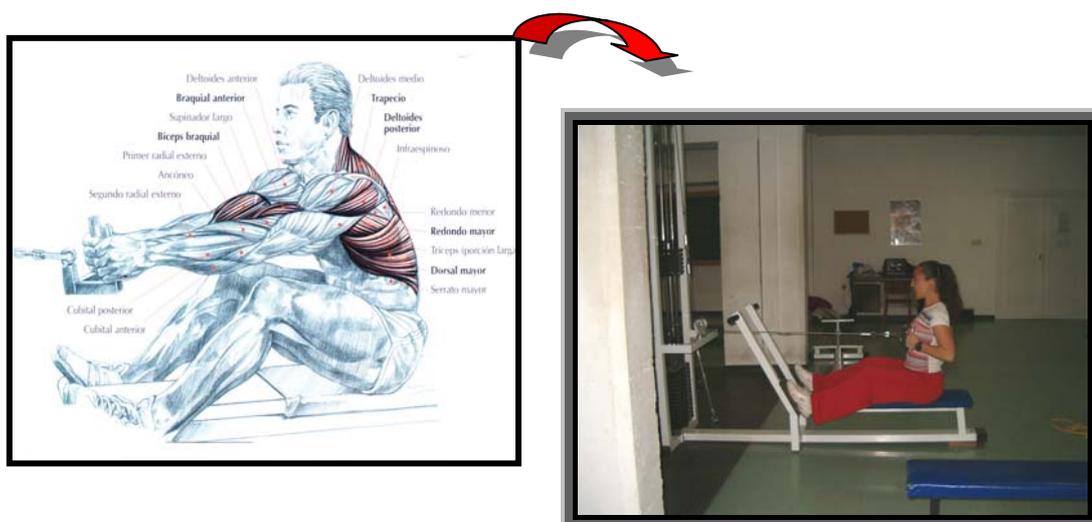
❖ **Protocolo:**

- *Posición Inicial.* El sujeto se colocaba sentado en un banco horizontal con la espalda totalmente recta. Las piernas adoptaban una semiflexión (120°-140°) y los pies se apoyaban en los reposapiés separados a la anchura de éstos. Los brazos

¹⁴ Esta fórmula ha sido elegida debido a que es la más precisa cuando se realizan menos de 10 repeticiones (Tous, 1999). La relación es la siguiente: $1RM = \text{Peso levantado} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{rep hasta el fallo}))$.

estaban extendidos y las manos tomaban el maneral, de forma que los brazos quedaban suspendidos en el aire sin tocar las piernas en ninguna fase del recorrido (ver foto II-16).

- *Ejecución.* El ejercicio consistió en hacer una flexo-extensión de brazos (en la flexión llega a tocar el cuerpo con la barra a la altura del final del esternón), levantando el máximo peso posible sin paradas en ninguna fase del movimiento. Para determinar la carga seguimos las directrices de Chiroso et al. (2003). A continuación se aplicó el protocolo de Earle (1999), donde cada sujeto realizó entre 5 y 10 repeticiones con una carga muy liviana, controlando en todo momento la posición de las palancas. Tras 1 minuto de recuperación, estimamos la carga individual que permitía a los individuos realizar 10 repeticiones cómodamente, a lo que siguieron otros 2 minutos de recuperación. Una vez transcurrido este intervalo se pidió a los sujetos que realizaran 8 repeticiones, aumentando la carga entre un 5 y 10% en el caso del ejercicio de brazos. Posteriormente se estableció un tiempo de descanso de 2 a 4 minutos, e introdujo el peso necesario para ejecutar entre 6 y 8 repeticiones. Si el peso impedía que éstas se ejecutasen correctamente, bien por exceso bien por defecto, el individuo en cuestión lo repetía transcurridos 5 minutos para recuperar. Finalmente, recurrimos a la fórmula de Brzycki (1993) para establecer la 1RM.



MÚSCULOS IMPLICADOS

- Dorsal Mayor
- Redondo Mayor
- Deltoides Posterior
- Bíceps Braquial

Foto II-16. Ejercicio de Remo y músculos implicados para la determinación de la FDM.

II.5.2.2.3.3. Test de cálculo indirecto para el control de la FDM (1RM) en el ejercicio de Prensa Atlética (PAT).

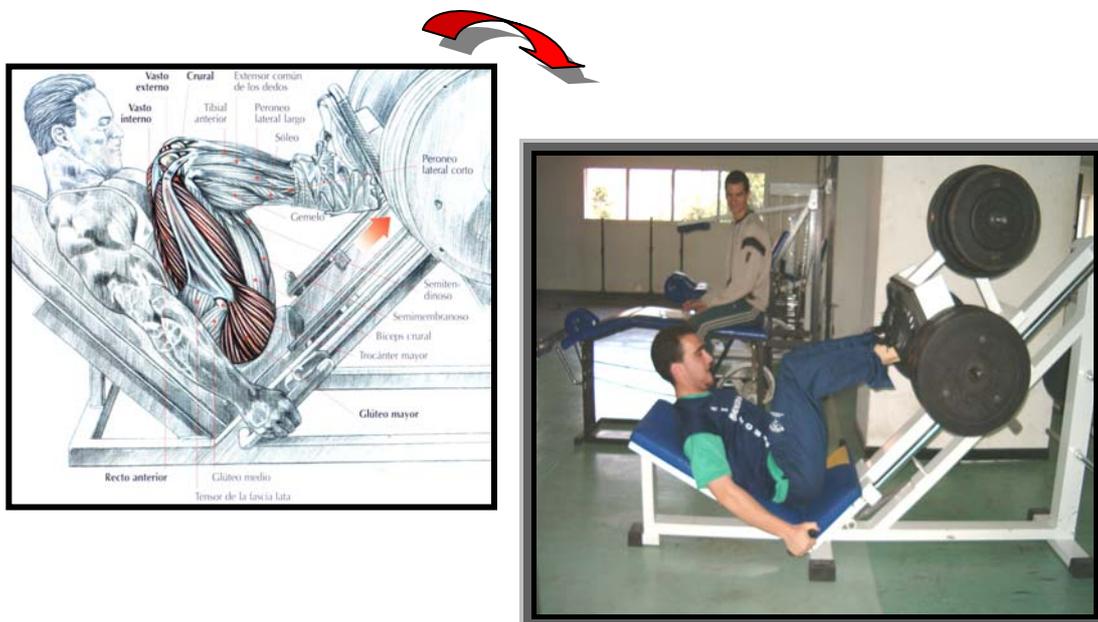
❖ **Capacidad motriz requerida principalmente:** Fuerza máxima dinámica aplicada.

❖ **Protocolo:**

- *Posición Inicial.* El sujeto se colocaba sentado en el banco manteniendo la espalda en contacto total con el mismo, mientras que los pies permanecían paralelos entre sí, apoyados en la plataforma de empuje. Por su parte, las piernas debían mantenerse flexionadas hasta formar un ángulo de 90° (foto II-17).

- *Ejecución.* El participante comenzaba desplazando el peso correspondiente a su peso corporal, resistencia que iba aumentándose entre un 15 y un 20%, siguiendo el protocolo de Earle (1999). Para ello, debía realizar flexo-extensión de piernas con el peso que le permitía ejecutar entre 6-8 repeticiones, pero si éstas no eran efectuadas correctamente, se le exigía un nuevo intento transcurridos

5 minutos de recuperación. Así, pudimos aplicar nuevamente la fórmula de Brzycki (1993) para el cálculo de la 1RM.



MÚSCULOS IMPLICADOS

- Glúteo Mayor
- Cuadriiceps: Vasto Interno
- Cuadriiceps: Vasto Externo
- Cuadriiceps: Recto Anterior

Foto II-17. Ejercicio de Prensa Atlética y músculos implicados para la determinación de la FDM.

II.5.2.2.4. Protocolo para la determinación de la Potencia Aeróbica y la Capacidad Anaeróbica mediante el Special Judo Fitness Test (SJFT).

❖ **Capacidad motriz principalmente requerida:** Potencia aeróbica y capacidad anaeróbica.

❖ **Protocolo:**

- *Posición Inicial.* A una distancia de 6 metros se ubicaron los dos *ukes* sobre el *tatami*. *Tori* se situó a 3m de ambos y se le colocó el pulsómetro (en la cinta del pantalón) y la banda transmisora (en el pecho). Para la prueba se requería la participación de dos colaboradores, uno que contaba las proyecciones, confirmaba la frecuencia cardiaca y computaba el tiempo de recuperación y otro que registraba los datos en la planilla.

- *Ejecución.* A la señal de *hajime*, *tori* se desplazaba hacia uno de los *ukes* para proyectarle con *Ippon Seoi Nage*, dirigiéndose de inmediato hacia el otro para aplicarle la misma técnica. Dicha acción se repitió el mayor número de veces en un espacio de 15 segundos. Finalizado este tiempo, *tori* contaba con 10 segundos de descanso para comenzar de nuevo el test, que en este caso tenía una duración de 30 segundos. Tras otros 10 segundos de recuperación iniciaba la última serie, también de 30 segundos, sentándose a continuación para recuperar durante un minuto y registrar la frecuencia cardiaca. Por último, con los datos obtenidos se calculaba el índice establecido por el autor del test (Sterkowicz, 1995).

$$\text{Índice} = \frac{\text{Fc final (ppm)} + \text{Fc 1min después (ppm)}}{\text{n}^\circ \text{ total de proyecciones}}$$

La capacidad de realizar gran número de proyecciones en corto período de tiempo está relacionada con la sollicitación del metabolismo anaeróbico, mientras que la frecuencia cardiaca de recuperación está vinculada al metabolismo aeróbico (Franchini et al., 1999b). Así, mediante este test, también podemos describir el perfil del judoka. Aquellos con mayor capacidad anaeróbica (los que consiguen un mayor n° de proyecciones), pueden adoptar una actitud más ofensiva al principio del combate, pudiendo ganarlo antes del tiempo reglamentario, mientras que aquellos con mejor rendimiento aeróbico (frecuencia cardiaca final + frecuencia cardiaca al minuto) adoptarán una posición más defensiva y atacarán probablemente al final del mismo.

El progreso del judoka, representado por este índice, se consigue mediante una reducción de dicho valor¹⁵, pudiendo obtenerse de diferentes formas:

- Aumentando el número de proyecciones, que implica una mejora en la velocidad, capacidad anaeróbica láctica y eficiencia en la ejecución.

¹⁵ La condición física en función del índice va desde excelente (≤ 11.73) a muy pobre (≥ 14.85) (Franchini et al., 2006).

- Disminuyendo la frecuencia al final del test, que significa mayor eficacia cardiovascular para el mismo esfuerzo (igual número de entradas).
- Reduciendo la frecuencia cardíaca un minuto después de finalizar el test, o sea, la recuperación es más efectiva y se incrementa la capacidad aeróbica.
- Combinando dos o más parámetros (Franchini et al., 1999b).

Sin embargo, también nos encontramos ciertos inconvenientes o deficiencias en el test. Podemos enumerar los siguientes:

- El número de proyecciones no puede ser fraccionado, impidiendo la discriminación entre un atleta que concluye el test ejecutando la técnica y otro que se encuentra en mitad del movimiento o a punto de iniciarlo.
- *Ippon Seoi Nage* difícilmente es practicada por judokas de gran envergadura o elevado peso.
- La frecuencia cardíaca se ve influenciada por el clima y otros factores como el estrés o el sobreentrenamiento, por lo que dichas condiciones deben estar perfectamente controladas.

Debido a la especificidad del test y a las particularidades anteriormente mencionadas, hemos seleccionado el *SJFT* (ver figura II-4) para evaluar la viabilidad del entrenamiento concurrente al que han sido sometidos nuestros judokas.

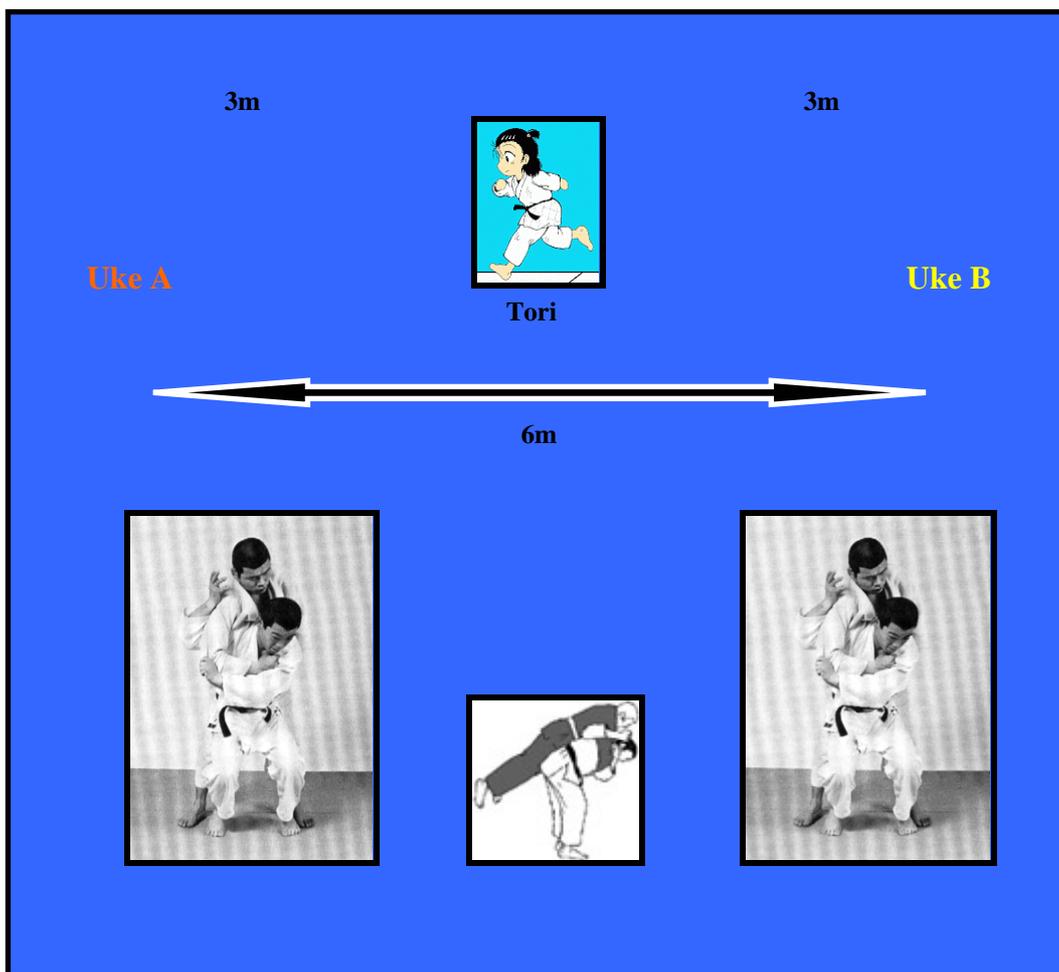


Figura II-5. Test específico de Judo (SJFT) para la determinación de la Potencia Aeróbica y la Capacidad Anaeróbica.

II.5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis estadístico hemos creado diversas bases de datos. En ellas, se han ubicado los valores de cada deportista en una fila y las medidas correspondientes a las pruebas efectuadas.

Los datos se introducen en el programa Excel (versión 5.0) y posteriormente se capturan y transforman en archivos de datos SPSS (versión 12.0), empleando este último para la elaboración de todo el tratamiento.

La metodología aplicada para analizar los valores ha sido la siguiente:

II.5.3.1. Estadística descriptiva

Las variables continuas y discretas han sido tratadas mediante la estadística descriptiva, con objeto de encontrar los parámetros muestrales básicos: Media y Desviación Estándar observados en cada muestra, así como el número de casos sobre los que se han realizado los cálculos. Para ello, hemos aplicado dentro de “ANALIZAR” el procedimiento Frecuencias, incluido en el módulo de Estadísticos Descriptivos, que nos proporciona para cada grupo de estudio dichos parámetros.

En aquellas variables cuantitativas discretas y cualitativas se ha realizado el mismo procedimiento de Frecuencias, el cual, nos suministra las tablas de frecuencias absolutas de cada modalidad ó valor de la variable considerada, así como sus frecuencias relativas y las mismas expresadas en tantos por ciento.

II.5.3.2. Estadística inferencial

En primer lugar, se ha utilizado para cada variable cuantitativa continua y cada grupo el test de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov, dentro del módulo “EXPLORAR”. Si el resultado de dicho test es significativo indica que, en la población de la cual procede la muestra considerada, la variable estudiada no sigue la distribución normal. En estos casos, una posible solución es aplicar alguna transformación a los datos como logaritmos, raíz cuadrada, etc. Con ello logramos normalizar los valores, o bien, en caso de no encontrar la transformación adecuada, aplicar procedimientos no paramétricos, que permiten estudiar las cuestiones planteadas acerca de esas variables no normales.

Nuestro interés se centra en estudiar tres grupos [Fuerza, F-R(2) y F-R(1)], a través de las variables registradas en los mismos individuos pero en distintos tests, proporcionando muestras apareadas o dependientes. Por ello, el procedimiento aplicado ha sido el de MODELO LINEAL GENERAL (Medidas Repetidas), considerando el factor intra-sujetos.

A continuación se realiza la prueba de Esfericidad de Mauchly. Si dicho test resulta significativo, habrá que aplicar las correcciones de Greenhouse-Geisser y/o Huynh-Feldt, o bien, el Límite Inferior, que asigna una “penalización” más o menos fuerte sobre los grados de libertad del Análisis de la Varianza, por no cumplirse esta condición de esfericidad. En el caso de que el test resulte no significativo, consideraremos la primera fila de resultados en la tabla del análisis (Esfericidad Asumida).

Posteriormente, en caso de resultar significativas las diferencias entre los distintos instantes en general, se procede al análisis en profundidad de dichas diferencias. Así, empleamos el procedimiento de comparaciones múltiples, que nos informa de donde proceden las significaciones encontradas. Para ello utilizamos la corrección de Bonferroni, con el objeto de controlar el error global alfa.

En todos los tests se consideró el nivel de significación (valor P) como a continuación exponemos:

- Si $P \leq 0.05$ el resultado se considera “significativo”.
- Si $P \leq 0.01$ refleja que el resultado del test es “muy significativo”.
- Si $P \leq 0.001$ el resultado es “altamente significativo”.

En estos tres casos concluiremos que, en general, las medias de los distintos tests o momentos analizados no son todas iguales.

- Si $0.05 < P \leq 0.15$ lo indicaremos como que el resultado no es significativo, aunque existen “indicios de significación” y convendría aumentar la muestra.

- Si $P > 0.15$ el resultado es “no significativo”.

El procedimiento que vamos a seguir en el análisis estadístico va a ser el mismo para todas las variables. Así, iniciamos la presentación con una tabla resumen de los parámetros descriptivos correspondientes a cada prueba, mientras que la estadística inferencial queda reflejada en el texto y a través de figuras.



Universidad de Granada
Dpto. Educación Física y Deportiva
F.C.C.A.F. y D.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se recogen los resultados de las variables registradas en los grupos F, F-R(2) y F-R(1), discutiéndose paralelamente dichos resultados. Estas variables se exponen en el mismo orden en el que se realizaron los tests, es decir:

1. VO₂máx y Umbral Anaeróbico.
2. Potencia Máxima y Fuerza Dinámica Máxima.
3. Índice del SJFT.

III.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL TEST DE RESISTENCIA

III.1.1. CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO (VO₂máx)

Los valores correspondientes al VO₂máx, obtenidos en los tres grupos de estudio en el pretest (T1), postest (T2) y retest (T3) se exponen en la tabla III-1.

Tabla III-1. Valores promedio y desviación estándar del VO₂máx en los grupos de estudio.

GRUPOS de ESTUDIO	Test	VO ₂ máx (ml·min ⁻¹)	DE
F	T1	3429,00	571,97
	T2	3700,92	745,11
	T3	3287,26	634,30
F-R (2)	T1	2782,15	670,22
	T2	3256,87	800,46
	T3	2799,62	495,23
F-R (1)	T1	3627,73	634,30
	T2	4342,81	754,34
	T3	3522,73	495,31

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, VO₂máx: consumo máximo de oxígeno promedio, DE: desviación estándar, T1: pretest, T2: postest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

La *prueba de efectos intrasujetos* determina que existen diferencias significativas entre los 3 momentos de medida [$F_{exp} = 33,001$ gl: (1,747; 33,202) con $P=0.001$]. Asimismo, las diferencias se mantienen a través de los 3 grupos ($P=0.122$).

El entrenamiento empleado en el grupo F-R(1) y F-R(2) produjo un incremento significativo en el $VO_{2m\acute{a}x}$, entre el pretest y el posttest (19,71% con $P=0.001$ y 17,06% con $P=0.009$), sin que el grupo F experimentara dichos cambios (tabla III-2).

Tabla III-2. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.

GRUPOS	$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml·min ⁻¹)		Significación
	T1	T2	P
F	3429,00	3700,93	0.25
F-R (2)	2782,15	3256,87	0.009
F-R (1)	3627,73	4342,81	0.001

Transcurrido un mes, tras la finalización del entrenamiento, todos los grupos registraron pérdidas en el rendimiento, aunque principalmente y de forma significativa el grupo F-R(1) ($\downarrow 18,88\%$, $P=0.001$) (figura III-1).

