

## EFFECTOS AGUDOS DEL ENFRENTAMIENTO EN JUDO: ANÁLISIS MULTIPARAMÉTRICO

Carballeira, E.<sup>1</sup>; Iglesias, E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Diploma de Estudios Avanzados. Universidade da Coruña

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física. Universidade da Coruña

---

### RESUMEN

El propósito del presente estudio fue caracterizar el esfuerzo de judo, mediante la cuantificación de cambios inducidos por un combate sobre aspectos metabólicos y neuromusculares. En una muestra de 8 judocas masculinos pertenecientes a la Selección Gallega Senior, se registró la frecuencia cardíaca (Fc) durante un enfrentamiento. Antes e inmediatamente después del combate se midieron lactacidemia, salto con contramovimiento, dinamometría manual y rendimiento isométrico en press banca 90°, remo 90° y sentadilla 160°. Fc se situó en el 92,65±3,26% de la máxima (%Fcmáx.) alcanzando la lactacidemia niveles de 13,75±3,09 mmol/L. Descendió aproximadamente un 5% el resultado en dinamometría manual. El rendimiento en los ejercicios de remo y press banca disminuyó, alcanzando significación estadística en éste último para el valor pico (PFI) y medio (MFI) (postest 93,93±6,20% y 91,60±9,47% respecto al pretest para PFI y MFI respectivamente). Se apreciaron diferencias entre las modificaciones del rendimiento isométrico del miembro inferior y superior, siendo este último menos afectado.

**Palabras clave:** judo, fuerza, lactacidemia, frecuencia cardíaca.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to characterize the effort in judo, through quantification of changes induced by a fight on neuromuscular and metabolic aspects. In a sample of 8 male judo fighters, members of the Senior Galician Selection (Spain), heart rate (Fc) was recorded during a judo match. Before and immediately after the fight lactate blood concentration, countermovement jump, isometric handgrip dynamometry and performance in isometric bench press 90°, rowing 90° and squat 160° were measured. Fc represented 92.65±3.26% of the maximum (%Fcmáx.) reaching lactate concentration levels of 13.75±3.09 mmol/L. Results decreased around 5% in isometric handgrip dynamometry. Performance decreased in bench press and rowing exercises, reaching statistical significance in rowing exercise for peak force (PFI) and average force (MFI) (postest 93.93±6.20% and 91.60±9.47% of pretest for PFI and MFI respectively). Isometric changes for lower limbs were less marked than for higher limbs.

**Keywords:** judo, strength, lactate concentration, heart rate.

#### *Correspondencia:*

Eduardo Carballeira Fernández

Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física

Av. / Ernesto Che Guevara, 121. Pazos-Liáns 15179, Oleiros (A Coruña, Spain)

ecarballeira@udc.es

*Fecha de recepción:* 30/10/2007

*Fecha de aceptación:* 30/11/2007

## INTRODUCCIÓN

Cada especialidad deportiva se caracteriza por las exigencias específicas de la actividad practicada (Frings-Dresen, Eterradosi y Favre-Juvin 1998). El análisis de las demandas específicas de cada disciplina, tanto en el ámbito de las capacidades condicionales como coordinativas, constituye un punto de partida indispensable para el establecimiento y diseño de líneas de intervención en el entrenamiento (Iglesias et al., 2003).

Con respecto al judo, diferentes autores han abordado la caracterización de la estructura temporal del combate (Gorostiaga, 1988; Arruza, 1991; Arruza, 1996; Lehmann, 1997; Castarlenas y Planas, 1997; Sterkowicz y Maslej, 1998; Clavel, Iglesias y Dopico, 2000; Sáez de Cosca et al., 2002; Hernández García y Torres Luque, 2007). Asimismo, diversos trabajos se fundamentan en la obtención de valores referidos a parámetros fisiológicos ( $VO_{2max}$  o frecuencia cardiaca) y bioquímicos (lactacidemia, CK, testosterona, etc.), para describir el perfil metabólico del judoca en pruebas de laboratorio (Thomas et al., 1989a; González y Rubio, 1990; Callister et al., 1991; Sanchís et al., 1991; Little, 1991; Borkowski, Faff y Starczewska-Czapowska, 2001), en el transcurso de la ejecución de tareas específicas del entrenamiento (Ahmaidi et al., 1997; Heinisch, 1997; Houvenaeghel et al., 2005) o durante el desarrollo y la finalización de la situación competitiva (Thomas, Goubault y Beau 1990; Cavazani, 1991; Franchini et al., 1998; Iglesias et al., 2002; Iglesias et al., 2003; Degoutte, Jouanel y Filaire, 2003; Cottin, Durban y Papelier, 2004; Bonitch, 2006).