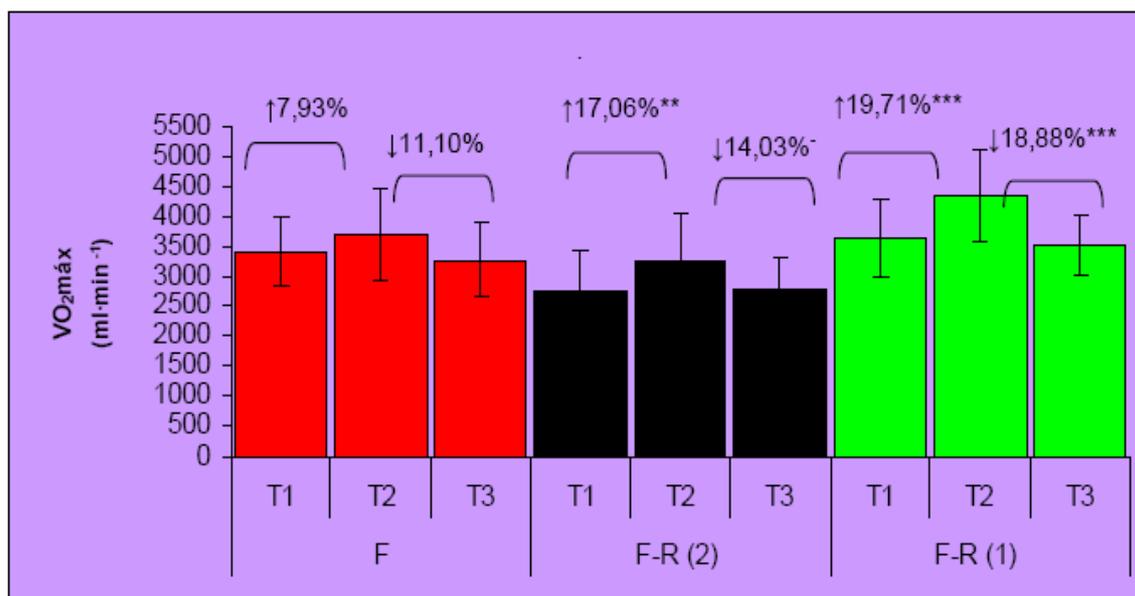


Figura III-1. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), \uparrow Incremento y \downarrow Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: $P<0.001$, **Nivel de cambio muy significativo: $P<0.01$.

III.1.2. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE EL VO₂máx

De los resultados obtenidos podemos afirmar que el entrenamiento de fuerza, aplicado al grupo F, muestra una tendencia a incrementar el VO₂máx en un 7,93%, aunque no de forma significativa, a pesar de que este grupo sólo entrenó la fuerza. Para los grupos que entrenaron de forma concurrente, se advirtió un incremento muy significativo en el grupo que trabajó en dos sesiones [F-R(2)], concretamente un 17,06%, mientras que el grupo que lo hizo en la misma sesión [F-R(1)] consiguió una mejora altamente significativa del 19,71%, situando a ambos en el grupo de sujetos denominado por Kraemer et al. (2002 citados por Kraemer y Häkkinen, 2006) *moderadamente entrenados*¹.

Una de las cuestiones interesantes relacionadas con el trabajo de fuerza y de resistencia, es la posible influencia que puede tener el entrenamiento y la mejora de la primera sobre el rendimiento en la segunda (Frontera et al., 1990; Hickson et al., 1980a; Stone et al., 1983). Dicha influencia se puede medir por el efecto sobre el VO₂máx (al igual que el diseño del grupo F), el umbral de lactato, la velocidad o potencia del umbral, el tiempo empleado en una distancia determinada y la economía de carrera. Otros trabajos han examinado el efecto contrario, es decir, la consecuencia de un trabajo de resistencia sobre la fuerza (Bentley et al., 1998; Leveritt y Abernethy, 1999), que puede evaluarse a través de las alteraciones en el patrón de reclutamiento motor, el daño muscular, alteraciones hormonales o cambios estructurales.

De acuerdo con nuestros resultados, se ha demostrado que el trabajo de fuerza origina pequeños incrementos en el VO₂máx (Frontera et al., 1990; Hetzler et al., 1997 citados por López y Fernández, 2006; Hickson 1980; Stone et al., 1983), aunque éstos no son significativos (Ades et al., 1996 citados por López y Fernández, 2006; Hickson et al., 1980) o bien mantenerlo (Hennessy y Watson, 1994; Kraemer et al., 1995). Una posible explicación, a los cambios ocasionados por el entrenamiento, podemos encontrarla en los medios y métodos aplicados para el desarrollo de la fuerza. En

¹ Según Kraemer (2000), los entrenamientos de fuerza que consiguen mejoras de un 20% aproximadamente se producen en sujetos moderadamente entrenados.

general, parte de los estudios que han mostrado aumentos en VO_2 máx, tras participar en un programa de fuerza, han empleado un sistema de trabajo en circuito, enfocado, en la mayoría de los casos, al desarrollo de la resistencia a la fuerza muscular (Gettman et al. 1979; Haennel et al., 1989 citados por López y Fernández, 2006; Kaikkonen et al., 2000).

Chtara et al. (2005) evaluaron los efectos de diferentes secuencias de entrenamiento concurrente sobre el rendimiento en resistencia, para el que utilizaron un grupo dedicado al trabajo de fuerza, otro al de resistencia, otros dos más que hicieron el mismo trabajo que los anteriores pero alternando el orden (F+R y R+F) y un grupo control. Pudieron constatar que el grupo dedicado a la fuerza, el cual entrenó mediante un circuito enfocado a la resistencia de fuerza y a la fuerza explosiva (similar a nuestro trabajo en cuanto a las manifestaciones entrenadas), incrementó de forma significativa su VO_2 máx en cicloergómetro, aunque en menor medida que los grupos que trabajaron de forma concurrente la fuerza y la resistencia.

Contrariamente a nuestros resultados, no se ha conseguido mejorar el VO_2 máx pero sí el rendimiento en resistencia en algunas investigaciones. De esta forma, Marcinik et al. (1991) comprobaron, en sujetos sedentarios, que el entrenamiento de fuerza efectuado 3 veces por semana durante 12 semanas, mediante un circuito de 3x10 ejercicios con descansos de 30 segundos, permitió mejoras del 33% en el tiempo de pedaleo sobre cicloergómetro, con cargas del 75% del VO_{2pico} , a pesar de que los valores del VO_2 máx se mantuvieron sin variaciones significativas. Las ganancias se manifestaron en los aumentos del umbral de lactato y la fuerza de piernas.

Hoff et al. (2004), aplicando un entrenamiento con cargas superiores al de nuestro diseño, hallaron en futbolistas una relación directa entre el entrenamiento convencional de fuerza máxima (85% de 1RM ejecutadas a la máxima velocidad) y la mejora en la economía del trabajo (sin incrementos en el VO_2 máx), que es uno de los parámetros por lo que se puede medir la eficacia del entrenamiento relacionado con el VO_2 máx. Trabajos de características similares con corredoras de fondo (Jonhston et al.,

1997) y corredores de campo a través (Paavolainen et al., 1999) han confirmado estos datos.

A otro grupo de sujetos físicamente activos, practicantes de actividades deportivas de forma recreacional, se le aplicó un entrenamiento de fuerza basado en 5 series de 5 repeticiones con el máximo peso posible, consiguiendo una mejora del tiempo de ejecución de un esfuerzo en cicloergómetro del 47% y en carrera del 12%, a pesar de que no hubo cambios en el VO_2 máx. Dado que este parámetro no se modificó, los cambios en la resistencia se atribuyeron al incremento en la fuerza muscular o la potencia (al igual que los datos obtenidos por nuestro grupo F). Un progreso de esta cualidad, en los principales músculos que intervienen en un esfuerzo de media e incluso larga duración, conlleva una mejora en los niveles de rendimiento, a pesar de que con este tipo de trabajo de fuerza, no se logren incrementos significativos en los parámetros que tradicionalmente se han considerado como fundamentales para lograr altos rendimientos en pruebas de resistencia (García, 1996).

El planteamiento llevado a cabo en jóvenes sedentarios por Hickson (1980a), [entrenamiento de fuerza de intensidad media (50-60% de 1RM) y de elevado número de repeticiones (15-20)], consiguió un aumento significativo del umbral láctico en un 12%, una disminución de la concentración del lactato sanguíneo a una intensidad submáxima y una mejora del 33% del tiempo de agotamiento al 75% del VO_2 máx (Bishop et al., 1999; Gorostiaga et al., 1999; Hickson et al., 1988). Los autores sugirieron que los beneficios en la resistencia aeróbica, conseguida tras un programa de fuerza, podrían estar asociados a un incremento de la fuerza máxima (como ocurre en nuestro planteamiento), disminución del pico de tensión desarrollado en cada pedalada, mayor participación de fibras tipo I y menor de las tipo II, derivando en una menor utilización de ATP por unidad de contracción muscular y retraso de la fatiga (Hickson et al., 1988).

Por tanto, aún en ausencia de incrementos en el VO_2 máx, se ha demostrado una evolución en la resistencia aeróbica durante el ejercicio submáximo después del entrenamiento de fuerza (Ades et al., 1996 y Fitarone et al., 1994 citados por López y

Fernández, 2006; González-Badillo y Ribas, 2002; Hickson et al., 1980). Ciertos tipos de rendimiento en resistencia, especialmente aquellos que requieren el reclutamiento de fibras tipo II, podrían ser mejorados por el entrenamiento de fuerza (Hickson et al., 1988). Así, el trabajo de esta cualidad provoca cambios en el sistema nervioso y muscular, reclutando fibras tipo I y demorando el de las tipo II, al igual que retrasa la depleción de glucógeno y la fatiga e incrementa la fuerza muscular (Jung, 2003). En este sentido, Chromiak y Mulvaney (1990) confirmaron que el suplemento del ejercicio de resistencia, mediante trabajos de fuerza, podía mejorar el rendimiento en especialidades de resistencia en las que se requiere un sustancial reclutamiento de fibras II o también en aquellas en las que se necesita poseer un rápido final. Todo parece indicar que el empleo de trabajos adecuados de fuerza, en los que no se producen grandes hipertrofias (como en nuestro trabajo), no interfieren en la capacidad de resistencia.

Tras el análisis realizado, podemos afirmar que factores como diferencias en el modelo, frecuencia, intensidad, duración, edad, experiencia y estado físico previo de los participantes, permiten explicar la magnitud del efecto del programa de entrenamiento de fuerza sobre la resistencia aeróbica. No podemos olvidar, que la mejora del VO_2 máx puede igualmente deberse al *principio de unidad funcional*, que hace referencia a la respuesta global del organismo ante una carga concreta o atendiendo al *síndrome general de adaptación* o conjunto de respuestas funcionales adaptativas inespecíficas ante cualquier estímulo agresor o estrés que altere el equilibrio homeostático (Fernández et al., 2003). En este sentido, el entrenador deberá tener presentes todas estas variables antes de elaborar la programación de su deportista.

Como hemos comentado, para los grupos que entrenaron de forma concurrente se advirtió un incremento muy significativo en el grupo que trabajó en dos sesiones, mientras que el grupo que lo hizo en la misma sesión consiguió una mejora altamente significativa.

Diferentes variables han podido influir en los resultados obtenidos. Entre ellos podemos destacar el hecho de haber realizado el trabajo en dos sesiones [F-R(2)] o en

una [F-R(1)] el mismo día. Sale et al. (1990b) estudiaron el efecto producido por el entrenamiento combinado de fuerza y resistencia cuando se ejecutaban ambos en el mismo día o en distintos. Para ello, sometieron a 7 jóvenes a un entrenamiento combinado el mismo día en una sola sesión (MD), dos veces por semana durante 20 semanas. Otro grupo de 8 hizo el entrenamiento de fuerza dos veces por semana y el de resistencia en otros dos diferentes (DD). El entrenamiento de fuerza consistió en 6-8 series de 15-20 RM en una máquina de press de piernas y el de resistencia en 6-8 series de 3 minutos en un cicloergómetro a intensidad entre el 90-100% del VO_2 máx. Los resultados mostraron que se produjo una mejora significativamente mayor de la fuerza de piernas (press de piernas) en el grupo DD (25%) que en el grupo MD (13%) y un incremento significativamente superior en las enzimas oxidativas en el grupo MD (26%) que en el grupo DD (6%). Por tanto, realizar el entrenamiento de fuerza en días diferentes al de resistencia reportó un mayor incremento de ésta en las piernas, si se compara con el entrenamiento de ambas cualidades efectuado en el mismo día en una sola sesión (en nuestro caso los datos aluden a un mismo día). En cuanto al VO_2 máx, los cambios fueron similares para ambos grupos.

Otro factor que puede ser determinante, para un régimen concurrente, es la secuencia en la que se realizan los trabajos. En este sentido y de acuerdo con nuestros resultados, Chtara et al. (2005) obtuvieron mejoras del VO_2 máx superiores en la secuencia donde se entrenaba primero la resistencia que a la inversa (13,6% vs 10,7%), con un margen de recuperación de 20 minutos entre ambos. Los resultados inferiores obtenidos de la secuencia F/R, pueden explicarse por la fatiga derivada del entrenamiento de fuerza, la cual, influye en la adaptación al de resistencia. En entrenamientos concurrentes, donde primero se entrenaba la resistencia y luego la fuerza, existiendo hasta un máximo de 8 horas de recuperación entre ambos, se constató que esta última disminuía, básicamente porque la musculatura implicada en ellos era la misma (Costill y Hargreaves, 1992; Sporer y Wenger, 2003) y los niveles de glucógeno aún no se habían restablecido, lo que podría suponer una fatiga adicional a la ya producida por el entrenamiento previo (Craig et al., 1991; Leveritt et al., 1999). Deakin (2004) manifestó que en la secuencia F/R se necesitaba un mayor tiempo de recuperación que en la R/F, reflejado básicamente en la capacidad para generar fuerza,

que era mayor que en la segunda secuencia. Los posibles factores que pudieron incidir fueron la creación de productos metabólicos, la disminución de energía, la perturbación del medio interno, el daño muscular, las alteraciones del control neural, la contracción muscular y la respuesta hormonal (Allen et al., 1992; Grisdale et al., 1990; Pyne, 1994 y Sahlin, 1992 citados por Deakin, 2004).

Bell et al. (1988 citados por Deakin, 2004) desvelaron que el orden en el trabajo de resistencia realizado durante 5 semanas y a continuación el de fuerza durante otras 5, no influyó en las adaptaciones fisiológicas a cada programa. La conclusión, cuando primero se entrenaba resistencia y luego fuerza, fue que no se producían mayores ganancias que en el diseño opuesto y el VO_2 máx mejoró en ambas secuencias.

En otro estudio realizado por Bell et al. (1991a), se utilizó un planteamiento basado en un trabajo concurrente de fuerza y resistencia. Un grupo entrenó durante cinco semanas la fuerza y durante las cinco siguientes la resistencia, mientras que el otro grupo lo hizo con la secuencia contraria. El resultado, en este caso, fue que el orden alteraba los niveles de adaptación. Cuando se entrenó primero la fuerza y posteriormente la resistencia, aparentemente no existieron modificaciones significativas en ambas, aunque con la secuencia inversa se observó un declive en la capacidad aeróbica durante el ciclo de fuerza (en nuestro caso las dos cualidades se entrenaron en la misma sesión). Sin embargo, diversos autores que han tratado esta cuestión (Bell et al., 1991b; Collins y Show, 1993; Gravelle y Blessing, 2000), encontraron que el orden no fue decisivo en sus resultados.

En esta línea se posicionaron los autores Collins y Show (1993), que analizaron las adaptaciones producidas por diferentes estructuras de entrenamiento. Los datos confirmaron que no existían diferencias significativas entre ambas sucesiones tras 7 semanas de entrenamiento, evaluadas mediante el VO_2 máx, 1RM en press de banca, curl de brazos y prensa atlética.

Gravelle y Blessing (2000) cotejaron las adaptaciones fisiológicas de 19 mujeres físicamente activas, utilizando dos sucesiones opuestas durante 11 semanas. Los datos

mostraron que 1RM en prensa atlética fue igual en ambas secuencias. Por su parte, el VO_2 máx se incrementó en ambos grupos, aunque no fue significativo cuando primero se entrenaba la resistencia. Estos resultados verificaron que el orden no influyó en las adaptaciones al entrenamiento de fuerza, aunque las modificaciones aeróbicas si se vieron limitadas.

Tras revisar la literatura, parece ser que tanto la modalidad deportiva (carrera, esquí o pedaleo) como el tipo de contracción muscular y la duración del ejercicio previo de resistencia, afectan a la fuerza tras el entrenamiento. Sin embargo, el descenso de glucógeno post-ejercicio probablemente no sea la fuente más importante que contribuya a una reducción de la fuerza máxima tras el trabajo de resistencia. También, otros parámetros como el horario de las sesiones, el tiempo de recuperación entre ambas o la fatiga residual de un trabajo previo, han de estudiarse para conseguir los mejores resultados, tanto en entrenamiento como en competición. En nuestro caso se han conseguido progresos con los dos planteamientos, por lo que probablemente o no hay una gran influencia del orden o bien, la metodología basada en trabajos intermedios de fuerza y resistencia ha sido decisiva.

También, el tiempo y tipo de recuperación es un factor más a considerar en el entrenamiento concurrente, además de la duración del programa. En nuestro diseño, el tiempo de recuperación entre ambas sesiones parece ser suficiente para recuperar, a diferencia de otros estudios donde demuestran que tres horas entre ambos entrenamientos parece no ser la más acertada (Deakin, 2004). Con una metodología diferente a la nuestra, Leveritt y Abernethy (1999) observaron lo ocurrido tras ejecutar un ejercicio de resistencia de alta intensidad sobre la fuerza, en sujetos que realizaban actividad física regularmente. Con un intervalo de 30 minutos entre ambos trabajos, se redujo el número de repeticiones ejecutadas en sentadilla con el 80% de 1RM y el momento de fuerza a diferentes velocidades.

Bentley et al. (1998) analizaron las consecuencias del entrenamiento en cicloergómetro sobre la recuperación de la fuerza. Concluido el trabajo se efectuaron los tests tras 6 horas (mismo tiempo empleado que en nuestro diseño) y 24 horas,

observando que sobre todo la fuerza fue la capacidad más perjudicada, especialmente a las 6 horas. Lo más probable es que la reducción de fuerza se debiera a la perturbación en la excitación nerviosa, repercutiendo en la capacidad de reclutamiento y la frecuencia del estímulo. El tiempo de recuperación, tras una sesión de resistencia, puede ser determinante para el entrenamiento y la mejora de la fuerza, si este se realiza a continuación del ejercicio de resistencia. Obviamente, la intensidad y duración del trabajo de resistencia influye sobre el tiempo necesario de separación entre ambos entrenamientos, para que la interferencia entre ellos sea mínima.

Igualmente interesante es el tipo de recuperación efectuada durante el descanso. Es sabido, que una recuperación activa facilita el aclaramiento del lactato (López y Fernández, 2006; Monedero y Donne, 2000), hecho que podría haber influido positivamente en el grupo F-R(1). Recordemos que en éste, se aprovechaba el descanso entre la primera y segunda serie para realizar el circuito a una intensidad del umbral aeróbico, situación que optimizaría la recuperación (López y Fernández, 2006) al actuar como un descanso activo.

La duración del programa de entrenamiento tiene gran repercusión en el resultado. Hasta el momento, los trabajos realizados han demostrado que aquellos que se prolongan por más de 12 semanas (tiempo empleado en nuestro trabajo), provocaban menores ganancias en la fuerza por sobreentrenamiento (Bell, 1991a; Bell et al., 2000; Hickson, 1980; Hunter, 1987).

El estado físico inicial del que parten los sujetos es otro factor significativo. En nuestro caso son personas físicamente activas, con cierta experiencia en la modalidad. Este hecho ha podido influir en la magnitud y velocidad a la que ocurren las adaptaciones. En sujetos menos entrenados éstas ocurren en pocas semanas, mientras que en deportistas entrenados pueden tardar meses y son relativamente menos notables (López y Fernández, 2006). Compartiendo la afirmación de McArdle (2001 citado por López y Fernández, 2006), las mejoras en la resistencia aeróbica, como consecuencia del entrenamiento, se sitúan entre un 5 y un 25 % (entre un 17 y 20% aproximadamente en nuestro trabajo).

Anteriormente aludíamos al modo o metodología empleada en la evaluación y el control del entrenamiento concurrente. Así, diversos trabajos han determinado el VO_2 máx mediante el cicloergómetro y el tapiz (al igual que nosotros), encontrando interesantes resultados. Hickson et al. (1980a) constataron mejoras en el tiempo total de pedaleo en una prueba sobre cicloergómetro (31,7%) y en una prueba sobre tapiz rodante (10,5%) después de que 9 sujetos no entrenados participaran en un trabajo de fuerza de 3-5 series de 5RM durante 5 días a la semana por un período de 10 semanas. En este caso, los niveles de VO_2 máx en el cicloergómetro mostraron un incremento del 4%, mientras que en el tapiz se mantuvieron constantes. Se conoce, que en un ejercicio en cicloergómetro se alcanza con mayor facilidad la fatiga periférica local, sin haber alcanzado la máxima capacidad funcional aeróbica, pues se emplea menos masa muscular (López y Fernández, 2006).

En este sentido, el VO_2 máx, en dicho ergómetro, se encuentra entre un 6 y 11% más bajo con respecto a los obtenidos en tapiz, debido a la mayor masa muscular involucrada y a la fatiga local. Mediante el pedaleo, las contracciones musculares son intermitentes, pues mientras una pierna genera fuerza la otra recupera y el porcentaje de contribución de varios músculos de las piernas para generar fuerza cambia en cada pedalada (Citterio y Agostini 1984 citados por Deakin, 2004). Durante el trabajo sobre un tapiz se moviliza gran cantidad de masa muscular, lo que permite alcanzar elevados valores de VO_2 máx. Así, para conseguir el VO_2 máx deberíamos movilizar, al menos, el 50% de la masa muscular corporal total. La mayor ventaja es que reproduce actividades naturales del ser humano, por lo que se puede aplicar a un amplio grupo de población. Aún así, lo ideal es realizar un test lo más parecido a las condiciones dadas en competición para que los datos sean lo más reales posibles.

Las últimas investigaciones realizadas confirman que, las adaptaciones al rendimiento en resistencia se alcanzan antes si se combina ésta con un entrenamiento de fuerza que si se hace el entrenamiento de resistencia aislado. El trabajo de fuerza consigue incrementar el rendimiento en ejercicios explosivos, debido a un aumento en el contenido de glucógeno y fosfatos generados durante el descanso y a la capacidad enzimática de resintetizar rápidamente ATP (Bastiaans et al., 2001). Cuatro semanas de

entrenamiento interválico de alta intensidad, combinado con otro de resistencia en ciclistas, incrementa la activación de unidades motoras, los niveles de lactato y la cantidad de trabajo con un relativo volumen bajo en el ejercicio de sprint, cuando se compara con el entrenamiento de resistencia aislado (Creer et al., 2004).

El acondicionamiento de fuerza máxima, con énfasis en adaptaciones neurales, mejora la fuerza y especialmente la fuerza explosiva, además del rendimiento en resistencia reflejado en la economía de carrera. Esta mejoría probablemente se deba a un incremento de 1RM (como es nuestro caso) o al grado de mejora de la fuerza explosiva (Hoff et al., 2002).

Por tanto y de acuerdo con Chtara et al. (2005), la magnitud de las adaptaciones cardiorrespiratorias dependen básicamente de la intensidad, duración y frecuencia con la que se realiza el ejercicio. Para conseguir efectos positivos sobre el VO_2 máx, dicho autor considera que se requiere una intensidad mínima de trabajo del 50% del VO_2 máx y entrenamientos de fuerza cuya orientación no sea máxima y cuya duración esté comprendida entre 7 y 12 semanas (Balabinis et al., 2003; Hickson, 1980b; McCarthy et al., 1995; Sale et al., 1990), hecho que coincide con nuestro planteamiento. Además, para alcanzar el efecto deseado y evitar interferencias, el entrenamiento concurrente debe aplicarse en la pretemporada (Balabinis et al., 2003).

Por último, la interrupción temporal o definitiva del entrenamiento y el consiguiente cese del estímulo inductor de las adaptaciones cardiovasculares, se traduce en una regresión de éstas, que es inversamente proporcional al nivel previo de los sujetos (las adaptaciones serán mayores y se producirán más rápidamente si el nivel de los participantes es bajo) (Wilmore y Costill, 2004). Así, la resistencia cardiorrespiratoria es la más perjudicada de todos los parámetros, ya que disminuye más que la fuerza, la resistencia muscular y la potencia (Wilmore y Costill, 2004).

III.1.3. UMBRAL ANAERÓBICO

En la tabla III-3 se presentan los resultados pertenecientes al test de resistencia referidos al umbral anaeróbico. Los valores se expresan como un porcentaje del VO_2 máx.

Tabla III-3. Valores promedio y desviación estándar del Umbral Anaeróbico en los grupos de estudio.

GRUPOS de ESTUDIO	Test	Umbral Anaeróbico (% VO_2 máx)	DE
F	T1	79,86	5,94
	T2	83,62	5,36
	T3	84,34	5,83
F-R (2)	T1	90,37	10,77
	T2	86,25	7,75
	T3	87,09	7,98
F-R (1)	T1	80,70	9,07
	T2	79,63	6,59
	T3	83,00	4,52

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, % VO_2 máx: porcentaje del consumo máximo de oxígeno promedio al que se encuentra el umbral anaeróbico, DE: desviación estándar, T1: pretest, T2: posttest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

Aplicada la *prueba de efectos intrasujetos* se observa que no existen diferencias entre los tres instantes medidos [$F_{exp}=0,42$ gl: (2, 36) con $P=0.65$] y éstas se mantienen para los grupos de estudio ($P=0.32$).

El umbral anaeróbico no experimentó cambios significativos por efecto del tipo de entrenamiento en ninguno de los grupos analizados (tabla III-4). Los resultados obtenidos para esta variable fueron similares entre el pre y post y el retest, tras un mes de inactividad (figura III-2).

Tabla III-4. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.

GRUPOS	%VO ₂ máx (ml·min ⁻¹)		Significación
	T1	T2	P
F	79,86	83,62	0.86
F-R (2)	90,37	86,25	0.64
F-R (1)	80,70	79,63	1

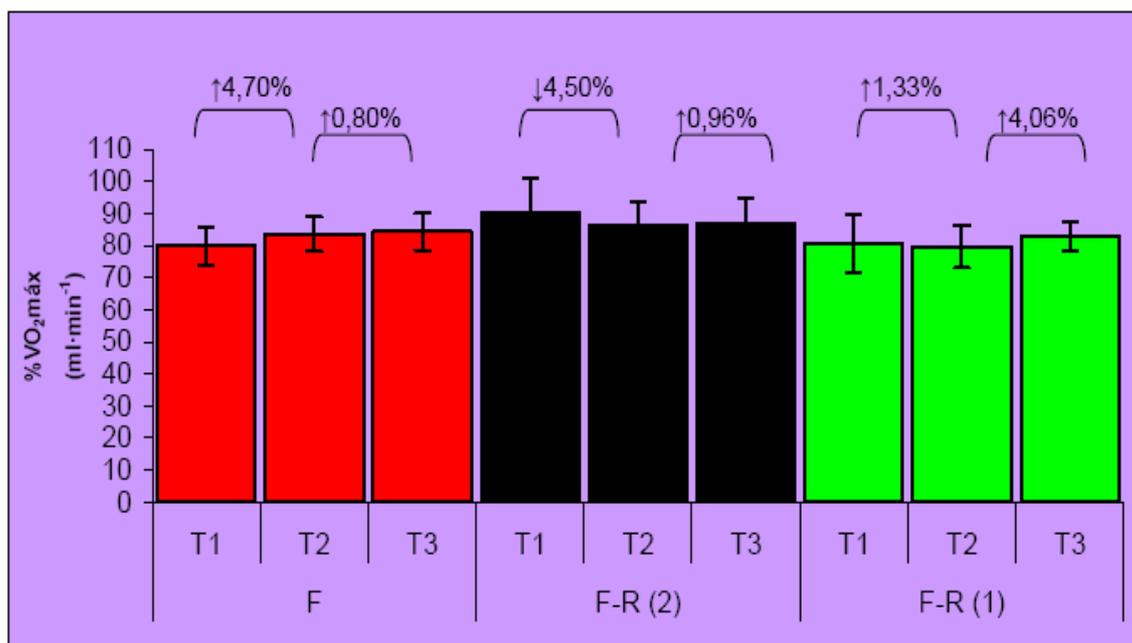


Figura III-2. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento.

III.1.4. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE EL UMBRAL ANAERÓBICO

El análisis estadístico muestra que el umbral anaeróbico no ha sufrido incrementos significativos en ninguno de los grupos de estudio.

Los resultados se pueden justificar por el tipo de entrenamiento seguido. El circuito aplicado a nuestros sujetos, en el entrenamiento concurrente, cumple las características del método continuo extensivo (López y Fernández, 2006; Vrijens,

2006), que trabaja en torno al umbral aeróbico. Para que el umbral anaeróbico se incremente los entrenamientos deben realizarse por encima del umbral aeróbico (López y Fernández, 2006), razón por la cual el umbral no se ha mejorado.

Numerosos estudios han encontrado que el entrenamiento realizado a intensidad cercana al umbral anaeróbico, induce un desplazamiento hacia la derecha de la curva del lactato y un aumento simultáneo del umbral (Denis et al., 1982; Henritze et al., 1985; Yoshida et al., 1982). Un metaanálisis, que incluyó 85 grupos experimentales de 34 estudios, determinó que el entrenamiento a una intensidad cercana al umbral fue el estímulo adecuado para mejorarlo en sujetos sedentarios (Londeree, 1997). Los autores señalaron que era necesaria una mayor intensidad para incrementar el umbral en sujetos entrenados. En este sentido, López y Fernández (2006) afirman que en sujetos sedentarios, entrenar cerca del umbral anaeróbico, mejora el umbral anaeróbico, mientras que para los sujetos entrenados se requiere una intensidad superior. En nuestro caso, este incremento no se ha producido pues no se ha trabajado en torno al umbral anaeróbico.

Gaskill et al. (2001) evaluaron los efectos de la intensidad del ejercicio en un grupo de sujetos sedentarios, trabajando por encima y por debajo del umbral. Los autores hipotetizaron que aquellos que entrenaran a intensidades inferiores mejorarían menos el umbral que aquellos que lo hicieran por encima del mismo. El programa se aplicó durante 20 semanas a lo largo de 3 sesiones semanales. El ejercicio progresó desde una frecuencia cardíaca correspondiente al 55% del VO_2 máx durante 30 minutos, a una frecuencia asociada al 75% del VO_2 máx durante 50 minutos en las últimas seis semanas de entrenamiento. Los datos mostraron mejores resultados para el grupo que trabajó por encima del umbral anaeróbico.

Se puede concluir que el entrenamiento a la intensidad del umbral anaeróbico representa un estímulo óptimo para incrementar el rendimiento en resistencia (López y Fernández, 2006).

III.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL TEST DE FUERZA: POTENCIA MÁXIMA Y FDM

En el presente apartado analizamos los datos correspondientes al test de fuerza, mediante la potencia y a través de los kilos levantados en la 1RM. El orden en el que son tratados es el siguiente:

III.2.1. Potencia Máxima en Press de Banca.

III.2.2. Discusión sobre la influencia del entrenamiento de fuerza y del entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia sobre la Potencia Máxima en el ejercicio de Press de Banca.

III.2.3. FDM en Remo.

III.2.4. FDM en Press de Banca.

III.2.5. FDM en Prensa Atlética.

III.2.6. Discusión sobre la influencia del entrenamiento de fuerza y del entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia sobre la FDM.

III.2.1. ANÁLISIS DE LA POTENCIA MÁXIMA EN PRESS DE BANCA

Los valores derivados del test de Potencia para el Press de Banca están reflejados en la tabla III-5.

Tabla III-5. Valores promedio y desviación estándar de la Potencia Máxima en Press de Banca.

GRUPOS de ESTUDIO	POTENCIA		POTENCIA (W)	DE
	PESO (Kg)	TEST		
F	12	1	409,82	114,42
		2	567,86	133,61
		3	502,42	95,22
	22	1	418,00	115,79
		2	520,26	82,73
		3	491,37	108,86
	32	1	381,93	107,11
		2	477,74	95,82
		3	440,66	98,77
F-R (2)	12	1	434,80	75,85
		2	572,68	40,27
		3	575,75	92,90
	22	1	446,70	69,40
		2	622,63	114,36
		3	556,88	120,14
	32	1	432,11	84,48
		2	525,05	41,68
		3	516,83	65,91
F-R (1)	12	1	450,35	81,59
		2	526,99	34,86
		3	507,13	75,32
	22	1	437,84	69,15
		2	527,40	101,66
		3	530,09	105,55
	32	1	403,86	96,48
		2	517,26	117,69
		3	502,43	123,18

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, W: promedio de vatios conseguidos en el ejercicio de banca, DE: desviación estándar, T1: pretest, T2: posttest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

Mediante la *prueba de efectos intrasujetos general*, se comprueba que no hay diferencias entre los distintos pesos [$F_{exp} = 3,543$ gl: (1,381, 16,573) con $P = 0.066$] y dichas diferencias se mantienen a través de los 3 grupos ($P = 0.419$).

En el caso de todos los tests realizados, los resultados muestran diferencias significativas [$F_{exp} = 18,855$ gl: (3,015, 6,030) con $P = 0,001$] y estas diferencias se mantienen a través de los grupos ($P = 0.598$).

Al estudiar la interacción entre PESO y TESTS, advertimos que no existen diferencias significativas [$F_{exp}= 1,703$ gl: (10, 120) con $P=0.088$] y las mismas se mantienen a través de los grupos ($P=0.337$).

Centrándonos en el análisis de los tres momentos (T1, T2 y T3) y aplicando la *prueba de efectos intrasujetos*, observamos que para la variable peso existen diferencias significativas entre ellos [$F_{exp}: 7,332$ gl: (2, 30) con $P=0.003$] y dichas diferencias se mantienen a través de los grupos ($P=0.562$),

Para la variable tests, surgen diferencias significativas entre ellos [$F_{exp}=41,882$ gl: (1,318, 19,771) con $P=0.001$], persistiendo estas diferencias a través de los grupos ($P=0.543$).

En cuanto a la interacción entre los PESOS y los tres TESTS, no se han encontrado diferencias significativas [$F_{exp}=0,560$ gl: (4, 60) con $P=0,692$], manteniéndose las mismas a través de los grupos ($P=0.061$).

Por tanto, el entrenamiento realizado por los tres grupos muestra, que en todos ha habido un incremento significativo en la potencia del pretest al postest. Cuando el peso utilizado corresponde a 12 kg, el grupo F consigue un mayor incremento (38,56%), seguido del F-R(2) (31,71%) y del F-R(1) (17,02%) respectivamente. Para los 22kg, es el grupo F-R(2) el que obtiene un mayor rendimiento (39,38%), posteriormente el grupo F (24,46%) y el F-R(1) (20,45%). Finalmente, los mayores beneficios con 32kg los consigue el grupo F-R(1) (28,08%), a continuación el grupo F (25,08) y por último el F-R(2) (21,51%) (ver tablas III-6, 7 y 8 y figuras III-3, 4 y 5).

Tabla III-6. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo con 12kg en el T1 y T2.

GRUPOS	POTENCIA BANCA (W 12Kg)		Significación
	T1	T2	P
F	409,82	567,86	0.001
F-R (2)	434,80	572,68	0.002
F-R (1)	450,35	526,99	0.022

Tabla III-7. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo con 22kg en el T1 y T2.

GRUPOS	POTENCIA BANCA (W 22Kg)		Significación <i>P</i>
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	
<i>F</i>	418,00	520,26	0.002
<i>F-R (2)</i>	446,70	622,62	0.001
<i>F-R (1)</i>	437,84	527,40	0.005

Tabla III-8. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo con 32kg en el T1 y T2.

GRUPOS	POTENCIA BANCA (W 32Kg)		Significación <i>P</i>
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	
<i>F</i>	381,93	477,74	0.003
<i>F-R (2)</i>	432,11	525,05	0.026
<i>F-R (1)</i>	403,86	517,26	0.001

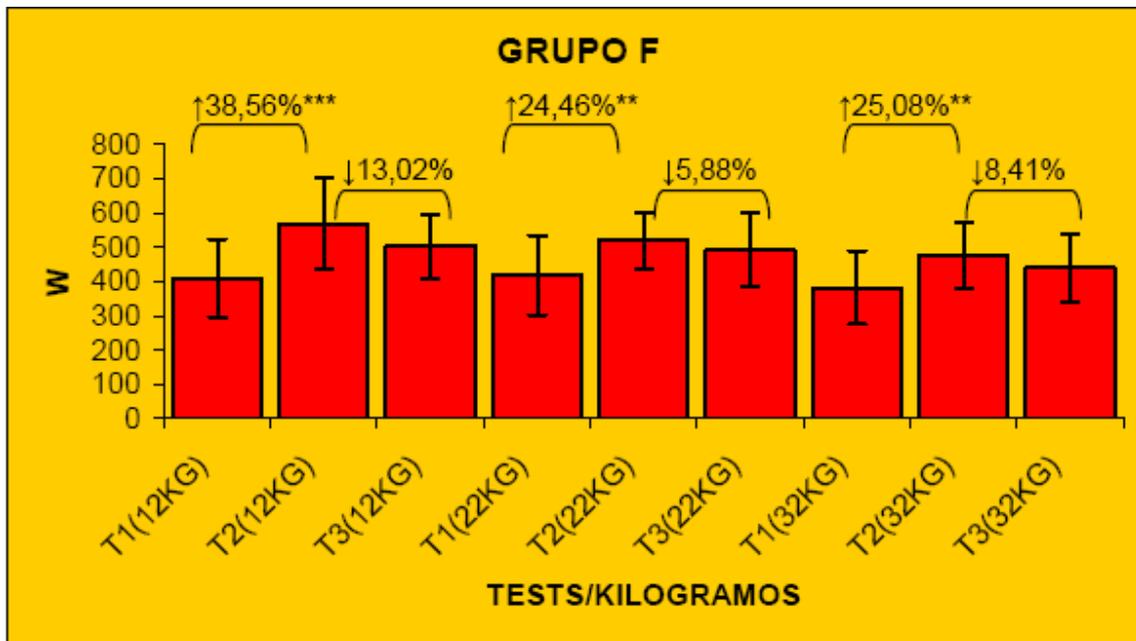


Figura III-3. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento expresado en %.

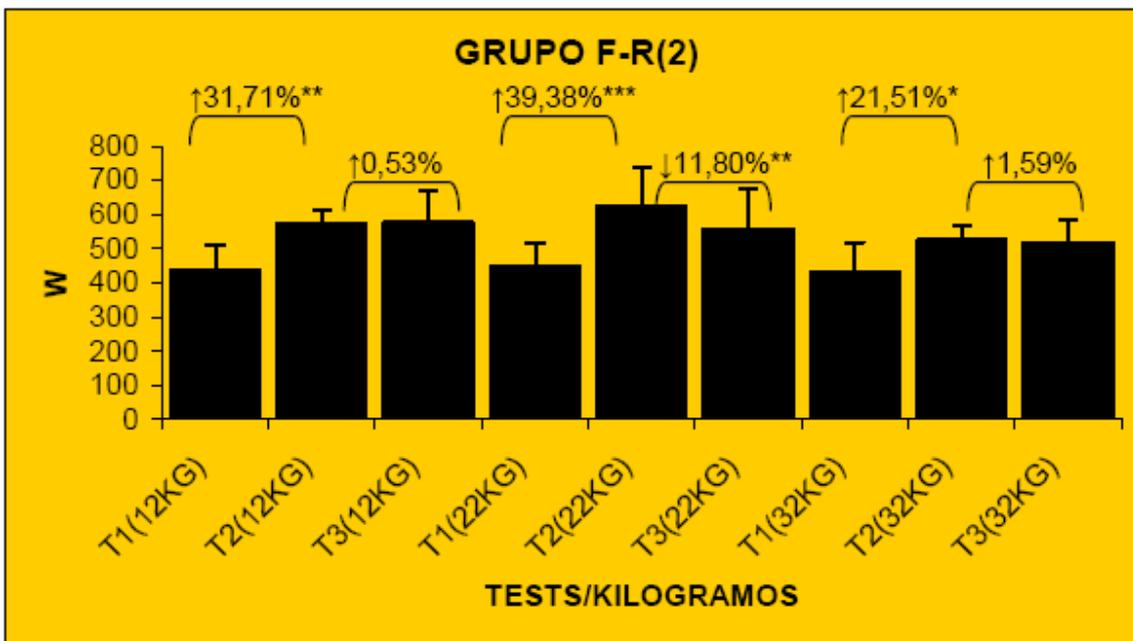


Figura III-4. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F-R(2) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento expresado en %.

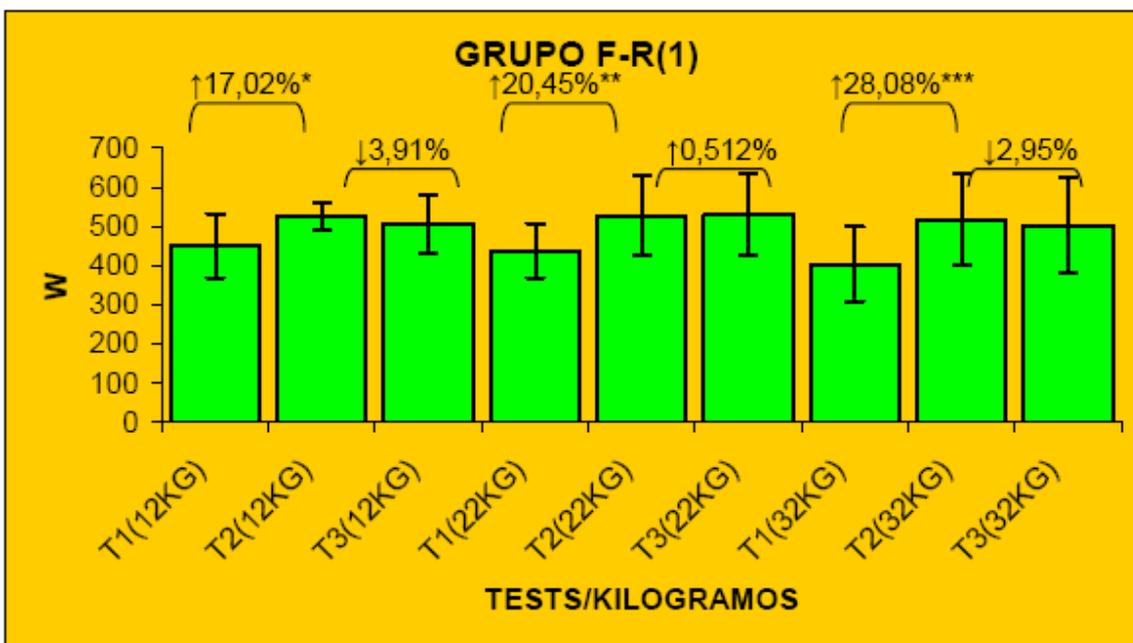


Figura III-5. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento expresado en %.