En lo referido al análisis de las demandas de fuerza en este deporte, los estudios pueden estructurarse en los siguientes apartados:

- Caracterizaciones de la fuerza en judo (Arruza, 1991; Takahashi, 1992; Carratalá y Carratalá, 1997; Bonitch, 2006) y determinaciones de pautas de entrenamiento y/o planificación (Arruza, 1991; Carratalá y Carratalá, 1997; Iglesias et al., 2002; Sanchís Moysi, 2003; Amtmann y Cotton, 2005; Menéndez, Benito y García, 2005).
- Evaluaciones específicas dinámicas (Leplanquais et al., 1994; Villani, 1999; Villani, 2001) o isométricas (Farmosi, 1980; Taylor y Brassard, 1981; Claessens et al., 1986; Borges, 1989; Thomas et al., 1989a; Little, 1991; Franchini et al., 1997; Mansilla et al., 1999; Tsuyuama et al., 2001; Palmer, 2005).

En general, el análisis de los procesos metabólicos implicados y las manifestaciones de fuerza demandadas en el combate de judo, se han abordado

de forma separada (Iglesias et al., 2003). Los estudios en los que se realiza un estudio integral de las capacidades condicionales requeridas por los deportes de combate son escasos.

Kraemer et al. (2001) abordan los aspectos metabólicos, neuromusculares e incluso perceptivos en un torneo de lucha (5 combates). Estos autores muestran que se produce una disminución en la capacidad para generar fuerza y valores altos de metabolitos que reflejan la fatiga que los luchadores van acumulando a medida que el torneo avanza.

Por su parte, Iglesias et al. (2003) midieron durante una situación simuladora de la competición la frecuencia cardiaca (Fc), así como diferentes manifestaciones de la fuerza (dinamometría manual y capacidad de salto) al inicio y tras finalizar cada enfrentamiento. Los resultados de este trabajo mostraron valores de Fc en torno al 85% y 90% de la Fc de reserva y de la Fc máxima respectivamente, mientras que las variaciones de la capacidad de fuerza inducidas por los enfrentamientos sólo alcanzaron significación estadística en las pruebas isométricas y no en las dinámicas de salto.

Recientemente, Bonitch (2006) cuantifica la evolución de la potencia máxima y la máxima producción de fuerza del tren inferior en sucesivos combates de judo y su relación con valores de lactacidemia. Este autor señala que no se produce un descenso en el rendimiento de la fuerza explosiva del miembro inferior por efecto de los combates.

En este sentido, considerando que el alto nivel de exigencia del esfuerzo específico en los deportes de lucha con agarre deriva de un conjunto de acciones con una importante implicación de fuerza y que, recíprocamente, las manifestaciones de fuerza específicas del luchador tienen lugar, de forma general, en condiciones metabólicas desventajosas, parece adecuado la valoración conjunta de estos factores como forma de efectuar una aproximación más real a las demandas de estas especialidades. Ello permitirá establecer objetivos de entrenamiento así como diseñar métodos y medios de ejercitación con un fundamento más sólido que la simple intuición (Iglesias et al., 2003).

No hemos encontrado en la bibliografía trabajos que aborden completamente la manifestación isométrica de fuerza en judo. En cambio, varios autores señalan la relevancia de la fuerza isométrica en la acción motriz luctatoria (Carratalá y Carratalá, 1997; Sanchís, 2003; Kraemer, Vescovi y Dixon, 2004), ya que durante el enfrentamiento son numerosas las situaciones en donde esta manifestación estática de la fuerza tiene relevancia.

Por todo ello, fue el objetivo del presente trabajo caracterizar globalmente el esfuerzo específico de judo a partir de la cuantificación de los efectos agudos de un combate sobre aspectos metabólicos y sobre el rendimiento neuromuscular dinámico e isométrico del deportista.

## MÉTODO

### *Participantes*

Ocho judokas masculinos pertenecientes a la Selección Gallega Senior de Judo formaron voluntariamente la muestra para la realización de este estudio. Todos ellos leyeron y firmaron el correspondiente escrito. El procedimiento se realizó respetando los principios de la declaración de Helsinki (revisión de Hong-Kong, Septiembre 1989).