III.2.2. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE LA POTENCIA MÁXIMA EN EL EJERCICIO DE PRESS DE BANCA

El concepto de potencia debemos integrarlo en relación a los niveles de carga empleados, ya que el deportista desarrolla diferentes grados de potencia en función de la resistencia que ha de vencer (González-Badillo y Ribas, 2002).

Dicha afirmación se manifiesta en los datos obtenidos en nuestro trabajo. Podemos observar que el grupo F incrementa la potencia máxima de forma altamente significativa (38,56%), con una carga correspondiente al 20% de la FDM aproximadamente. A medida que la carga aumenta (en torno al 31- 45% de la FDM), detectamos incrementos muy significativos, aunque algo inferiores que con una carga menos elevada (24,46% y 25,08% respectivamente).

Si atendemos al grupo F-R(2), las ganancias son muy significativas (31,71% y 39,38%), con cargas comprendidas entre el 23 y 43% de la FDM, siendo los incrementos de potencia inferiores cuando la carga es superior. Además, el trabajo complementario de resistencia no ha supuesto ningún obstáculo para el desarrollo de la potencia.

Sin embargo, en el grupo F-R(1), la potencia máxima más alta se consigue con el 44,09% de la FDM, logrando resultados altamente significativos (28,08%), mientras que con cargas inferiores (20 y 30% de la FDM) los beneficios se ven reducidos. Al igual que en el grupo F-R(2), el entrenamiento de la resistencia no ha interferido en el progreso de la potencia.

Finalmente y como cabría esperar, todos los grupos han mostrado un descenso en la potencia máxima tras concluir el período de entrenamiento.

Atendiendo a la definición de potencia, se establece una relación entre la fuerza y la velocidad, de forma que cuanto mayor sea la fuerza o la velocidad de desplazamiento de una resistencia, mayor potencia desarrollará. Actualmente, la vía que

tiene más posibilidades para incrementar la potencia es la fuerza (Cromo et al., 2000; González-Badillo y Ribas, 2002). Así, cuando la resistencia a vencer es ligera, la fuerza máxima tiene poca importancia para la producción de potencia, pero su influencia aumenta a medida que lo hace la resistencia externa (Cromo et al., 2000). En cualquier caso, el entrenamiento con aquel porcentaje con el que se alcanza la máxima potencia en un ejercicio, parecer ser el estímulo más adecuado para mejorar la potencia.

Es interesante distinguir los porcentajes con los que se trabaja la potencia, ya que en sujetos entrenados se utilizan cargas sobre el 70% de 1RM y para los menos entrenados cargas del 50% de 1RM (similar a nuestro trabajo). Según diferentes autores, las recomendaciones para incrementar la potencia varían entre cargas del 40 al 70% de 1RM (Tidow, 1995 citado por Baker et al., 2001), del 30 al 45% de 1RM (Newton et al., 1997; Toji et al., 1997) o el 30% de la FIM.

Igualmente, hay que atender a los grupos musculares involucrados. Izquierdo et al. (2002) determinaron que cuando se realizaban acciones musculares con el tren superior, el pico de máxima potencia se obtenía con cargas entre el 30-45% de 1RM (similares a las cargas empleadas por nosotros) y velocidades próximas al 30% de la máxima velocidad absoluta. Sin embargo, cuando se efectuaban con el tren inferior, la máxima potencia se conseguía con resistencias comprendidas entre el 60 y 70% de 1RM. Sin embargo, Baker (2001) estableció que resistencias del 55% de 1RM en press de banca, podían maximizar la producción de potencia durante dicho ejercicio cuando se realizaba de forma explosiva. El rango óptimo para éste lo situó entre el 46-62%, por lo que resistencias inferiores provocaron una menor producción de potencia. Una pequeña resistencia (30% 1RM), desplazada a una gran velocidad (orientada a la velocidad) o una gran resistencia (80% 1RM) trasladada a una baja velocidad (orientada a la fuerza), producen adaptaciones en la potencia. Así, las diferencias encontradas entre las extremidades superiores e inferiores en la producción de potencia, pueden explicarse por las desigualdades en el porcentaje de 1RM de ambas zonas, ya que en las piernas es mayor.

Otros factores a considerar son el tipo e historial de entrenamiento, la naturaleza del ejercicio realizado, el área transversal muscular, la distribución y el tipo de fibras, los mecanismos musculares implicados (longitud y ángulo de pennación), la posición de la articulación o palanca (Izquierdo et al., 2002) e incluso la menor participación de los brazos en la vida diaria. Por tanto, la carga óptima con la que se produce la máxima potencia, debe determinarse en función del grupo muscular involucrado y la disciplina deportiva para la cual se diseña el programa de entrenamiento.

Un elemento más, determinante de la potencia, es la velocidad, ya que contribuye a definir un buen indicador de la intensidad ($Potencia = F \times V$). Cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento de una resistencia (en nuestro caso siempre se indicó que fuera la máxima), mayor potencia desarrollará y por tanto, la intensidad será mayor (González-Badillo y Ribas, 2002). Una reducción de la potencia, cuando se incrementan las cargas, puede deberse a una mayor disminución de la velocidad, comparada con un incremento proporcional de la fuerza (Tidow, 1995 citado por Baker et al., 2001).

La velocidad de ejecución de la acción muscular afecta a las respuestas metabólicas, neurales y cardiovasculares a un ejercicio de entrenamiento de fuerza. También tiene influencia sobre el reclutamiento de unidades motoras, pues incluso con cargas del 30-40% del máximo, todas ellas se pueden reclutar si la velocidad es máxima (Enoka, 2002), pero con la particularidad de que la participación de fibras tipo II es preponderante, pues su frecuencia de estímulo es mayor que las tipo I. La pérdida de velocidad no sólo influye cuando se produce durante la realización de una serie, sino también cuando se reduce dentro de una misma repetición. Newton et al. (1997) observaron que cuando se ejecutaba un ejercicio con peso (tanto en sentadilla como en press de banca), al final del movimiento la velocidad tendía a cero, es decir, necesariamente se producía una fase de desaceleración, que es más pronunciada cuanto menor es el porcentaje de 1RM con el que se entrena. Parece evidente sugerir que si se reduce esta fase de pérdida de velocidad, los efectos serán más positivos, por lo que la máxima disminución se consigue si el ejercicio se realiza lanzando la resistencia (barra) en lugar de fijarla en las manos (al igual que han realizado nuestros sujetos). Con ello conseguimos incrementar la velocidad y por tanto la potencia. González-Badillo y Ribas

(2002) sugieren que no sólo es necesario conocer y aplicar la intensidad (% o repeticiones/series) sino también cuidar la forma de ejecución.

Por tanto, el objetivo principal del entrenamiento será incrementar la potencia mecánica desarrollada por el sujeto, ante cargas semejantes a las específicas de la disciplina deportiva para conseguir una transferencia positiva al gesto de competición.

III.2.3. ANÁLISIS DE LA FDM EN REMO SENTADO

Los resultados pertenecientes al test de Remo, para cada uno de los grupos de estudio en cada instante, se muestran en la tabla III-9.

Tabla III-9. Valores promedio y desviación estándar del test de Remo en los grupos de estudio.

GRUPOS de ESTUDIO	Test	REMO (Kg)	DE
F	T1	80,87	13,57
	T2	102,87	19,47
	T3	100,87	13,71
F-R (2)	T1	63,50	22,76
	T2	75,62	28,41
	T3	71,37	24,80
F-R (1)	T1	92,86	14,94
	T2	103,43	22,08
	T3	95,57	17,60

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, Remo (kg): promedio de kilos levantados en el ejercicio de remo, DE: desviación estándar; T1: pretest, T2: posttest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

La prueba de efectos intrasujetos general (analizando todos los tests realizados), muestra la existencia de diferencias significativas entre todos los tests por efecto del entrenamiento [Fexp= 26,998 gl: (2,675, 53,508) con P=0.001]. Igualmente, la evolución de esta variable fue distinta en los grupos de estudio (P=0.002).

De la misma forma, para los momentos de estudio reflejados en la tabla III-6 (T1, T2 y T3) existen diferencias significativas [Fexp= 33,284 gl: (2, 40) con P=0.001],

y la progresión de esta variable también fue distinta en los grupos (P=0.008), como demuestra la *prueba de efectos intrasujetos*.

El colectivo que entrenó sólo la fuerza (F) mostró un incremento muy significativo de la 1RM en Remo (27%, P=0.001), siendo menos importante en el grupo F-R(2) (19,08%, P=0.01), seguido del grupo F-R(1) (11,40%, P=0.04).

Tabla III-10. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.

GRUPOS	REMO (Kg)		Significación
	T1	T2	P
F	80,87	102,87	0.001
F-R (2)	63,50	75,62	0.01
F-R (1)	92,85	103,43	0.04

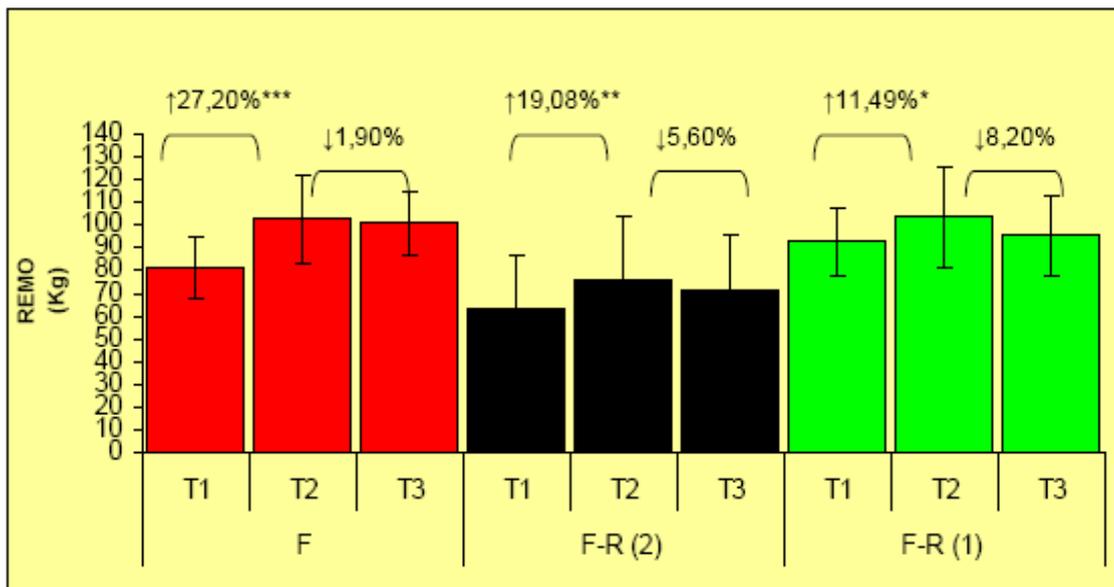


Figura III-6. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: P<0.001.

III.2.4. ANÁLISIS DE LA FDM EN PRESS DE BANCA

La tabla III-11 recoge los resultados, correspondientes al test de Press de Banca, para cada uno de los grupos de estudio en cada instante.

Tabla III-11. Valores promedio y desviación estándar del test de Press de Banca en los grupos de estudio.

GRUPOS de ESTUDIO	Test	BANCA (Kg)	DE
F	T1	70,87	11,02
	T2	87,00	13,51
	T3	84,25	12,55
F-R (2)	T1	52,25	20,13
	T2	67,12	20,76
	T3	66,00	15,52
F-R (1)	T1	72,57	11,41
	T2	86,71	17,54
	T3	85,00	20,61

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, Banca (kg): promedio de kilos levantados en el ejercicio de banca, DE: desviación estándar, T1: pretest, T2: posttest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

La prueba de efectos intrasujetos general manifiesta que existen diferencias significativas entre los tests [Fexp= 23,099 gl: (2,475, 49,505) con P=0.001] y estas diferencias se mantienen para los tres grupos (P=0.49).

Teniendo en cuenta los tres instantes de medida (T1, T2 y T3), las diferencias son significativas [Fexp= 37,224 gl: (2, 40) con P=0.001] y éstas se mantienen para los tres grupos (P=0.99), tal como demuestra la prueba de efectos intrasujetos.

El entrenamiento empleado por todos los tres grupos produjo un incremento significativo de la 1RM en el test de Banca, entre el pretest y el posttest (F: 22,75%, P=0.001, F-R(2): 28,47%, P=0.001 y F-R(1): 19,49%, P=0.002 respectivamente) (ver tabla III-12 y figura III-7).

Tabla III-12. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.

GRUPOS	BANCA (Kg)		Significación
	T1	T2	P
F	70,87	87,00	0.001
F-R (2)	52,25	67,12	0.001
F-R (1)	72,57	86,71	0.002

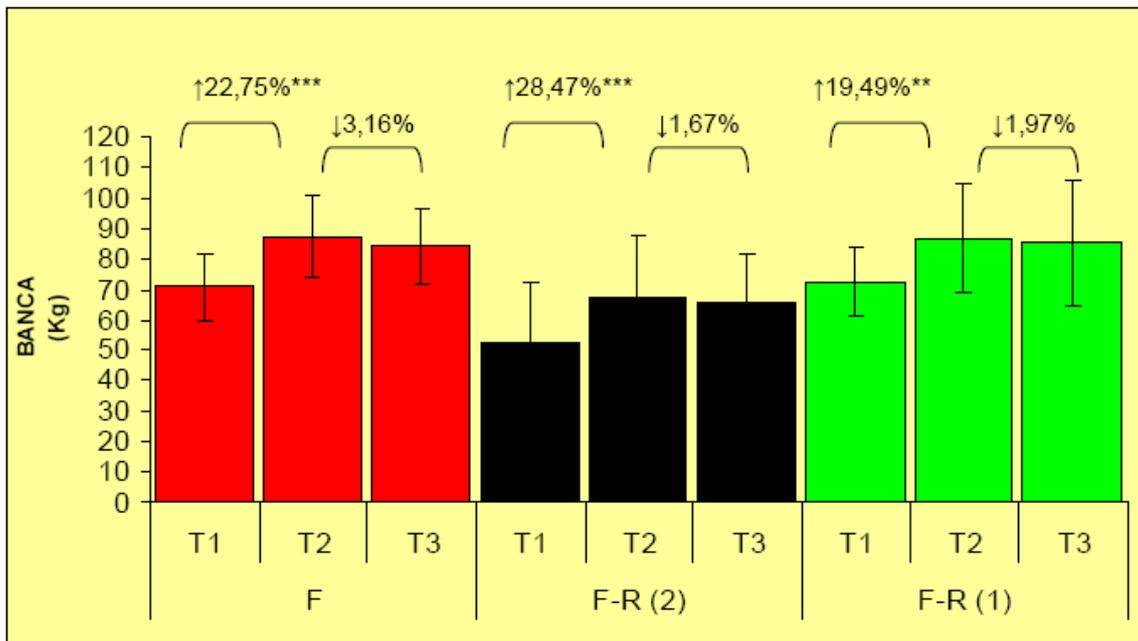


Figura III-7. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: $P < 0.001$, **Nivel de cambio muy significativo: $P < 0.01$.

III.2.5. ANÁLISIS DE LA FDM EN PRENSA ATLÉTICA

Los resultados correspondientes al test de Prensa para los grupos estudiados, en el T1, T2 y T3, se muestran en la tabla III-13.

Tabla III-13. Valores promedio y desviación estándar del test de Prensa en los grupos de estudio.

GRUPOS de ESTUDIO	Test	PRENSA (Kg)	DE
F	T1	281,37	38,42
	T2	401,62	84,21
	T3	409,25	93,09
F-R (2)	T1	202,12	67,44
	T2	298,75	116,83
	T3	309,50	87,47
F-R (1)	T1	298,29	87,20
	T2	395,57	100,53
	T3	363,00	60,74

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, Prensa (kg): promedio de kilos levantados en el ejercicio de prensa, DE: desviación estándar, T1: pretest, T2: posttest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

Efectuada la *prueba de efectos intrasujetos general* se confirma que existen diferencias significativas entre los tests [$F_{exp} = 45,368$ gl: (3,331, 66,616) con $P=0.001$]. De igual forma, las diferencias se mantienen para los grupos de estudio ($P=0.281$).

En el caso de la *prueba intrasujetos*, para los tres instantes se verifica la existencia de diferencias significativas entre ellos [$F_{exp} = 36,493$ gl: (2, 40) con $P=0.001$], permaneciendo éstas en los grupos ($P=0.412$).

El entrenamiento llevado a cabo por los tres colectivos estudiados, provocó un incremento significativo de la 1RM en el test de Prensa, entre el pretest y el posttest (F: 42,74%, $P=0.001$, F-R(2): 47,81%, $P=0.001$ y F-R(1): 32,61%, $P=0.002$ respectivamente) (ver tabla III-14 y figura III-8).

Tabla III-14. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.

GRUPOS	PRENSA (Kg)		Significación
	T1	T2	P
F	281,37	401,62	0.001
F-R (2)	202,12	298,75	0.001
F-R (1)	298,29	395,57	0.002

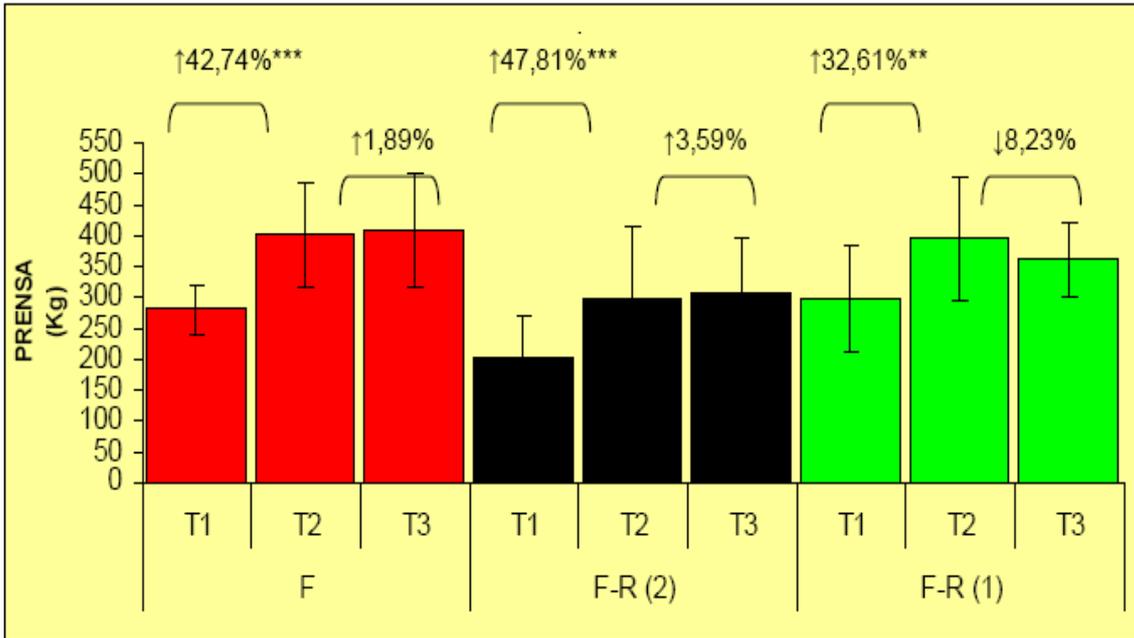


Figura III-8. Resultados del efecto de entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), ↑ Incremento y ↓ Reducción del rendimiento, ***Nivel de cambio altamente significativo: $P < 0.001$, **Nivel de cambio muy significativo: $P < 0.01$.

III.2.6. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTE DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE LA FDM

La fuerza, como cualidad imprescindible en Judo, se ha convertido en objeto de estudio para los investigadores. En nuestro estudio hemos analizado la evolución de la FDM en los tres grupos. En el grupo F existe un incremento altamente significativo en los ejercicios realizados (27,20%, 22,75% y 42,74% en remo, press de banca y prensa atlética respectivamente), hecho que cabría esperar, debido a que el trabajo desempeñado se enfocó al desarrollo de esta cualidad. Recordemos que dicho grupo sólo entrenó la fuerza, por tanto, no ha sufrido ninguna interferencia derivada de otro tipo de entrenamiento.

El grupo F-R(2) ha experimentado un incremento muy significativo en los tres ejercicios evaluados (19,08%, 28,47% y 47,81%). En el grupo F-R(1) también se han conseguido importantes progresos, ya que los resultados muestran un incremento significativo en todos los ejercicios (11,49%, 19,49% y 32,61%, remo, press de banca y prensa atlética). Es de destacar, que no se han producido interferencias en la resistencia

en ninguno de los dos grupos, como se demuestra con el aumento del $VO_{2\text{máx}}$ en ambos [17,06% en F-R(2) y 19,71% en F-R(1)].