La muestra la constituyeron deportistas expertos (14,37 años de práctica), siendo varios de ellos medallistas nacionales e internacionales. Las características de la muestra se detallan en la tabla 1.

Los judocas competían habitualmente en las categorías de -60 kgs, -66 kgs, -81 kgs y +100 kgs y se encontraban participando en la Liga Autonómica Senior.

TABLA 1  
Caracterización de la muestra

	N	Media	Desv. Típica	Rango
Edad (años)	8	24	± 5,13	18 - 31
Peso (Kg)	8	87,65	± 24,13	65 - 132
Estatura (cm)	8	172,63	± 10,00	155 - 186
FC máx. (ppm)	8	189,96	± 7,02	180 - 197

### *Material y procedimiento*

La recogida de datos tuvo lugar en Abril del 2007 en las instalaciones de la Facultad de Ciencias del Deporte de la UDC (Universidade da Coruña). Se agrupó a los sujetos en parejas de igual categoría de competición. No se exigieron los requisitos propios de un pesaje oficial, a pesar de lo cual las diferencias de peso entre contendientes no fue, salvo en la categoría +100, superior a 5,5 kg.

La duración aproximada de la evaluación completa por pareja fue de 64 minutos (familiarización 10 minutos, calentamiento 22 minutos, batería de test y combate 32 minutos).

El enfrentamiento se realizó de acuerdo con el reglamento. El propósito del estudio fue valorar el esfuerzo completo del modelo competitivo, de ahí que únicamente se modificó, respecto a la reglamentación oficial, la existencia de puntuación límite, con el objeto de que todos los competidores desarrollaran el tiempo total de enfrentamiento.

Con cada componente de la pareja se llevaron a cabo la siguiente secuencia de valoraciones:

*1.ª. Medición de talla y peso*

Para ello se empleó una báscula Tefal de precisión de 100 gramos, así como un tallímetro con rango de medida 80 a 200 cm y precisión de 1 milímetro. Para evitar demoras, los deportistas fueron pesados y tallados con el judogui.

*2.ª. Familiarización con los materiales y protocolo de calentamiento*

Wilson y Murphy (1996) señalan que el nivel de familiarización tendrá influencia directa en la fiabilidad y validez de los datos del test isométrico, por ello se consideró su realización en el presente estudio.

Además, debido a las diferentes medidas de los segmentos corporales de los deportistas, se utilizó esta parte de la sesión para registrar en una planilla la longitud de la cadena empleada para mantener la angulación propuesta para cada ejercicio isométrico. Esta angulación se valoró mediante el goniómetro manual Jamar.

Finalizada la familiarización se efectuó un calentamiento específico que duraba 22 minutos.

*3.ª. Fases del test de evaluación física:*

Transcurridos 10 minutos tras la finalización del calentamiento se iniciaba la evaluación pretest. Cada una de las pruebas se realizaron de manera alternativa: primero la realizaba el judoca A y a continuación el judoca B. El material, procedimiento y orden desarrollado fueron los siguientes:

**a. Fuerza isométrica manual**

- Material: se empleó Dinamómetro Takei modelo 1875 con rango comprendido entre 7 y 99'5 kgs e incrementos de ½ kg.
- Procedimiento: cada sujeto adaptó el dinamómetro a la longitud de su mano y aplicó la mayor fuerza posible durante 5 segundos (seg.). El brazo que ejecuta la prueba está pegado al tronco y el codo extendido. La prueba se realiza una vez, alternativamente con la mano derecha (DD) e izquierda (DI).

**b. Salto con contramovimiento (CMJ)**

- Material: se empleó la plataforma de contacto Ergojump® conectada al MuscleLab 4000. El tratamiento de las señales se realizó con el software MuscleLab V7.18.

- Procedimiento: cada judoca efectúa tres saltos alternándose con su compañero en la realización de los mismos. Para el análisis se consideró el mejor de los tres intentos.
- c. Fuerza máxima isométrica en los ejercicios de remo en banco y press banca.
- Material: Para medir la musculatura extensora y flexora del miembro superior se utilizó un banco consistente en una tabla y dos caballetes regulables en altura; una barra olímpica estática, a la que se le había colocado una carga insuperable por los judocas de nuestro estudio (210 kgs). Mediante un mosquetón que pasaba por uno de los orificios de una célula de carga MuscleLab System, se fijo ésta a la barra estática (figura 1).

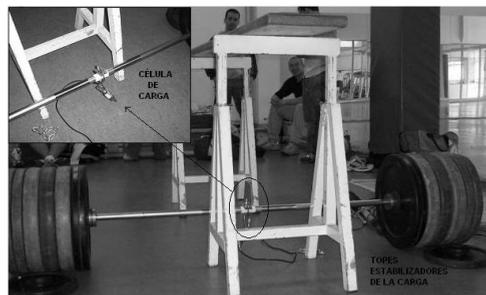


FIGURA 1. Barra olímpica con una carga de 210 kgs. y estabilizada con dos discos en cada extremo. La célula de carga se fija en el medio de la barra con un mosquetón.

Por el orificio libre de la célula de carga y con la ayuda de un mosquetón se hacía pasar una cadena de 1,5 m que se enganchaba a cada extremo de la *barra de aplicación de fuerza* (figura 2).



Figura 2. Colocación de la cadena en la célula de carga.

Se registró la fuerza de tracción que ejercían los sujetos sobre el captador de transductores extensiométricos (célula de carga) conectada al dispositivo Muscledab 4000. Este dispositivo permitía, entre otras funciones, la obtención de la curva fuerza-tiempo (F-t).

- Procedimiento: los sujetos generaban una contracción máxima voluntaria durante *10 seg.* Para el test de remo el sujeto se colocaba en tendido prono, manteniendo la frente y el pecho apoyados en la tabla durante toda la ejecución, las piernas extendidas a lo largo del banco. Por su parte, para el ejercicio de press de banca el sujeto se colocaba en tendido supino, con la espalda totalmente apoyada y no permitiéndose la pérdida de contacto con el banco de la espalda y los pies durante la ejecución. En ambos ejercicios la barra debería quedar sobre/bajo la vertical de la parte media de los músculos pectorales en su inserción torácica, y desde esta posición generar la mayor tensión posible sobre la barra con una angulación de los codos de  $90^\circ$ , la cual se ajustaba con la ayuda de un goniómetro manual (figura 3).



FIGURA 3. Medición del ángulo de  $90^\circ$  con el goniómetro en el test de press de banca

Las instrucciones que se le dan a los sujetos fueron: “aplica tensión tan fuerte y rápido como puedas”. Dichas instrucciones se ajustan a las recomendaciones de Wilson y Murphy (1996) para obtener la producción de fuerza máxima y los valores máximos de la RFD (Rate of Force Development) ó rango de desarrollo de fuerza.

Estos autores sugieren también que el nivel de pretensión muscular debe de ser mínimo, por lo que dos colaboradores mantenían agarrada la *barra de aplicación de fuerza* por los extremos, y se solicitaba al sujeto que realizaba la prueba que generase un nivel de pretensión muscular ligero (figura 4).



Figura 4. Test de fuerza máxima isométrica en remo tumbado (90°) y press de banca (90°)

**d. Fuerza isométrica en squat 160° (Hornillos, 2000)**

- **Material:** se empleó la dinamometría isométrica según la propuesta de Hornillos (2000). La única diferencia se halla en la unión del extremo inferior de la célula de carga a un dinamómetro lumbar Takei T.K.K. 5102 (figura 5).



Figura 5. Célula de carga unida al Dinamómetro lumbar Takei T.K.K. 5102 para la realización del squat isométrico 160°

- **Procedimiento:** El judoca debía ejecutar una contracción máxima isométrica durante 10 seg. La espalda se mantenía apoyada en la pared, de este modo el deportista tracciona sólo con los miembros inferiores y no con los músculos extensores de la espalda, salvaguardando además la integridad de la columna vertebral. El sujeto evaluado se sitúa sobre el dinamómetro y se coloca la barra conectada a la célula de carga sobre los hombros, que se sitúan pegados a la pared. Se regula la cadena metálica de modo que el sujeto mantenga una flexión de rodillas de 160 °. Tras adoptar esa posición el examinador insta al sujeto a intentar extender sus piernas aplicando la máxima fuerza posible y sin separar la espalda de la pared durante un tiempo de 10 seg. Las

características en cuanto a las instrucciones que recibe el sujeto y la pretensión mínima requerida son idénticas a las del test de los miembros superiores (figura 6).



Figura 6. Test de fuerza máxima isométrica en squat 160°.