Este tipo de entrenamiento, basado en el trabajo de las dos cualidades, ha sido analizado por diferentes investigadores, aunque los datos no son concluyentes por diversos motivos. Entre ellos cabe señalar el tipo de diseño empleado, que en nuestro caso no ha utilizado entrenamientos extremos, pues no son máximos y pueden evitar la interferencia (González-Badillo, 2000). Así, Deakin (2004) afirma que entrenamientos de fuerza de alta intensidad provocan mayores efectos residuales en la capacidad para generar fuerza y mayor coste fisiológico en la carrera que un entrenamiento de baja intensidad, cuando el volumen de trabajo es el mismo. Igualmente, Kraemer et al. (1995) mostraron que cuando se realizaban entrenamientos de fuerza y resistencia a elevada intensidad y frecuencia y volumen considerable, existía una tendencia a disminuir la hipertrofia, aumentar el cortisol, reducir la fuerza, la potencia y la resistencia en la musculatura implicada. Por tanto, nuestro diseño basado en un trabajo moderado de ambas cualidades, ha permitido que no se produzcan interferencias en el desarrollo de la fuerza.

Otro de los factores, que pueden contribuir a esta mejora del rendimiento, es el orden en el que se entrenan la fuerza y la resistencia (recordemos el grupo F-R(2) entrenó la resistencia seguida por la fuerza). Algunos estudios han examinado lo ocurrido cuando el entrenamiento de fuerza precede al de resistencia y viceversa (Chtara et al, 2005; Sahlin y Seger, 1995). Se estable, que dentro de una misma sesión, el trabajo de fuerza ha de realizarse siempre antes que el de resistencia (Ortiz, 1999), ya que este último es capaz de reducir la miosina ATPasa en las fibras de contracción rápida (IIb) y en otras fibras musculares, además de provocar un catabolismo muscular.

Contrariamente a esta teoría, el estudio de Deakin (2004) y Chtara et al. (2005), constatan que con una secuencia donde primero se entrena la fuerza, seguida por la resistencia, se necesita mayor tiempo de recuperación. La explicación a este hecho es que con el entrenamiento de fuerza se produce una ratio testosterona/cortisol menor. Ello significa que hay más hormona catabólica que anabólica, inhibiendo la

concentración sanguínea de testosterona y aumentando el tiempo de recuperación (Kraemer, 2000 citado por López y Fernández, 2006).

Aparentemente, los patrones de reclutamiento motor son alterados con un entrenamiento de fuerza convencional, cuando se hace antes que el entrenamiento de resistencia (Deakin, 2004). El nivel de tensión en las unidades motoras se modifica, debido a una alteración en la unidad de reclutamiento (Chromiak y Mulvany 1990) y/o a una mayor contribución de los músculos en respuesta a la fatiga o el daño muscular o posiblemente, a una depleción selectiva de glucógeno en las fibras musculares (Pascoe y Gladden, 1996). Leveritt (1999) también corrobora esta aseveración, al comprobar que con el entrenamiento previo de fuerza se crea mayor daño muscular que con el de resistencia. Éste, propone como alternativa diseñar entrenamientos de resistencia al 60% del $\text{VO}_2\text{máx}$ en cicloergómetro, ya que durante el pedaleo las contracciones musculares son intermitentes, pues mientras una pierna genera fuerza, la otra recupera y el porcentaje de contribución de los músculos de cada extremidad cambia en cada pedalada.

En nuestro planteamiento, llevado a acabo por el grupo F-R(2), se ha conseguido incrementar tanto la fuerza como la resistencia, por lo que entrenar primero la resistencia parece ser una secuencia acertada. Por su parte, Collins y Snow (1993) alternaron la secuencia fuerza/resistencia durante siete semanas y la opuesta durante otras siete. El trabajo de resistencia consistió en una carrera durante 25 minutos entre el 60-90% de la frecuencia cardiaca de reserva, mientras que el de fuerza, en realizar 2 series de 3-12 repeticiones entre el 50-90% de 1RM. El orden no afectó significativamente, aunque se observó un ligero incremento de la fuerza cuando ésta se entrenaba al final de la sesión.

También, Bell (1988 citado por García, 1996) confirmó que entrenar primero la resistencia y luego la fuerza resultaba más eficaz para deportes donde los niveles de fuerza eran muy importantes (caso del Judo).

Así, en nuestro caso ha resultado ser beneficioso tanto para el desempeño en resistencia como en el de fuerza, aunque de todas maneras, siempre existe un mayor nivel de estrés fisiológico para las segundas sesiones, independientemente del tipo de entrenamiento (Deakin, 2004). De todas formas, autores como Leveritt y Abernety (1999) afirman que, en cualquier situación, el orden vendrá determinado por el componente fisiológico más relevante en el deporte en cuestión.

El tiempo de recuperación entre sesiones es otro elemento a considerar. Leveritt y Abernety (1999) observaron que, 30 minutos de descanso entre ambas sesiones resultaban insuficientes para recuperarse, pues se apreció una reducción del número de repeticiones ejecutadas en sentadilla. En otros estudios se ha ampliado el período hasta 3 horas, siendo escaso para la recuperación (Thornton y Potteiger, 2002).

Contrariamente a nuestros resultados, las 6 horas empleadas en ciertos trabajos (Bentley et al., 1998; Deakin, 2004; Kraemer et al., 1995) han resultado exiguas, ya que la fuerza se ha visto reducida por una perturbación en la excitación nerviosa, repercutiendo en la capacidad de reclutamiento y la frecuencia del estímulo. En nuestro caso, 6 horas ha sido el tiempo preciso para recuperar e incrementar la fuerza sin que se produzcan interferencias.

La duración del período de entrenamiento lo podemos considerar como otra causa que influye en las interferencias para el trabajo concurrente. El desempeño de ambas cualidades no puede mantenerse eternamente, pues de lo contrario se producen efectos negativos (García, 1996). Häkkinen et al. (1984 citados por González-Badillo y Ribas, 2002) determinaron que sostener durante más de 6-8 semanas entrenamientos paralelos de fuerza y resistencia, podían limitar las mejoras de la fuerza. En la mayoría de estudios (Bell et al., 2000; Bishop et al., 1999; Dolezal y Potteiger, 1998; Gravelle y Blessing, 2000; Hickson, 1980a; Hickson et al., 1988; Marcinik et al., 1991) se ha empleado un tiempo de entre 8-12 semanas de trabajo concurrente, estableciendo que 12 es el óptimo para evitar efectos negativos (Bell et al., 2000), como se ha podido constatar en nuestros resultados.

La frecuencia con la que se realizan los entrenamientos es otro elemento que puede influir en la incompatibilidad. En este sentido, la mayoría de trabajos han aplicado tres sesiones semanales (Bell et al., 2000; Dolezal y Potteiger, 1998; Gravelle y Blessing, 2000; Hickson et al., 1988; Marcinik et al., 1991; McCarthy et al., 1995) o más (Hennessy y Watson, 1994; Hickson, 1980b; Kraemer et al., 1995), disponiendo que tres días (al igual que en nuestro diseño) es la frecuencia idónea para evitar interferencias (McCarthy et al., 1995).

Por tanto, diferentes son los elementos que van a incidir en el entrenamiento concurrente, de ahí la complejidad en el diseño del mismo. En nuestro caso, el protocolo aplicado ha resultado ser el más beneficioso para las dos cualidades físicas entrenadas.

Como hemos comentado, en el grupo F-R(1) también se han conseguido progresos en la FDM. En la actualidad, no existen trabajos similares al desarrollado por los participantes de este grupo, es decir, un entrenamiento de fuerza, el cual, emplea un descanso para trabajar la resistencia. Estas mejoras podemos justificarlas, en parte, por el tipo de recuperación empleada que suceden a los esfuerzos intensos. Así, García (1996) afirma que para restablecerse más rápidamente hay que combinar acciones explosivas con recuperaciones activas de elevado predominio aeróbico (como el planteado en este estudio). De hecho, se puede considerar al circuito aeróbico presentado en nuestro trabajo, como una recuperación activa realizada en torno al umbral aeróbico, situación que facilita el aclaramiento de residuos (Monedero y Donne, 2000) y por tanto, sitúa al judoka en mejores condiciones para la actividad posterior.

También se ha visto que un entrenamiento de fuerza explosiva no sólo no produce efectos negativos en la resistencia (Gorostiaga et al., 2004), sino que provoca beneficios en ella, referidos a la economía de carrera (Paton et al., 2004). En este sentido, la fuerza y la potencia muscular pueden aumentar sin que la resistencia se vea mermada (Gorostiaga et al., 2004), como se ha constatado en nuestros resultados. Paavolainen et al. (1999) confirmaron, que un entrenamiento simultáneo de fuerza explosiva y de resistencia (similar al nuestro), mejoraba el tiempo en una prueba de 5km en sujetos entrenados en resistencia, sin cambios en el VO_2 máx. Ello se debió a las

mejoras neuromusculares que fueron transferidas a la economía de carrera y a la velocidad máxima anaeróbica. Dicho entrenamiento de fuerza permitió adaptaciones neurales que incrementaron el grado de actuación de las unidades motoras, evitando una hipertrofia excesiva (Häkkinen, 1994; Sale, 1991).

En cuanto a los elementos anteriormente descritos, capaces de incidir en el resultado del entrenamiento concurrente en el grupo F-R(2), tanto el tipo de diseño, el período y frecuencia de entrenamiento, son los mismos que para el grupo F-R(1). Todos ellos han incidido de la misma forma que lo han hecho en el grupo F-R(2), es decir, han conseguido incrementar el rendimiento.

Además de los beneficios obtenidos, tanto en la FDM como en el $VO_{2\text{máx}}$, hemos logrado reducir la duración del entrenamiento dedicado por los judokas a la preparación física, alcanzando uno de los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

Tras un mes de inactividad, el rendimiento no ha sufrido modificaciones negativas, pues los valores no han disminuido significativamente. El abandono del entrenamiento supone que un deportista puede retener su fuerza y potencia muscular hasta 6 semanas (Wilmore y Costill, 2004), mientras que la resistencia muscular disminuye en tan sólo 2. El cese del entrenamiento afecta más a la capacidad de rendimiento aeróbico que anaeróbico (Wilmore y Costill, 2004), como se ha podido comprobar en el análisis estadístico, incluso hay gestos en los que se ha producido un ligero incremento de la fuerza. Verkhoshansky (2002) afirma que, después de finalizar un entrenamiento de fuerza, se pueden producir aumentos, probablemente debido a la inercia de adaptación o al efecto retardado del cuerpo y la recuperación compensatoria posterior al trabajo de fuerza.

III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL SPECIAL JUDO FITNESS TEST

III.3.1. ÍNDICE

Los resultados obtenidos en el SJFT, para cada grupo y en cada test, se muestran en la tabla III-15.

Tabla III-15. Valores promedio y desviación estándar del test de Judo en los grupos de estudio.

GRUPOS de ESTUDIO	Test	ÍNDICE	DE
F	T1	14,74	1,39
	T2	14,45	1,07
	T3	14,46	0,83
F-R (2)	T1	14,79	1,31
	T2	14,30	1,19
	T3	13,66	1,11
F-R (1)	T1	12,40	0,98
	T2	12,43	0,84
	T3	12,61	1,11

F: grupo de fuerza, F-R(2): grupo que trabaja fuerza y resistencia en dos sesiones, F-R(1): grupo que trabaja fuerza y resistencia en una sesión, DE: desviación estándar, T1: pretest, T2: posttest, T3: retest 1 mes post entrenamiento.

En este caso, la *prueba de efectos intrasujetos general* nos informa de que existen diferencias significativas entre todos los tests [$F_{exp} = 9,881$ gl: (5, 100) con $P = 0.001$] y las mismas no son iguales para los 3 grupos ($P = 0.002$).

El entrenamiento realizado por los tres colectivos determina, *tras aplicar la prueba de efectos intrasujetos*, que no se han producido cambios significativos en el índice en ninguno de los instantes medidos (ver tabla III-16 y figura III-9).

Tabla III-16. Promedio y nivel de significación (P) de cada grupo en el T1 y T2.

GRUPOS	SJFT (ÍNDICE)		Significación
	T1	T2	P
F	14,74	14,45	1
F-R (2)	14,79	14,30	1
F-R (1)	12,40	12,43	1

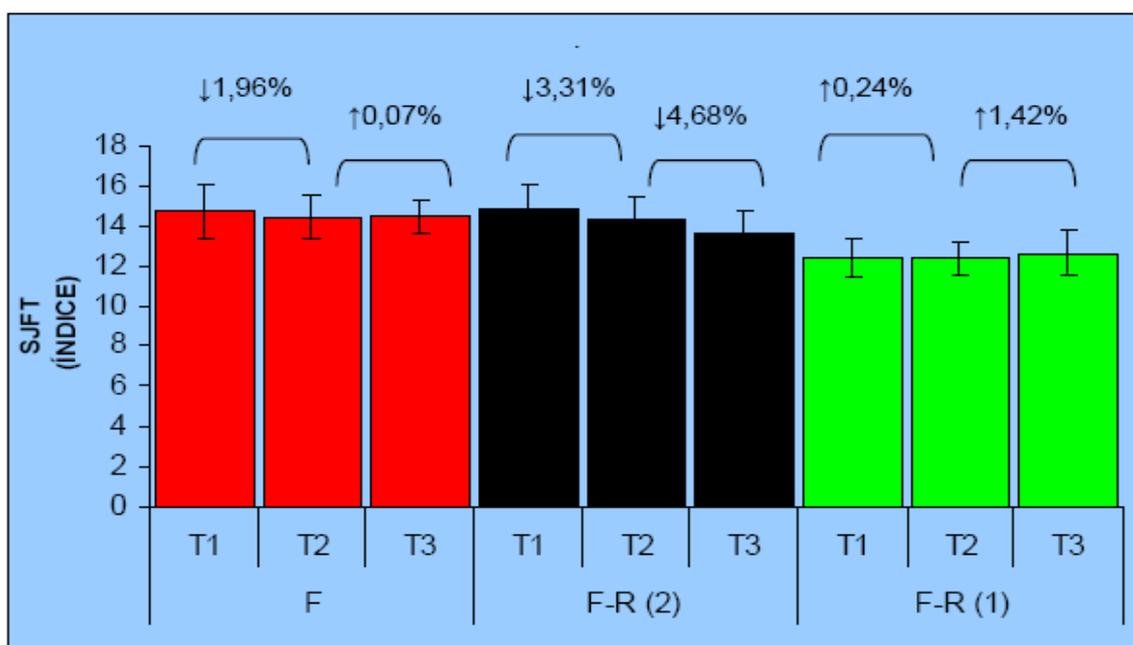


Figura III-9. Resultados del efecto del entrenamiento en el grupo F, F-R(2) y F-R(1) expresados en tanto por ciento y grado de significación entre el T1 (pre), T2 (post) y T3 (retest), Incremento y ↓ Reducción del rendimiento.

III.3.2. DISCUSIÓN SOBRE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA Y DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES DE FUERZA Y RESISTENCIA SOBRE EL ÍNDICE DEL SPECIAL JUDO FITNESS TEST

Para examinar al Judo desde un punto de vista ergogénico, se ha estudiado al judoka utilizando tests generales y específicos, aunque los datos no son del todo concluyentes. El problema surge ante la escasez, tanto de instrumentos como de bibliografía precisa, incapaz de despejar ciertas incógnitas en lo que al entrenamiento y su valoración se refiere.

Además de estos inconvenientes existen otros derivados del reglamento² (prohibición de llevar algún objeto duro o metálico en el cuerpo), propiciando que el Judo se encuentre dentro del grupo de deportes “no medibles” (Silva, 1989 citado por Mansilla, 1999b), ya que la reproducción del esfuerzo es bastante complicada. Este hecho probablemente justifique la escasez de investigaciones al respecto (Arruza, 1991).

En nuestro caso hemos decidido aplicar el *Special Judo Fitness Test (SJFT)*, (Sterkowicz, 1995) por las siguientes razones:

- El gesto empleado es específico de la modalidad.

- Está validado internacionalmente (Sterkowicz, 1995 citado por Franchini et al., 1999b).

- Las correlaciones con otros tests que evalúan la potencia aeróbica (test incremental en tapiz rodante con una correlación positiva de 0.665 para una $P < 0.01$) y la capacidad anaeróbica [test de Wingate adaptado a miembros superiores con un índice de correlación de Pearson entre 0.82 y 0.94 para una $P < 0.05$ (Franchini et al., 1999a)].

- Las concentraciones de lactato registradas al final del mismo son similares a las obtenidas tras un combate de Judo (Franchini, 2001).

- La posibilidad de discriminar a judokas por su condición física y a la gran cantidad de experimentos científicos desarrollados con él (Sterkowicz y Franchini, 2001).

La capacidad de realizar gran número de proyecciones en un corto período de tiempo está relacionada con la sollicitación del metabolismo anaeróbico, mientras que la frecuencia cardiaca de recuperación está vinculada al metabolismo aeróbico (Franchini et al., 1999b).

² Artículo 27 del reglamento de la IJF (2003).

El progreso del judoka, representado por este índice, se consigue mediante una disminución de dicho valor, pudiendo obtenerse de diferentes formas:

- Aumentando el número de proyecciones, que implica una mejoría en la velocidad, capacidad anaeróbica láctica y eficiencia en la ejecución.
- Disminuyendo la frecuencia al final del test, que significa mayor eficacia cardiovascular para el mismo esfuerzo (igual número de entradas).
- Reduciendo la frecuencia cardíaca un minuto después de finalizar el test o sea, la recuperación es más efectiva y se incrementa la capacidad aeróbica.
- Combinando dos o más parámetros (Franchini et al., 1999b).

También nos encontramos inconvenientes en el test, como son los siguientes:

- El número de proyecciones no puede ser fraccionado, impidiendo la discriminación entre un atleta que concluye el test ejecutando la técnica y otro que se encuentra en mitad del movimiento o a punto de iniciarlo.
- *Ippon Seoi Nage* difícilmente es practicada por judokas de gran envergadura o gran peso.
- La frecuencia cardíaca se ve influenciada por el clima y otros factores como el estrés o el sobreentrenamiento, por lo que dichas condiciones deben estar perfectamente controladas.

Como hemos constatado en los datos, no existen diferencias significativas entre el pretest y el posttest en ninguno de los grupos analizados, resultando ser contradictorios, si tenemos en cuenta que éstos son un reflejo de la potencia aeróbica máxima y la capacidad anaeróbica.

En nuestro trabajo, la potencia aeróbica se ha incrementado de forma significativa en todos los grupos y por tanto debería de tener su expresión en el descenso de la frecuencia de reposo. En este sentido, Sterkowicz et al. (1999) demostraron que la relación entre el VO_2 máx en tapiz y la frecuencia cardiaca final era moderada.

Los cambios en el VO_2 máx no necesariamente han reflejado la misma magnitud de cambio en la frecuencia de recuperación. Probablemente, dichos cambios en el rendimiento no han tenido una transferencia positiva al gesto específico de Judo (*Ippon Seoi Nage*), para el que se necesitan altos niveles de fuerza explosiva, que pueden lograrse mejorando la FDM y/o la velocidad de las contracciones musculares.

El problema reside en lograr un compromiso óptimo de desarrollo que pueda trasladarse a las técnicas deportivas. Si la carga empleada es de una magnitud concreta, la fuerza y la velocidad de contracción se desarrollarán para ese ejercicio específico. Por tanto, lo recomendable es utilizar ejercicios de fuerza máxima y ejercicios especiales con resistencias submáximas, dentro de cada microciclo para desarrollar la fuerza explosiva específica (Kraemer y Häkkinen, 2006).

En el diseño de Feriche et al. (2005) se pudo apreciar que una vez finalizado el ejercicio, tanto el VO_2 máx como la frecuencia cardiaca seguían aumentadas, por lo que es probable que el minuto de recuperación aplicado en el *SJFT* sea insuficiente para determinar exactamente lo que ocurre con la frecuencia cardiaca.

También hemos obtenido mejoras significativas en la FDM para todos los grupos, sin embargo, esto no ha tenido su reflejo en el total de proyecciones, por lo que como anteriormente hemos comentado, los cambios en el rendimiento no han tenido una transferencia o aplicación al gesto específico.

La velocidad de ejecución depende de la fuerza, la resistencia externa y la coordinación ($V = F + R + C$). El incremento de la velocidad está supeditado a estos tres componentes, por lo que si el gesto empleado en el entrenamiento es diferente al de

competición, en cuanto que se ejecuta con cargas distintas en los tests (peso de los *ukes* o resistencia opuesta por ellos), se realiza a un ritmo distinto o con mayor tensión o estrés (Verkhoshansky, 2002), la velocidad se modifica y puede que no incremente el número de proyecciones (en el circuito, la resistencia venía determinada por la tensión ofrecida por las bandas elásticas). Además, esta cualidad también depende de la automatización de la técnica, por lo que si no está totalmente asimilada, la velocidad disminuye y por lo tanto el número de proyecciones se ve mermado. En este sentido, Sterkowicz y Franchini (2001) realizaron un trabajo donde comparaban a dos grupos de judokas, uno de élite y otro novel (similar a la muestra de este trabajo), demostrando que los primeros conseguían mejores resultados en el *SJFT*, básicamente porque tenían el gesto automatizado, a que los *ukes* facilitaban el trabajo a *tori* por su mayor experiencia y al mejor acondicionamiento aeróbico-anaeróbico.

Otro de los factores a considerar es la motivación con que los sujetos ejecutaron el test. Si tenemos en cuenta que éste se realizaba el viernes, tras 4 días previos de valoración de fuerza y VO_2 máx, el cansancio y el estado de ánimo fue inferior al de las demás pruebas, repercutiendo negativamente en los resultados.

Por último y a modo de conclusión, mostramos un resumen de la significación para todas las variables estudiadas en cada grupo en el pretest y postest (tabla III-17).