#### e. Medición de lactacidemia

- **Material:** se utilizó el analizador de lactato portátil Lactate Scout, el cual emplea tiras reactivas y un sistema de Biosensor enzimático-amperométrico como elemento de medición. El rango de medición va desde 0,5 hasta 25,0 mmol/l y como volumen de sangre precisa sólo 0,5 microlitros para su proceso analítico. Se han realizado diferentes estudios comparativos, encontrándose correlaciones por encima de 0,95 en los niveles más habituales de análisis de ácido láctico. El tiempo que precisa para dar el resultado es de sólo 15 segundos.
- **Procedimiento:** 3 minutos tras la finalización de las pruebas mecánicas se extraía una muestra de 0,5 microlitros de sangre con el pinchazo de una lanceta en el lóbulo de la oreja (figura 7). La sangre extraída era colocada en la tira reactiva que se introducía en el analizador para obtener la medición de la concentración de ácido láctico en sangre.



Figura 7. Extracción de la muestra de sangre del lóbulo de la oreja para el análisis de lactato.

**f. Medición de la frecuencia cardíaca durante el combate**

- **Material:** la frecuencia cardíaca durante el enfrentamiento se registró en intervalos de 5 seg. con un monitor de ritmo cardíaco Polar S625X. El monitor cardíaco fue asegurado en el cinturón del judoca para evitar posibles roces e impactos (figura 8).



Figura 8. Colocación del monitor de ritmo cardíaco.

- **Procedimiento:** los observadores que acompañaban a los judocas eran los encargados de poner en marcha el pulsómetro durante el combate, y pararlo guardando los archivos para ser analizados posteriormente con el software Polar Precision Performance.

Una vez finalizado el combate, y tras 1 min de recuperación se realizaba un nuevo registro de lactacidemia. A continuación se procedía a la repetición de la valoración de fuerza en el orden descrito.

Finalmente, transcurrida una semana se llevó a cabo la medición de la frecuencia cardíaca máxima, con objeto de expresar los valores de la Fc en porcentaje de la máxima. Los judocas realizaron una prueba incremental y máxima: la “course navette” adaptada por Thomas et al. (1989b).

*Variables dependientes consideradas*

- **Fuerza máxima isométrica manual:**
  - DD/DI (kg): dinamometría de la mano derecha/izquierda en valor absoluto.
  - DDR/DIR (kg·kg<sup>-1</sup>): dinamometría de la mano derecha /izquierda en relación al peso corporal.
- **Fuerza explosivo-elástica de los miembros inferiores:**
  - CMJ (cm): altura alcanzada del centro de gravedad en el salto vertical con contramovimiento.

- Fuerza isométrica desarrollada en los ejercicios de press de banca, remo en banco y sentadilla. En estos ejercicios se estudió:
  - PFI (N) y PFIR (N/kg): pico máximo de fuerza isométrica en valor absoluto y relativo. Máxima fuerza desarrollada en una contracción isométrica.
  - MFI (N) y MFIR (N/kg): media de la fuerza isométrica en valor absoluto y relativo. Valor medio de la fuerza isométrica desarrollada durante los 10 seg. de contracción.
  - TPFI (s): tiempo transcurrido hasta alcanzar el pico máximo de fuerza isométrica.
  - RFD (N/s): rate of force development ó índice de manifestación de fuerza isométrica. Producción isométrica de la fuerza en unidad de tiempo. (González y Ribas, 2002).
  - DTFI (N): desviación típica de la fuerza isométrica. Desviación estándar de los valores durante los 10 seg. de contracción.
  - Impulso mecánico (N·s): área debajo de la curva F-t correspondiente a los 10 seg. de contracción.
- Lactacidemia:
  - [LA] (mmol/L): concentración de ácido láctico en sangre antes y después del combate.
- Frecuencia cardíaca:
  - Fcmc (ppm): frecuencia cardíaca media en combate.
  - %Fcmáx (%): porcentaje que representa la Fcmc respecto a la frecuencia cardíaca máxima.

#### *Tratamiento estadístico*

El tratamiento estadístico se realizó mediante el paquete estadístico SPSS 14.0 para Windows. En el estudio descriptivo de los resultados se contemplaron media, desviación típica y rangos (máximo y mínimo). La normalidad de cada una de las variables analizadas se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba t de Student para muestras relacionadas si las variables presentaban una distribución normal, en caso contrario se empleó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. La significación estadística se estableció en  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

*Parámetros metabólicos*

Los resultados obtenidos durante la evaluación de los parámetros metabólicos se presentan en la tabla 2.