Tabla III-17. Significación (S) de todas las variables entre el T1 y T2 en los tres grupos de estudio.

GRUPOS	VARIABLES/ SIGNIFICACIÓN/PRE-POSTEST						
	VO_2 máx	% VO_2 máx	POTENCIA BANCA	1RM BANCA	1RM PRENSA	1RM REMO	SJFT INDICE
F	-	-	S	S	S	S	-
F-R (2)	S	-	S	S	S	S	-
F-R(1)	S	-	S	S	S	S	-



Universidad de Granada
Dpto. Educación Física y Deportiva
F.C.C.A.F. y D.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
PERSPECTIVAS FUTURAS



CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE ESTUDIO

IV.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en nuestro estudio son las siguientes:

- El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia, en dos sesiones, incrementa el VO_2 máx, la Potencia Máxima y la FDM.
- El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia, en la misma sesión, mejora el VO_2 máx, la Potencia Máxima y la FDM, además de reducir el tiempo de trabajo por sesión.
- El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia es compatible y mejora el rendimiento del judoka.
- El SJFT no es un buen indicador del estado físico de los judokas “poco entrenados”.

IV.2. PERSPECTIVAS DE FUTURO

- A la luz de los resultados y para generalizar los mismos, sería conveniente realizar una réplica ampliando la muestra de estudio, tanto en número como en género, ya que las investigaciones sobre entrenamiento concurrente siguen aportando datos contradictorios.
- Igualmente, habría que investigar la influencia que podría tener la metodología empleada para el desarrollo de la fuerza y la resistencia, pero en judokas más experimentados sobre el índice del *SJFT*, ya que en nuestro caso no se han producido modificaciones significativas, pese a la mejora de otros factores valorados en dicho test.

Capítulo IV. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DE ESTUDIO

- Debería analizarse el efecto de una metodología concurrente en los distintos perfiles funcionales del judoka, para determinar en qué etapa de la planificación podría incluirse dicha metodología.
- Este mismo diseño se podría aplicar empleando un muestreo probabilístico aleatorio para distintas poblaciones de estudio.



Universidad de Granada
Dpto. Educación Física y Deportiva
F.CC.A.F. y D.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abernethy, P.J. & Quigley, B.M. (1993). Concurrent strength and endurance training of the elbow extensors. *J Strength Cond Res*, 7(4), 234-240.

Albuquerque, M. (2002). *A preparação física no judô*. Ponencia presentada en IX Copa Río de Janeiro Internacional de Judô. II Workshop Científico. Extraído el 18 de Enero, 2002 de http://judorio.org.br/figue_ligado/artigos/Artigo9_Marcus%20Albuquerque.doc

Allen, D.G., Westerblad, H., Lee, J.A. & Lännergren, J. (1992). Role of excitation contraction coupling in muscle fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 116-126.

Amador, F., Ruíz, J.A. & Álamo, J.M. (1997). Pruebas de valoración de la condición física del luchador de lucha canaria. En F. Amador, U. Castro & J. Álamo (Coord.), *Luchas, Deportes de Combate y Juegos Tradicionales* (pp. 281-300). Madrid (España): Gymnos.

Amorin, A.R., Drigo, A.J. & Kokubun, E. (1994). *Treinamento intermitente no judô e lactato sanguíneo*. Ponencia presentada en el XIX Simposio Internacional de Ciencias do Esporte- Saúde e Desempenho. CELAFISCS, São Paulo. Anais, 87, São Caetano do Sul, FEC do ABC. Extraído el 9 de Mayo, 2004 de <http://www.judobrasil.com.br/alex.htm>

Amorin, A.R., Drigo, A.J. & Kokubun, E. (1995). *Efeitos do treinamento aeróbio e anaeróbio em adolescentes judocas*. En V Simpósio Paulista de Educação Física, Junho (pp. 14-17). Río Claro-SP.

Arruza, J.A. (1991, Octubre). *Judo: Preparación física específica*. Apuntes de las Jornadas de Judo presentados en el II Congreso de Preparación Física Aplicada al Judo, Federación Gallega de Judo y D.A. y Diputación de A Coruña, España.

Astrand, P.O. & Rodahl, K. (1992). *Fisiología del trabajo físico: las bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires (Argentina): Médica Panamericana.

Baker, A.J., Kostov, K.G., Miller, R.G. & Weiner, M.W. (1993). Slow force recovery after long-duration exercise: metabolic and activation factors in muscle fatigue. *J Appl Physiol*, 74(5), 2294-2300.

Baker, D. (2001). Acute and long-term power responses to power training: Observations on the training on fan elite power athlete. *National Strength and Conditionin Association*, 23(1), 47-56.

Baker, D., Nance, S. & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench throws in highly trained athletes. *J Strength Cond Res*, 15, 20-24.

- Balabinis, C.P., Psaraskis, C.H., Moukas, M., Vassiliou, M.P. & Behrakis, P.K. (2003). Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res*, 17(2), 393-401.
- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjödín, B. & Ekblom, B. (1992). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol*, 65, 144-149.
- Barbero, J.C. & Barbero, V. (2003). Relación entre el consumo máximo de oxígeno y la capacidad para realizar ejercicio intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol sala. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 17(2), 25-30.
- Bastiaans, J.J., van Diemen, A.B.J.P., Veneberg, T. & Jeukendrup, A.U.E. (2001). The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*, 86(1), 79-84.
- Behm, D.G., Baker, K.M., Kelland, R. & Lomond, J. (2001). The effect of muscle damage on strength and fatigue deficits. *J Strength Cond Res*, 15(2), 255-263.
- Bell, G.J., Petersen, S.R., Wessel, J., Bagnall, K. & Quinney, H.A. (1991a). Adaptations to endurance and low velocity resistance training performed in a sequence. *Canadian Journal of Sport Science* 16(3), 186-192.
- Bell, G.J., Petersen, S.R., Wessel, J., Bagnall, K. & Quinney, H.A. (1991b). Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *Int J Sports Med*, 12(4), 384-390.
- Bell, G.J., Syrotuik, D., Socha, T., Maclean, I. & Quinney, H.A. (1997). Effect of strength training and concurrent strength and endurance training on strength, testosterone and cortisol. *NSCA-JSCR II*(1), 57-64.
- Bell, G.J., Syrotuik, D., Martin, T.P., Burnham, R. & Quinney, H.A. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol*, 81, 418-427.
- Bentley, D.J., Zhou, S. & Davie, A. J. (1998). The effect of endurance exercise on muscle force generating capacity of the lower limbs. *J Sci Med Sport*, 1(3), 179-188.
- Bishop, D., Jenkins, D.G., Mackinnon, L.T., McEniery, M. & Carey, M.F. (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Med Sci in Sports Exerc*, 31(6), 886-891.
- Bogdanis, G.C., Nevill, M.E., Boobis, L.H. & Lakomy, H.K.A. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism on energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*, 80(3), 876-884.
- Bompa, T.O. (1990). Theory and methodology of training: the key to athletic performance. Dubuque: Kendall-Hunt.

- Bonitch, J.G. (2006). Evolución de la fuerza muscular relacionada con la producción y aclaración de lactato en sucesivos combates de judo. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada, Granada, España.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular. Aspectos metodológicos* (1º ed). Barcelona (España): Inde.
- Brancht, V., Moreira, N. & Umeda, O.Y. (1982). Efeito de lutas sucesivas sobre o nível de ácido láctico sanguíneo de judocas. *Revista de Educação Física Jul, Londrina, 3(6)*, 25-28.
- Bucci, M., Vinagre, E.C., Campos, G.E.R., Curi, R. & Pitón-Curi, T.C. (2005). Efeitos do treinamento concomitante hipertrofia e endurance no músculo esquelético. *R Bras Ci e Mov, 13(1)*, 17-28.
- Callister, R., Callister, R.J., Staron, R.S., Fleck, S.J., Tesch, P. & Dudley, G.A. (1990). Physiological and performance responses to overtraining in elite judo athletes. *Med Sci in Sports Exerc, 22(6)*, 816-824.
- Callister, R., Callister, R.J., Staron, R.S., Fleck, S.J., Tesch, P. & Dudley, G.A. (1991). Physiological characteristics of elite judo athletes. *Int J Sports Med, 12*, 196-203.
- Cannon, R.J. & Cafarelli, E. (1987). Neuromuscular adaptations to training. *J Appl Physiol, 63(6)*, 2396-2402.
- Carratalá, V. & Carratalá, E. (1997). La fuerza. Su aplicación al judo. En Junta de Castilla y León (Ed.), Recursos de Actualizaciones Metodológicas para la Enseñanza, el Entrenamiento y la Organización de la Actividad Física y del Deporte (pp. 70-101). León: INEF de Castilla y León. España. Extraído el 3 de Julio, 2003 de <http://judoinfo.com/pdf/research4.pdf>
- Carratalá, V. & Carratalá, L. (2000). *Judo. La actividad física y deportiva extraescolar en los centros educativos*. Madrid (España): Ministerio de Educación Cultura y Deportes. Consejo Superior de Deportes. Madrid.
- Carratalá, V., Pablos, C. & Carqués, L. (2003). *Valoración de la fuerza explosiva, elástico-explosiva de los judokas infantiles y cadetes del equipo nacional español*. En A. Oña y A. Bilbado (Coord.), CD-ROM del II Congreso Mundial de la Actividad Física y el Deporte. "Deporte y Calidad de Vida", FCCAF y D. Granada: Universidad de Granada, España.
- Castarlenas, J.L. & Planas, A. (1997). Estudio de la estructura temporal del combate de judo. *Apunts-Educación Física y Deportes 47*, 32-39.
- Cavazani, R.N. (1991). Lactato antes e apos sucessivos combates de judo. Monografía, Depto. de Educação Física do Instituto de Biociências da UNESP- Campus de Río Claro.

Chesley, A., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Atkinson, S.A. & Smith, K. (1992). Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. *J Appl Physiol*, 73(4), 1383-1388.

Chirosa, I.J. (2003). Efecto de dos metodologías de aplicación de una carga submáxima en el entrenamiento de fuerza: El entrenamiento en circuito frente a un régimen de trabajo localizado. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada, Granada, España.

Chromiak, J.A. & Mulvaney, D.R. (1990). A review: the effects of combined strength and endurance training on strength development. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(2), 55-60.

Chtara, M., Chamari, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G.P. & Amri, M. (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med*, 39, 555-560.

Claessens, A., Beunen, G., Wellens, R. & Geldof, D. (1986). Somatotype and body structure of world top judoists. *Journal of Sports Medicine*, 27, 105-113.

Clarkson, P.M., Litchfield, P., Graves, J., Kirwan, J. & Byrnes, W.C. (1985). Serum creatine kinase activity following forearm flexion isometric exercise. *Eur J Appl Physiol*, 53(4), 368-371.

Clavel, I., Iglesias, E. & Dopico, J. (2000). Propuesta metodológica para el estudio y análisis de la estructura temporal del enfrentamiento en judo. En J. Fuentes y M. Macías (Coord.), *Actas del I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte* (1, 29-33). Cáceres: Universidad de Extremadura, España. Extraído el 6 de Agosto, 2003 de <http://www.unex.es/eweb/cienciadeporte/congreso/00%20eac/RD/ED4judo.pdf>.

Colliander, E.B., Dudley, G.A. & Tesch, P.A. (1988). Skeletal muscle fiber type composition and performance during repeated bouts of maximal, concentric contractions. *Eur J Appl Physiol*, 5, 81-86.

Collins, M.A. & Snow, T.K. (1993). Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *Journal of Sports Sciences* 11(6), 485-491.

Consejo Superior de Deportes (2003). Programa de tecnificación deportiva. Extraído el 24 de Septiembre, 2004 de <http://www.csd.mec/csd/competicion/03tecnificacionDeportiva/>

Costill, D.L. & Hargreaves, M. (1992). Carbohydrate nutrition and fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 86-92.

Cottin, F., Durbin, F & Papelier, Y. (2004). Heart rate variability during cicloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. *Eur J Physiol*, 91, 177-184.

Craig, B.W., Lucas, J., Pohlman, R. & Stelling, H. (1991). The effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *Journal of Applied Sport Science Research*, 5(4), 198-203.

Creer, A.R., Ricard, M.D., Conlee, R.K., Hoyt, G.L. & Parcel, A.C. (2004). Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint interval training in trained cyclists. *Int J Sports Med*, 25, 92-98.

Cromo, J.B., McNair, P.J. & Marshall, R.N. (2000). The role of maximal and load on initial power production. *Med Sci in Sports Exerc*, 10, 1763-1769.

Cronin, J., Menair, P.J. & Marchall, R.M. (2001). Developing explosive power: A comparison of technique and training. *J Sci Med Sport*, 4, 59-70.

Crouse, S.F., Glowacki, S., Martin, S., Maurer, A., Baek, T. & Green, J.S. (2004). The effects of resistance, endurance and concurrent training on performance variables in previously untrained men. *Med Sci in Sports Exerc*, 36(5) Supplement May, p S53.

Deakin, G.B. (2004). Concurrent Training in Endurance Athletes: The acute effects on muscle recovery capacity, physiological, hormonal and gene expression responses post-exercise. Tesis doctoral, Bhms (Hons) Southern Cross University, Lismore, Australia.

Degoutte, F., Jouanel, P. & Filaire, E. (2003). Energy demands during a judo match and recovery. *Br J Sports Med*, 37, 245-249.

Denis, C., Bouquet, R., Poty, Geysant, A. & Lacour, J.R. (1982). Effects of 40 week of endurance training on the anaerobic threshold. *Int J Sports*, 3, 208-214.

Diccionario de la lengua española. (2001). Edición digital vigésima segunda edición. Extraído el 11 de Diciembre, 2004 de <http://buscon.rae.es/diccionario/drae.htm>

Dolezal, B.A. & Potteiger, J.A. (1998). Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol*, 85(2), 695-700.

Dopico, J. (2002). Fundamentos de las habilidades en los deportes de lucha. Proyecto docente. INEF de A Coruña. Inédito.

Dorado, C. (1996). Recuperación de la capacidad de rendimiento en esfuerzos intermitentes de alta intensidad. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, España.

Drigo, A.J., Amorin, A.R. & Kokubun, E. (1994). *Avaliação do condicionamento físico em judocas a través do lactato sanguíneo*. Ponencia presentada en el XIX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte Saúde e Desempenho. Centro Laboratorial de Actividade Física de São Caetano do Sul. Extraído el 29 de Mayo, 2003 de <http://www.judobrasil.com.br/alex2.htm>

Capítulo V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dudley, G.A. & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. *J Appl Physiol*, 59 (5),1446-1451.

Dudley, G.A. & Fleck, S.J. (1987). Strength and endurance training. Are they mutually exclusive? *Sport Medicine*, 4(2), 79-85.

Earle, R.W. (1999). Weight training exercise prescription. En Essentials of personal training symposium workbook. Lincoln, NE; NSCA.

Ebine, K., Moneda, I. & Hase, H. (1991). Physiological characteristics of exercise and findings of laboratory tests in japanese elite judo athletes. *Medicine du Sport*, 73-79.

Edmar, L., Mendes, Sabrina; P. Fabrini, Ciro; J. Brito, João; Carlos B. Marins (2002). *Composição corporal de judocas: aspectos relacionados ao desempenho*. Ponencia presentada en el XXV Simposio Internacional de Ciencias do Esporte. Extraído el 18 de Junio, 2004 de [http:// www.judobrasil.com.br](http://www.judobrasil.com.br)

Enoka, R.M.(2002). *Neuromechanics of human movement* (3^a ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Esteves, M. (2000). Planejamento de um programa competitivo para o judô. Extraído el 18 de Junio, 2004 de <http://www.judobrasil.com.br/2000/mauro2.htm,2000>

Farmosi, I. (1980). Body-composition, somatotype and some motor performance of judoists. *Journal of Sports Medicine*, 1(20), 431-434.

Federación Internacional de Judo y DD.AA. (2003). *Reglamento oficial de judo*.

Ferliche, B. & Delgado, M. (2003). *La preparación biológica en la formación integral del deportista*. Barcelona (España): Paidotribo.

Ferliche, B., Chiroso, I., Mariscal, M., Martínez, M., Treviño, S. & Calderón, C. (2005). Análisis de la recuperación interseries en el entrenamiento de la hipertrofia muscular. Archivos de Medicina del Deporte. XI Congreso de la Federación Española de Medicina del Deporte. 16-19 Noviembre. Palma de Mallorca, p. 467-468.

Fernández, J.C., Chinchilla, J.L, Montoso, F. & Montoso, J. (2003). Efectos del trabajo aeróbico en la fuerza explosiva de las extremidades inferiores. Revista Digital, Buenos Aires - Año 9, n° 62, Julio 2003. Extraído el 14 de Agosto, 2003 de <http://www.efdeportes.com>

Franchini, E. (2000). Performance comparison in the Wingate test for superior members among judokas of the juvenile, junior and senior categories 2000. Extraído el 14 de Agosto, 2003 de http://www.judobrasil.com.br/fr_trad.htm

Franchini, E. (2001). *Judô. Desempenho Competitivo*. Brazil: Manole.

Franchini, E., Takito, M.Y., Dutra Neto, R. & Kiss, M.A.P.D.M. (1997). Composição corporal e força isométrica da seleção brasileira universitária de judô. Ponencia presentada en el *VI Simpósio Paulista de Educação Física, UNESP* (p. 63), Rio Claro.

Franchini, E., Takito, M.Y. & Kiss, M.A.P.D.M. (1998a). Somatótipo de atletas de judô de 15 a 17 anos e acima de 18 anos de idade de diferentes categorías. *Revista da APEF*, 13(1), 29-34.

Franchini, E., Takito, M.Y., Lima, J.R.P., Haddad, S., Kiss, M.A.P.D.M., Regazzini, M. & Böhme, M.T.S. (1998b). Características fisiológicas em testes laboratoriais a resposta da concentração de lactato sanguíneo em 3 lutas em judocas das classes juvenile-A, júnior e sênior. *Revista Paulista de Educação Física*, 12(1), 5-16.

Franchini, E., Nakamura, F.Y., Takito, M.Y., Kiss, M.A.P.D.M. & Sterkowicz, S. (1999a). Análise de um teste específico para o judô. *Kinesis Santa María*, 21, 91-108.

Franchini, E., Takito, M.Y., Nakamura, F.Y., Regazzi, M., Matsushigue, K.A. & Kiss, M.A.P.D.M. (1999b). Influência da aptidão aeróbia sobre o desempenho em uma tarefa anaeróbia láctica intermitente. *Revista Motriz Junho*, 5(1).

Franchini, E., Takito, M.Y., Bertuzzi, M. Cavinato, C.C. & Kiss, M.A.P.D.M. (2001, julio). *Physiological and metabolic profile of upper body intermittent anaerobic exercise*. Ponencia presentada en el 6th Annual congress of the European Collage of Sport Science. Extraído el 7 de Noviembre, 2005 de <http://www.judobrasil.com.br>

Franchini, E., Takito, M.Y., Bertuzzi, M. & Kiss, M.A.P.D.M. (2003). Solicitação fisiológica e metabólica do exercício intermitente anaeróbico com membros superiores. *Revista Motriz Río Claro Jan-Abr*, 9(1), 33-40.

Franchini, E., Boscolo del Vecchio, F. & Sterkowicz, S. (2006, septiembre). *Classificatory norms to the Special Judo Fitness Test*. Ponencia presentada en el 1^o Congreso Científico Mundial de Deportes de Combate y Artes Marciales, Polonia, Rzeszów.

Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P. & Evans, W.J. (1990). Strength training and determinants of VO₂máx in older men. *J Appl Physiol*, 68, 329-333.

Gaitanos, G.C., Williams, C., Boobis, L.H. & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maxial exercise. *J Appl Physiol*, 75(2), 712-19.

García, J.M. (2004). Análisis diferencial entre los paradigmas experto-novato en el contexto del alto rendimiento deportivo en judo. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Castilla La Mancha, Toledo, España.

García, J.M., Navarro, M. & Ruiz, J.A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*. Madrid (España): Himnos.

Gariod, L., Favre, J.A., Novel, V., Reutenauer, H., Majeau, H. & Rossi, A. (1995). Evaluation du profit energetique des judokas par spectroscopie RMN du P31. *Science and Sports (Paris)*, 10(4), 201-207.

Gaskill, S.E., Walter, A.J., Serfass, R.A., Bouchard, C., Gagnon, J., Rao, D.C., Skinner, J.S., Wilmore, J.H. & Leon, A.S. (2001). Changes in ventilatory threshold with exercise training in a sedentary population: the heritage study. *Int J Sports Med*, 22, 586-592.

Gastin, P.B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 31(10), 725-741.

Gettman, L.R., Ayres, J.J., Pollock, M.L., Durstine, J.L. & Grathan, W. (1979). Physiologic effects on adult men of circuit strength training and jogging. *Arch Phys Med Rehabil*, 60, 115-120.

Glowacki, S.P., Martin, S.E., Maurer, A., Baek, W., Green, J.S. & Crouse, S.F. (2004). Effects of resistance, endurance and concurrent exercise on training outcomes in men. *Med Sci in Sports Exerc Dec*, 36(12), 2119-27.

González-Badillo, J.J. (2000). Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, XIV(1), 5-17.

González-Badillo, J.J. & Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Zaragoza (España): Inde.

González-Badillo, J.J. & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona (España): Inde.

González, M. & Rubio, S. (1990). Valores ergoespirométricos en deportistas españoles de élite. *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación Física y del Deporte*, 14, 9-51.

Gorostiaga, E.M. (1998). Coste energético del combate de judo. *Apunts*, XXV, 135-139.

Gorostiaga, E.M., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M. & Ibáñez, J. (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physio*, 80, 485-493.

Gorostiaga, E.M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J.J. & Ibáñez, I. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physio*, 91, 698-707.

Gotshalk, L.A., Loebel, C.C., Nindl, B.C., Putukian, M., Sebastianelli, W.J., Newton, R.U., Häkkinen, K. & Kraemer, W.J. (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22(3), 244-255.

- Gowitzke, B.A & Milner, M. (1999). *El cuerpo y sus movimientos. Bases científicas*. Barcelona (España): Paidotribo.
- Gravelle, B.L. & Blessing, D.L. (2000). Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J Strength Cond Res*, 14(1), 5-13.
- Grisdale, R.K., Jacobs, I. & Cafarelli, E.(1990).Relative effects of glycogen depletion and previous exercise on muscle force and endurance capacity. *J Appl Physiol*, 69 (4),1276-1282.
- Haff, G.G., Whitley, M.S. & Pottleiger, J.A. (2001). A brief review: Explosive exercises and sports performance. *Strength Cond J*, 23, 13-20.
- Häkkinen, K. (1994). Neuromuscular adaptation during strength training aging detraining and immobilization. *Crit Rev Phys Reh Med*, 6, 161-198.
- Häkkinen, K. (1992). Neuromuscular responses in male and female athletes to two successive strength training sessions in one day. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(3), 234-242.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kauhanen, H. & Komi, P.V. (1988). Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *Eur J Appl Physiol*, 57(2), 133-139.
- Harman, E. (1993). Strength and power: a definition terms. *Nacional Strength and Conditioning Asociation Journal*, 5(6), 18-20.
- Harre, D. (1987). La recuperación. II parte. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1(4-5), 29-38.
- Harre, D. & Hauptmann, M. (1994). La capacidad de fuerza y su entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 7(4).
- Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Proulx, C.M. & Jonson, R.L. (2000). Short-term performance effects of high power, high force or combined weight-training methods. *J Strength Cond Res*, 14, 14-20.
- Hartman, J. & Tünnemann, H. (1996). *Entrenamiento moderno de la fuerza*. Barcelona (España): Paidotribo.
- Hennessy, L.C. & Watson, A.W.S. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J Strength Cond Res*, 8(1), 12-19.
- Henritze, J., Weltman, A., Schurrer, T. & Barlow, K. (1985). Effects of training and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol*, 54, 84-88.

Hernández, J., Castro, U., Cruz, H., Gil, G., Hernández, J., Quiroga, M. & Rodríguez, J.P. (1999). ¿Taxonomía de las actividades o de las situaciones motrices? Revista digital, Buenos Aires. Extraído el 16 de Julio, 2004 de <http://www.efdeportes.com/efd13/taxono.htm>

Hickson, R.C. (1980a). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol*, 45(2-3), 255-263.

Hickson, R.C., Rosenkoetter, M.A. & Brown, M.M. (1980b). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Med Sci Sports Exerc*, 12, 336-339.

Hickson, R.C., Dvorak, B.A., Gorostiaga, E.M., Kurowski, T.T. & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl Physiol*, 65(5), 2285-2290.

Hoff, J., Helgerud, J. & Wisloff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 870-877.

Hoff, J. & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. Physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.

Hortobágyi, T. & Denahan, T. (1989). Variability in creatine kinase: methodological, exercise, and clinically related factors. *Int J Sports Med*, 10(2), 69-80.

Hortobágyi, T., Katch, F.I. & Lachance, P.F. (1991). Effects of simultaneous training for strength and endurance on upper and lower body strength and running performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(1), 20-30.

Hortobágyi, T., Lambert, N.J. & Hill, J.P. (1997). Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Med Sci in Sports Exerc*, 29(1), 107-112.

Hunter, G., Demment, R. & Miller, D. (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 269-275.

Idarreta, J. (1997). El entrenamiento de la resistencia específica a través del randori. En VVAA (Ed.), *El judo y las ciencias de la educación física y el deporte* (pp. 149-156). Vitoria-Gastéiz (España): SHEE-IVEF.

Idarreta, J. & Gutiérrez, C. (2005, Septiembre). *El tiempo en el combate de judo: Estudios y perspectiva*. Ponencia presentada en el I Congreso Virtual de Investigación en la Actividad Física y el Deporte, Instituto Vasco de Educación Física, Vitoria-Gastéiz, España.

Iglesias, E., Fernández, M., Dopico, J., Carratalá, V. & Pablos, C. (2000). Propuesta de organización y control del entrenamiento de fuerza del judoka. En J. Fuentes y M.

Macías (Coor.), *Actas del I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte* (1, 227-236). Cáceres: Universidad de Extremadura. España.

Iglesias, E., Dopico, J., Clavel, I. & Tuimil, J.L. (2002). *Frecuencia cardiaca a lo largo del combate de judo: Análisis de los porcentajes de frecuencia cardiaca máxima y de reserva a lo largo de los diferentes minutos de enfrentamiento*. En CD-ROM del II Congreso de Ciencias del Deporte, INEF, Madrid, España.

Iglesias, E. & Dopico, J. (2004). Caracterización del esfuerzo en judo a partir del análisis conjunto de registros de frecuencia cardiaca y modificaciones agudas de diferentes manifestaciones de la fuerza. En R. Amador, U. Castro, J. Álamo, J. Dopico, E. Iglesias (Eds). *Dimensión histórica, cultural y deportiva de las luchas*. Gran Canaria: Cabildo Insular de Fuerteventura y ACCEDEL.

Izquierdo, M., Häkkinen, K., Antón, A., Garrues, M. Ibáñez, J., Ruesta, M. & Gorostiaga, E.M. (2001). Maximal strength and power, endurance performance and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 1577-1587.

Izquierdo, M. Häkkinen, K., González-Badillo, J.J., Ibáñez, J. & Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol*, 87, 264-271.

Johnston, R.E., Quinn, T.J., Kertzer, R. & Vroman, N.B. (1997). Strength training female distance runner: impact on running economy. *J Strength Cond Res*, 11(4), 224-229.

Jung, A.P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med*, 33(7), 539-552.

Kaikkonen, H., Yrijama, M., Siljander, E., Byman, P. & Laukkanen, R. (2000). The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scand J Med Sci Sports*, 10, 211-215.

Kanehisa, H., Ikegawa, S. & Fukunaga, T. (1997). Force-velocity relationships and fatiguability of strength and endurance-trained subjects. *Int J Sports Med*, 18(2), 106-112.

Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H. & Sueti, K. (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sport Sci*, 5, 50-55.

Kawamori, N. & Haff, G.G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res*, 18(3), 675-684.

Knuttgén, H.G. & Kraemer, W.J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal Applied of Sport and Science Research*, 10(4), 261-265.

- Konopka, P. (1988). *La alimentación del deportista*. Madrid (España): Martínez Roca.
- Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Dziados, J.E., Harman, E.A., Marchitelli, L.J., Gordon, S.E., Mello, R., Frykman, P.N., Koziris, L.P. & Triplett, N.T. (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *J Appl Physiol*, 75(2), 594-604.
- Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K., Newton, R.U., Triplett, N.T. & Dziados, J.E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol*, 78(3), 976-989.
- Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. (2006). *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona (España): Hispano Europea.
- Knuttgen, H.G. & Kraemer, W.J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal Applied of Sport and Science Research*, 10(4), 261-265
- Lehmann, G. (1997). La resistencia negli sport di combattimento. *Rivista di Cultura Sportiva*, 16(38), 19-25.
- Lepers, R., Hausswirth, C., Maffiuletti, N., Brisswalter, J. & van Hoecke, J. (2000). Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 32(11), 1880-1886.
- Lepers, R., Maffiuletti, N.A., Rochette, L., Brugniaux, J. & Millet, G.Y. (2002). Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. *J Appl Physiol*, 92, 1487-1493.
- Leveritt, M. & Abernethy, P.J. (1999). Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res*, 13(1), 47-51.
- Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. & Logan, P.A. (1999). Concurrent strength and endurance training. A review. *Sports Med*, 28(6), 413-427.
- Little, N.G. (1991). Physical performance attribute of junior and senior women, juvenile and senior men judokas. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(4), 510-520.
- Londree, B. (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 29, 837-843.
- López, A. & Nacleiro, F. (2002). *Relación entre la respuesta cardiovascular, metabólica, y la percepción de esfuerzo en ejercitaciones de diversa intensidad en judokas universitarios*. En CD-ROM del II Congreso de Ciencias del Deporte, INEF, Madrid, España.

- López, C. (1991). Evaluación antropométrica y de aptitud física, determinación de parámetros bioquímicos en la lucha leonesa. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, Oviedo, España.
- López, C., Villa, J.G., Mansilla, M. & García, L. (2000). Control y seguimiento médico en los deportes de lucha. En C. López (dir.), *El entrenamiento en los deportes de lucha*. Diputación Provincial de León: Federación Territorial de Lucha León (España).
- López, J., Aznar, S., Fernández, A., López, L.M., Lucía, A. & Pérez, M. (2004). *Transición aeróbica-anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones*. Madrid (España): Master Line & Prodigio S.L.
- López, J. & Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Madrid (España): Médica Panamericana.
- Manno, R. (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona (España): Paidotribo.
- Mansilla, M. (1999a). Perfil funcional del competidor de lucha leonesa: comparación con otros deportes de lucha, el judo. Tesis doctoral, Universidad de León, León, España.
- Mansilla, M. (1999b). El judo en el contexto recreativo. En M. Villalón (Ed), *Introducción al Judo* (pp. 201-13). Barcelona (España): Hispano Europea.
- Mansilla, M. & García, L. (1999). Las cualidades físicas en la lucha. En C. López (Coord), *Iniciación a la lucha leonesa. Manual completo del monitor* (pp.185-200). León (España): Diputación Provincial de León.
- Mansilla, M., Villa, J.G., López, C. & Ruiz, G. (2001). *Fraccionamiento temporal del combate de judo masculino mediante el uso de técnicas videográficas*. Ponencia presentada en el II Congreso de la Asociación de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Valencia, España.
- Marcinik, E.J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P. & Hurley, B.F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 23(6), 739-743.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2002). *Manual de metodología de entrenamiento*. Barcelona (España): Paidotribo.
- Matchorcka, M. (1988). Body build and preferred techniques of judo figh. *Sport Wyczynowy (Warsaw)*, 9, 25-31.
- Matvee, L. (1985). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Moscú. Rádúa.
- McBride, J.M., Triplett-Mcbride, T., Davie, A. & Newton, R.U. (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifters, olimpic lifters and sprinters. *J Strength Cond Res*, 13, 58-66.

McCarthy, J.P., Agre, J.C., Graf, B.K., Pzniak, M.A. & Vailas, A.C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med Science in Sports Exerc*, 27, 429-436.

Melrose, D. & Knowlton, R.G. (2005). Compatibility of adaptative responses with hybrid simultaneous resistance and aerobic training. *The Sport Journal*, 8(3). Extraído el 18 de Enero, 2006 de <http://www.thesportjournal.org/2005Journal/Vol8-No3/melrose.asp>

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Consejo Superior de Deportes. (2003). Programa nacional de tecnificación deportiva. Valoración antropométrica: protocolo de medición.

Monedero, J. & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med*, 21, 503-597.

Monteiro, L.F. (1995). Estructura e custo energetico do combate de judo. En Congresso de Educacao Fisica e Ciencias do Esporto dos Países de Lengua Portuguesa, 2-5 marco. Anais. Universidade de Coimbra, p.MD-3.

Monteiro, L.F. (2001, Julio). Time structure and energy consuming in a male juniors judo fight. Ponencia presentada en el *II IJF World Judo Conference in Munich, Germany*.

Moss, B.M., Refsnes, P.E., Ablidgaard, A., Nicolaysen, K. & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol*, 75, 193-199.

Muller, W. & Martorell, R. (1988). Anthropometrics standardisation reference manual (pp. 81-86). Human Kinetics.

Nakao, M., Inoue, Y. & Murakami, H. (1995). Longitudinal study of the effect of high intensity weight training on aerobic capacity. *Eur J Appl Physiol*, 70, 20-5.

Nakajima, T., Wakayama, H., Iida, E. & Matsumto, D. (1998). The relationship between body fat and basic physical fitness for female judo athletes (part 2). En National Judo Conference – International Research Symposium. United States Olimpic Training Center, Wednesday, 23 September, 1998. Anais. Colorado Sprint, p. 12.

Navarro, F. (1998). *La resistencia*. Madrid (España): Himnos.

Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power. Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond J*, 16, 20-31.

Newton, R.U., Humphries, B.J., Wilson, G.J., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle

- activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur J Appl Physiol* 75, 333-342.
- Newton, R.U. & Dugan, E. (2002). Application of strength diagnosis. *Strength Cond J*, 24, 50-59.
- Ortiz, V. (1999). Entrenamiento de la fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. Barcelona (España): Inde.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K. & Rusko, H. (1991). Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*, 62, 251-255.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A. & Rusko, H. (1999). Explosive strength training improves 5km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*, 86(5), 1527-1533.
- Padial, P. (1993). El sistema deportista y sus capacidades. *Stadium*, 159, 13-16.
- Pascoe, D.D. & Gladden, L.B. (1996). Muscle glycogen resynthesis after short term, high intensity exercise and resistance exercise. *Sports Med*, 21(2), 98-118.
- Paton, C.D. & Will, G.H. (2004). Effects of High-intensity Training on Performance and Physiology of Endurance Athletes. *Sports Science*, 8, 15-40.
- Pereda, S. (1987). *Psicología Experimental. I. Metodología*. Madrid (España): Pirámide.
- Pulkkinen, W. (2001). The physiological composition of elite judo players. Extraído el 12 de Abril, 2004 de <http://judoinfo.com/research13.htm>
- Putman, C.T., Xinhao, X., Gillies, E., MacLean, I.M. & Bell, G.J. (2004). Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. *Eur J Appl Physiol*, 92, 376-384.
- Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G. & Lacour, J.R. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur J Appl Physiol*, 84, 227-232.
- Requena, B., Chiroso, L.J., Chiroso, I.J., Feriche, B. & Padial, P. (2002) Evaluación y control del entrenamiento de fuerza en deportes colectivos. En M. Zabala, I.J. Chiroso, L.J. Chiroso & J. Viciano (Ed), *Tecnología y metodología científica aplicada al control y evaluación del rendimiento deportivo*. Granada (España): Universidad de Granada.
- Robles, J.A., Álvarez, E., Jover, R. & González, J.L. (2002). *Análisis del entrenamiento de la lucha leonesa, deporte tradicional de combate. Consideraciones iniciales*. En CD-ROM del II Congreso de Ciencias del Deporte, INEF, Madrid, España.

Ronsen, O., Haug, E., Pedersen, B.K. & Bahr, R. (2001). Increased neuroendocrine response to a repeated bout of endurance exercise. *Med Sci in Sports Exerc*, 33(4), 568-575.

Rosa, R., Boscolo del Vecchio, F., Carratalá, E. & De Oliverira, P.R. (2003). Análise da estrutura temporal de luta e relações entre categorías de peso dos judocas da seleção brasileira de 2003.

Sáez de Cosca, E., Clavel, I., Dopico, J. & Iglesias, E. (2002). *Análisis temporal y de las acciones puntuables en las fracciones de minuto de enfrentamiento de judo*. En CD-ROM del II Congreso de Ciencias del Deporte, INEF, Madrid, España.

Sahlin, K. & Seger, J.Y. (1995). Effects of prolonged exercise on the contractile properties of human quadriceps muscle. *Eur J Appl Physiol*, 71(2-3), 180-186.

Sale, D.G.(1991). Testing strength and power. En J.D. MacDougall & H.A. Wenger & H.J. Green (Eds.), *Physiological testing of the high-performance athlete* (2th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics Books.

Sale, D.G., MacDougall, J.D., Jacobs, I. & Garner, S. (1990a). Interaction between concurrent strength and endurance training. *J Appl Physiol*, 68(1), 260-270.

Sale, D.G., Jacobs, I., MacDougall, J.D. & Garner, S. (1990b). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, 22(3), 348-356.

Sanchís, C., Suay, F., Salvador, A., Llorca, J. & Moro, M. (1991). Una experiencia en la valoración fisiológica de judo. *Revista Apunts*, XVIII, 51-58.

Santos, S.G.A. (1993). A influência do judô na postura de atletas do sexo masculino do Estado do Paraná. Tesis doctoral, Universiade Federal de Santa María, Brazil.

Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. En PV. Komi *Strength and power in sport*. London (England): Blackwell Scientific Publications.

Seisenbacher, P. & Kerr, G. (1997). *Moder judo. Techniques of east and west*. The Crowood Press: Marlborough.

Siegel, J.A., Gilders, R.M., Staron, R.S. & Hagerman, F.C. (2002). Human muscle power output during upper and lower body exercises. *J Strength Cond Res*, 16, 173-178.

Siff, M. & Verkhoshansky, Y.V. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona (España): Paidotribo.

Sikorski, W., Mickiewicz, G., Majle, B. & Laksa, C. (1987). Structure of the contest and work capacity of the judoist. En European Judo Union (Ed.), *Proceedings of the International Congress on Judo "Contemporary Problems of Training and Judo Contest"*, Spala-Poland (pp. 58-65).

- Solé, J. (1991). Entrenamiento de la fuerza en lucha. *Revista Entrenamiento Deportivo*, V(5), 19-29.
- Solé, J., Martínez, B. & Barcia, F. (1998). El entrenamiento integrado de la fuerza en lucha. *Revista Entrenamiento Deportivo*, XII(4), 25-28.
- Sporer, B.C. & Wenger, H.A. (2003). Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. *J Strength Cond Res*, 17(4), 638-644.
- Sterkowicz, S. (1995). Test specjalney sprawności ruchowej w judo. *Antropomotoryka*, 12, 12-44.
- Sterkowicz, S. & Maslej, P. (1998). An evaluation of moder tendencies in solving judo fight. Extraído el 29 de Mayo, 2004 de <http://www.judoinfo.com/judomenu.html>
- Sterkowicz, S., Zuchowicz, A. & Kubica, R. (1999). Levels of anaerobic and aerobic capacity indices and results for the special judo fitness test in judo competitors. En: *Annals of The Coach's Proffesional Activities-Managing the Training Process in Combat Sport-Express Scientific Conference in Cracow (Poland)*-p. 6, 26 jun.
- Sterkowicz, S. & Franchini, E. (2001). Specific fitness of elite and novice judoist. *Journal of Human Kinetics*, 6, 81-98.
- Stone, M.H., Wilson, G.D., Blessing, D. & Rozenck, R. (1983). Cardiovascular responses to short-term olympic style weight-training in young men. *Can J Appl Sport Sciences*, 8 (3), 134-139.
- Stone, M.H., O'bryant, H.S., McCoy, L., Coglianesi, R., Lehmkuh, M. & Shilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res*, 17, 140-147.
- Suter, E., Herzog, W., Sokolosky, J., Wiley, J.P. & Macintosh, B.R. (1993). Muscle fiber type distribution as estimated by Cybex testing and muscle biopsy. *Med Sci in Sports Exerc*, 25(3), 363-370.
- Tabata, I., Atomi, Y., Mutoh, Y. & Miyashita, M. (1990). Effect of physical training on the responses of serum adrenocorticotrophic hormone during prolonged exhausting exercise. *Eur J Appl Physiol*, 61(3-4), 188-192.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F. & Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercise. *Med Sci in Sports Exerc*, 29 (3), 390-5.
- Takahashi, R. (1992). Power training for judo: plyometric training with medicine balls. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 66-71.

Capítulo V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: A review. *J Strength Cond Res*, 13(3), 289-304.

Tanaka, H., Costill, D.L., Thomas, R., Fink, W.J. & Widrick, J.J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci in Sports Exerc*, 25(8), 952-959.

Taoutaou, Z., Granier, P., Mercier, B., Mercier, J., Ahmaidi, S. & Prefaut, C. (1996). Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. *Eur J Appl Physiol*, 1(73), 465-70.

Taylor, A.W. & Brassard, L. (1981). A physiological profile of the canadian judo team. *Journal of Sports Medicine*, 1(21), 160-164.

Thomas, J., Goubault, C. & Beau, M.C. (1989). Test d'évaluation au judo, dérivé du test de Léger-Mercier. *Medecine du Sport*, 63(6), 286-288.

Thomas, J., Goubault, C. & Beau, M.C. (1990). Judokas. Évolution de la lactétemie au cours de randoris successifs. *Medecine du Sport*, 64(5), 234-263.

Thomas, M., Fiatarone, M.A. & Fielding, R.A. (1996). Leg power in young women: Relationship to body composition, strength and function. *Med Sci Sports Exerc*, 28, 1321-1326.

Thomas, S.G., Cox, M.H., LeGal, Y.M., Verde, T.J. & Smith, H.K. (1989). Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. *Can J Sport Sci Sep*, 14(3), 142-147.

Thornton, M.K. & Potteiger, J.A. (2002). Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci in Sports Exerc*, 34(4), 715-722.

Toji, H., Kensasu, S. & Kaneko, M. (1997). Effects of combined training loads on relations among force, velocity and power development. *Can J Appl Physiol*, 22, 328-336.

Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona (España): Ergo.

Toussaint, H.M. & Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *Int J Sports Med*, 11(3), 228-233.

Tumilty, D. & Hann, A. (1986). A physiological profile of well trained male judo players, with proposals for training. *Excel Australi*, 4, 12-14.

Verkhoshansky, Y.V. (1990). *Entrenamiento deportivo, planificación y desarrollo*. Barcelona (España): Martínez Roca.

Verkhoshansky, Y.V. (2002). *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona (España): Paidotribo.

Vidalin, H., Dubreuil, C. & Coudert, J. (1988). Judokas ceinture noire. Suivi physiologique: études biométrique e bionergétique. Suivi de l'entrînement. *Medecine du Sport*, 62(4), 184-189.

Villa, J.G., Mansilla, M., García, J. de Paz, J.A. & López, C. (1997). Valoración funcional en combates de lucha leonesa. En F. Amador, U. Castro & J. Álamo (Coord.), *Luchas, deportes de combate y juegos tradicionales* (pp. 251-263). Madrid (España): Gymnos. Madrid, 251-263.

Villa, J.G., Mansilla, M., García, J. & López, C. (2000). Valoración funcional de la condición física en los deportes de lucha. En C. López (dir.), *El entrenamiento en los deportes de lucha*. Diputación Provincial de León: Federación Territorial de Lucha de León.

Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4(3), 2-8.

Viru, A., Karelson, K. & Smirnova, T. (1992). Stability and variability in hormonal responses to prolonged exercise. *Int J Sports Med*, 13(3), 230-235.

Vrijens, J. (2006). *Entrenamiento razonado del deportista*. Barcelona (España): Inde.

Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona (España): Paidotribo.

Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. & Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 25, 1279-1286.

Yoshida, T., Suda, Y. & Takeuchi, N. (1982). Endurance training regimen based upon arterial blood lactate: effects on anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, 49, 223-230.

Zatsiorsky, V. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics. Champaign. IL

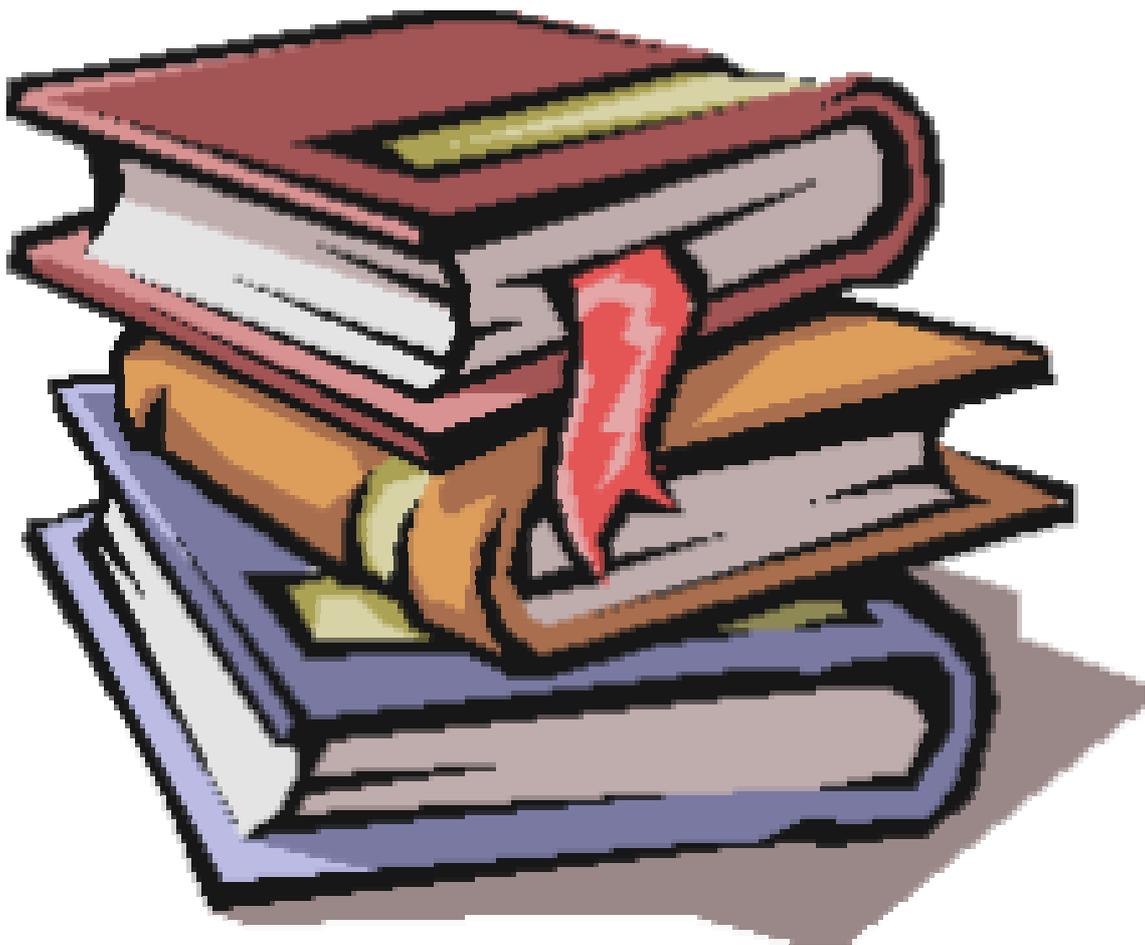
Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia*. Barcelona (España): Martínez Roca.



Universidad de Granada
Dpto. Educación Física y Deportiva
F.CC.A.F. y D.

CAPÍTULO VI

ANEXOS



ANEXOS

ANEXO VI-1. CUESTIONARIO SUJETO EXPERIMENTAL

NOMBRE:

APELLIDO₁:

APELLIDO₂:

FECHA NACIMIENTO:

CURSO:

DIRECCIÓN:

TELÉFONO:

GRUPO EXPERIMENTAL:

HAS PRACTICADO ALGÚN DEPORTE DE LUCHA? EN CASO AFIRMATIVO
ESPECIFICARLO.

HAS PRACTICADO ALGÚN DEPORTE DE FORMA REGLADA DURANTE EL CURSO 2002-
2003? EN CASO AFIRMATIVO ESPECIFICARLO. NIVEL ALCANZADO.

QUÉ TIPO DE ACTIVIDAD FÍSICA REALIZAS ASIDUAMENTE?

REALIZAS ACTIVIDAD FÍSICA DURANTE EL FIN DE SEMANA?

ENFERMEDADES-LESIONES. FECHA APROXIMADA.

INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS. FECHA APROXIMADA.

ACTUALMENTE RECIBES ALGÚN TRATAMIENTO?

LO HAS RECIBIDO EN LOS 3 ÚLTIMOS MESES?

HORARIOS COMIDA.

TOMAS ALGÚN SUPLEMENTO O AYUDA ERGOGÉNICA?

HORAS SUEÑO.

ANEXO VI-2. CUESTIONARIO COLABORADORES

APELLIDOS y NOMBRE:

FECHA NACIMIENTO:

CURSO:

DIRECCIÓN:

TELÉFONO:

GRUPO EXPERIMENTAL ASIGNADO:

SUJETO EXPERIMENTAL ASIGNADO:

ANEXO VI-3. FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO DE LOS SUJETOS EXPERIMENTALES

D. _____, con D.N.I _____
 acepto participar en el estudio titulado “INFLUENCIA DE DOS METODOLOGÍAS DE TRABAJO
 CONCURRENTES PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL JUDOKA” que se va a llevar a cabo
 en la Sala de Musculación, Sala de Lucha, Sala Aeróbica y el Laboratorio de Valoración Biológica de la
 Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada.

El objetivo de dicho estudio es el de analizar el efecto que produce el entrenamiento combinado de fuerza
 y resistencia, desarrollado en la misma sesión, frente al mismo tipo de entrenamiento realizado en distinta
 sesión, con la intención de retrasar la fatiga en la competición de Judo.

He sido informado detalladamente del protocolo de estudio y se me han aclarado todas las dudas.
 Comprendo que durante el proceso deberé de participar en las siguientes actividades:

1. Elaboración de un historial clínico con registro de ECG de esfuerzo.
2. Valoración de mi capacidad de esfuerzo por medio de una prueba máxima directa con control de gases.
3. Valoración de mi 100% de carga para cada uno de los ejercicios de musculación que formen parte del entrenamiento.
4. Aplicación de un programa de entrenamiento de fuerza y resistencia, que se realizará según las siguientes características:
 - Entrenamiento de fuerza (Fuerza explosiva 60-70% RM, FDMR 40-50% RM) durante tres sesiones semanales.
 - Entrenamiento de resistencia (Circuito a una Fc de 140-160ppm) durante tres sesiones semanales.
 - Entrenamiento técnico de Judo durante dos sesiones semanales.
 - La duración del trabajo será de 17 semanas incluidas las sesiones destinadas a tests.

También he sido informado de los riesgos que podrían ir asociados a algunas de las pruebas desglosadas con anterioridad, en especial las de carácter máximo. Si bien, serán arbitrados desplegados todos los medios necesarios para evitar cualquier incidencia por medio de la evaluación de la información preliminar relacionada con mi estado de salud y por cualquier observación de síntomas durante el test y el ejercicio. Yo mismo indicaré cualquier problema, síntoma o condición que sea relevante.

En cualquier momento puedo solicitar más información sobre el estudio o los datos correspondientes a mis pruebas. En cualquier momento tengo libertad para poder retirarme del estudio.

Si acepto participar en este estudio, me comprometo firmemente a realizar todas las actividades e indicaciones que en su momento se me dirán, manteniendo las propiedades del estudio hasta su término.

Granada, a _____ de _____ de 2004.

DATOS PERSONALES

Nombre:

Dirección:

Teléfono:

Firma:

DATOS DEL TESTIGO

Nombre:

Dirección:

Teléfono:

Firma:

* Todos los interesados en obtener créditos de libre configuración (máximo 4), deberán de entregar al final del proyecto una memoria del trabajo realizado, siendo calificado por la responsable del proyecto.

ANEXO VI-4. FÓRMULA DE CONSENTIMIENTO DE LOS COLABORADORES

D. _____, con D.N.I _____
acepto participar en el estudio titulado “INFLUENCIA DE DOS METODOLOGÍAS DE TRABAJO CONCURRENTES PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL JUDOKA” que se va a llevar a cabo en la Sala de Musculación, Sala de Lucha, Sala Aeróbica y el Laboratorio de Valoración Biológica de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada.

El objetivo de dicho estudio es el de analizar el efecto que produce el entrenamiento combinado de fuerza y resistencia, desarrollado en la misma sesión, frente al mismo tipo de entrenamiento realizado en distinta sesión, con la intención de retrasar la fatiga en la competición de Judo.

He sido informado detalladamente del protocolo de estudio y aclaradas todas las dudas. Comprendo que durante el proceso deberé de participar en las siguientes actividades:

1. Controlar a la persona o grupo de personas en los entrenamientos y tests a la hora que se me haya designado, sin poder ausentarme salvo fuerzas de causa mayor.
2. Registrar los datos que se me asignen.
3. Reunirme con la responsable del proyecto para ser informado de mis tareas.
4. Elaborar una memoria al final del proyecto sobre el trabajo que he realizado, obteniendo de esta forma el correspondiente certificado.
5. Colaborar con la responsable del proyecto en las tareas para las que sea requerido/a durante el período de trabajo (17 semanas incluidos los tests).

Esta labor será tenida en cuenta como un trabajo propio de las asignaturas Fundamentos de las Habilidades en los Deportes de Lucha o Enseñanza de los Deportes de Lucha: Judo.

Granada, a _____ de _____ de 2004.

DATOS PERSONALES

Nombre:

Dirección:

Teléfono:

Firma:

DATOS DEL TESTIGO

Nombre:

Dirección:

Teléfono:

Firma:

ANEXO VI-6. ENTRENAMIENTO DE FUERZA GRUPOS F y F-R(2)

NOMBRE:	SERIE 1			SERIE 2			SERIE 3		
MARTES	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Repeticiones	Carga con 40%	Velocidad
PRENSA									
BANCA									
REMO									
JUEVES	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Repeticiones	Carga con 40%	Velocidad
PRENSA									
BANCA									
REMO									
VIERNES	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Repeticiones	Carga con 40%	Velocidad
PRENSA									
BANCA									
REMO									
AYUDANTE: INCIDENCIAS:									

ANEXO VI-7. CIRCUITO RESISTENCIA GRUPO F-R(2)

NOMBRE	FECHA	Fc TRABAJO	VUELTA 1 Fc	VUELTA 2 Fc	VUELTA 3 Fc	VUELTA 4 Fc	VUELTA 5 Fc
AYUDANTE:							
INCIDENCIAS:							

ANEXO VI-8. DATOS FUERZA y RESISTENCIA GRUPO F-R(1)

FECHA:

NOMBRE	SERIE 1				SERIE 2				SERIE 3			
	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Fc ENTO: CIRCUITO	Repeticiones	Carga con 60%	Velocidad	Fc ENTO: CIRCUITO	Repeticiones	Carga con 40%	Velocidad	Fc ENTO: CIRCUITO
PRENSA												
BANCA												
REMO												
AYUDANTE: INCIDENCIAS :									3' descanso pasivo ↓			
									CIRCUITO. Fc ENTRENAMIENTO:			
									Fc CIRCUITO:			

ANEXO VI-10. TESTS ESPECÍFICOS DE JUDO

Dos son los tests más relevantes empleados en Judo. Uno de ellos es el denominado *JMG*. En él, se ejecutan tres ejercicios durante tres minutos (un minuto por cada uno), con el objetivo de conseguir el mayor número de repeticiones sin descansar entre ellos. El primero se denomina el “*túnel*” y se realiza por parejas, participando uno como ayudante. Éste se coloca con las piernas extendidas y abiertas en flexión de tronco y espalda a la altura de la cadera del ejecutor. A la voz de “ya” saltará por encima del ayudante y pasará por debajo de sus piernas (para que sea válido deberá realizar al menos 16 repeticiones en un minuto). A continuación se dirige al segundo ejercicio, denominado “*abdominales*” donde, tumbado en posición supina, piernas separadas, ligeramente flexionadas y manos detrás de la cabeza, el ejecutante procede con un ejercicio de abdominales llevando el codo a la rodilla del lado contrario. Una vez hecho, los dos codos deberán tocar la colchoneta. Dicho ejercicio también se realiza por parejas, cuya misión es la de sujetar los pies al compañero. Se computa el total, que es sumado a las repeticiones del primero. Inmediatamente comienza el tercer ejercicio correspondiente a “*saltos a ambos lados de un banco sueco alternativamente*”. Al escuchar la voz de inicio se dirigirá sin pausa hacia el banco (30cm de altura), se situará lateralmente a él y lo saltará con los dos pies (éstos deben abandonar y tomar el suelo al unísono, aunque para ello no sea imprescindible que lo hagan juntos).

De aquí se obtienen unos datos que aplicados a la ecuación abajo descrita nos ofrece el Índice *J.M.G.*:

$$A = (P_1 + P_2) / 2 - (\text{n}^\circ \text{ repeticiones} + \text{kgs} / 2)$$

$$B = [K - (P_1 - P_2)] - (\text{n}^\circ \text{ repeticiones} + \text{kgs} / 2)$$

$$\text{Siendo el índice } JMG = (A + B) / 2$$

- K = 220 - edad.

- $(P_1 + P_2) / 2$: se refiere a la zona de carga o intensidad de la misma.

- N° repeticiones: capacidad de la musculatura en resistir una intensidad elevada durante 3 min y capacidad de coordinación del judoka.

- $K - (P_1 - P_2)$: capacidad de recuperación.

Los valores negativos del índice muestran una buena disposición de resistencia a la fuerza en régimen de velocidad, bajo la obtención de energía por vía aeróbica-anaeróbica, mientras que valores positivos indican lo contrario (tabla VII-1).

Tabla VI-1. Calificación de la condición física en función del índice.

ÍNDICE	CALIFICACIÓN
>-50	Excelente
-40	Muy Buena
-30	Buena
-10	Regular-Buena
0	Regular
+10	Regular-Mala
+30	Mala
>+50	Muy Mala

El otro test es el denominado *COPTTEST* (1996 citado por García, 2003), destinado a valorar la resistencia a la fuerza específica, la producción y acumulación de lactato. Éste se desarrolla sobre el *tatami* y con *judogi*. Para el mismo se necesitan 6 *ukes*, un temporizador sonoro (para señalar los tiempos de cada fase), un cronómetro, un analizador de lactato y de gases (opcional). En cada esquina del *tatami*, de 10 x 10m, se dibuja un cuadrado de 2 x 2m y otro en el centro. En la primera (superior izquierda) se efectúa un ejercicio para el que se requieren 3 *ukes*. Aquí se ejecutan 9 *nague-komis*¹, utilizando el *Tokui Waza*² en un tiempo de 15 segundos. Finalizado el ejercicio, cruza el practicable diagonalmente pasando por el cuadrado central para dirigirse a la esquina 2 (inferior derecha). En ella espera otro *uke* en posición tendido supino y con las manos agarrándose las solapas del *judogi*. *Tori* repite 9 movimientos de *Juji Gatame*³ alternando a derecha e izquierda, favoreciendo *uke* la extensión de su brazo. En este ejercicio, *tori* debe tumbarse sobre toda su espalda en la ejecución para considerarse válido (es recomendable que el cambio de lado lo haga *tori* por encima de la cabeza de *uke*). Igualmente dispone de 15 segundos. Una vez consumado, parte hacia la esquina 3

¹ Ataques repetidos proyectando a *uke*.

² Es la técnica favorita o movimiento especial, habitualmente de gran dominio por parte del ejecutante.

³ Luxación del brazo en cruz.

(superior derecha) pasando previamente por el cuadrado central. En esta ángulo realiza 9 *uchi komis*⁴ levantando (se aconseja efectuar gestos de los grupos *koshi* o *te waza*) durante el mismo tiempo. Ahora cruza diagonalmente el *tatami* para llegar a la esquina 4 (inferior izquierda). *Uke* se encuentra a cuadrupedia y *tori* efectúa 3 entradas frontales para voltear e inmovilizar mediante *Sankaku Jime*⁵ (dispone de 15 segundos). Concluida la primera vuelta, se sitúa nuevamente en la primera esquina, previo paso por el cuadrado central, para empezar sin descanso (sólo los 15 segundos de la última estación). Este procedimiento se repite hasta completar un total de 5 vueltas. Acabado el test, *tori* se dirige al control médico donde se le coloca la mascarilla conectada al analizador de gases y se le extrae, cada cierto tiempo, unas gotas de sangre para evaluar el lactato acumulado, la recuperación y aclaración del mismo.

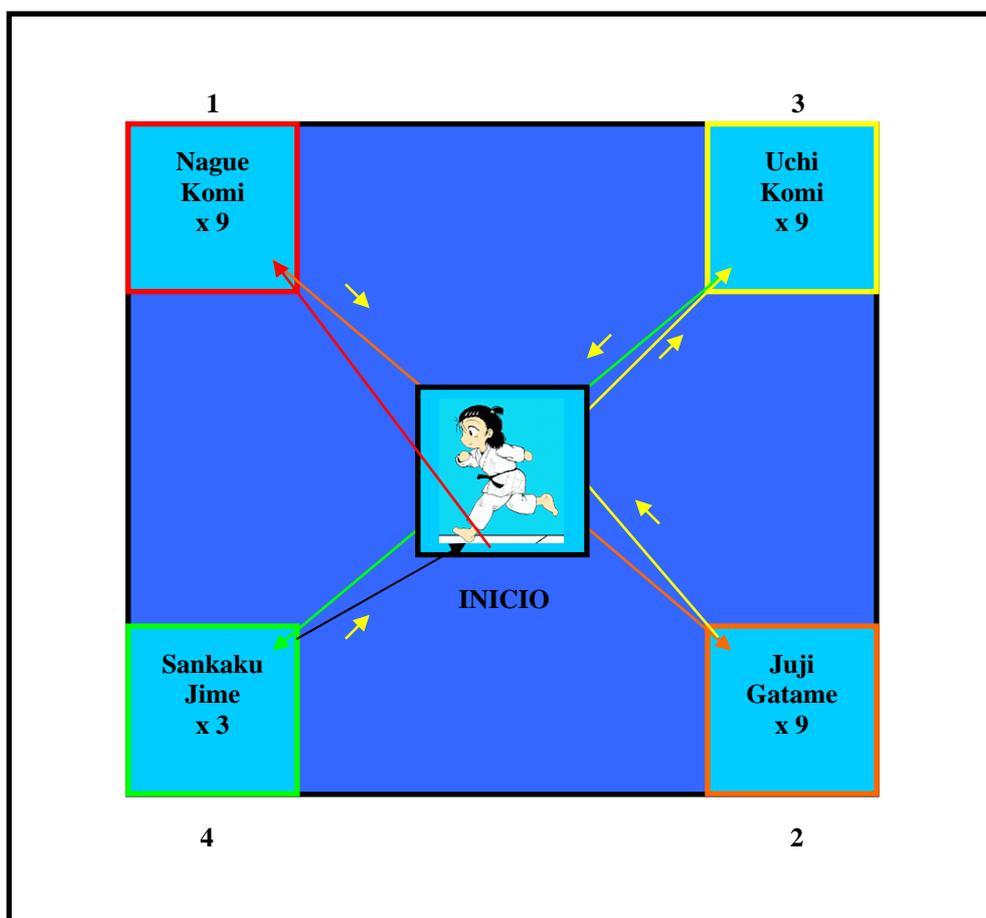


Figura VI-1. Distribución de los ejercicios en el COPTEST.

⁴ Repetición de una técnica.

⁵ Estrangulación en triángulo.