TABLA 2

Medición de la  $FC_{mc}$  y la [LA] precombate y postcombate (dif. sig: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

	N	Media	Desv. Típica (dt)	Rango
$FC_{mc}$ (ppm)	8	175,89	$\pm 5,69$	169 - 184
$FC_{m\acute{a}x}$ (ppm)	8	189,96	$\pm 7,01$	180 - 197
% $FC_{m\acute{a}x}$	8	92,65	$\pm 3,26$	88 - 98
[LA] Precombate (mmol/L)	8	5,39	$\pm 1,91$	3 - 8
[LA] Postcombate (mmol/L)	8	13,75	$\pm 3,09$	10 - 19
Dif. [LA] Post - Pre	8	8,36**	$\pm 2,95$	6 - 11

*Parámetros mecánicos**- CMJ:*

Los valores obtenidos por los judocas de nuestro estudio en el test precombate y postcombate en relación al salto vertical con contramovimiento (CMJ) se muestran en la tabla 3.

TABLA 3

Salto vertical con contramovimiento (CMJ) (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ )

		N	Media	dt	Rango
CMJ (cm)	Pre	7	39,31	$\pm 4,08$	33 - 46
	Post	7	39,96	$\pm 5,06$	31 - 46
Post vs Pre (%)		7	101,67	$\pm 8,37$	86 - 109

*- Dinamometría manual:*

En la tabla 4 se recogen los valores absolutos y relativos de la prueba isométrica de dinamometría manual.

TABLA 4

Dinamometría isométrica de la mano derecha e izquierda (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ;  
\*\* $p \leq 0,001$ )

VALORES ABSOLUTOS (kg)	VALORES RELATIVOS (kg.kg corporal <sup>-1</sup> )			N	DDR (media±dt)	DIR (media±dt)	
	N	DD (media±dt)	DI (media±dt)				
Pre	8	52,75 ± 10,39	56,40 ± 10,88	Pre	8	0,62 ± 0,12	0,66 ± 0,09
Post	8	50,84 ± 9,71	52,96 ± 10,42	Post	8	0,59 ± 0,09	0,62 ± 0,07
Post vs Pre (%)	8	96,89 ± 8,78	94,53 ± 10,16				

- Test isométrico de press banca 90°, remo 90° y sentadilla 160°:

Los valores medios absolutos y relativos al peso corporal de los test isométricos se presentan en las tablas 5 y 6.

TABLA 5

Valores medios de PFI, MFI, % de MFI respecto a PFI y % que representa el PFI y la MFI postcombate respecto a los valores precombate en los tres ejercicios isométricos (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

EJERCICIOS ISOMÉTRICOS						
		N	Media±dt PRESS	Media±dt REMO	Media±dt SENTADILLA	
PFI (N)	Pre	8	1265,75 ± 254,68	1140,89 ± 170,25	2943,75 ± 488,53	
	Post	8	1187,30 ± 245,05*	1067,73 ± 132,59	2902,88 ± 487,24	
MFI (N)	Pre	8	1093,58 ± 233,05	986,86 ± 179,82	2252,88 ± 411,81	
	Post	8	1004,67 ± 255,64*	862,09 ± 196,94	2271,25 ± 664,12	
MFI vs PFI (%)	Pre	8	86,30 ± 2,98	86,28 ± 4,47	76,38 ± 3,41	
	Post	8	84,07 ± 6,19	80,10 ± 12,38	77,01 ± 10,78	
PFI Post vs PFI Pre (%)		8	93,93 ± 6,20	94,30 ± 9,64	99,37 ± 11,91	
MFI Post vs MFI Pre (%)		8	91,60 ± 9,47	87,94 ± 16,99	101,15 ± 22,43	

TABLA 6

Valores medios de PFIR y MFIR (relativos al peso corporal) de los ejercicios isométricos de press banca, remo y sentadilla (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

EJERCICIOS ISOMÉTRICOS					
VALORES RELATIVOS AL PESO CORPORAL					
		N	Media±dt PRESS	Media±dt REMO	Media±dt SENTADILLA
PFIR (N/Kg)	Pre	8	14,79 ± 2,10	13,41 ± 1,88	34,78 ± 7,13
	Post	8	13,94 ± 2,38*	12,67 ± 2,35	34,18 ± 6,18
MFIR (N/Kg)	Pre	8	12,80 ± 2,06	11,55 ± 1,54	26,62 ± 5,93
	Post	8	11,79 ± 2,49*	10,29 ± 2,88	26,23 ± 5,32

En las tablas 7, 8 y 9 se recogen los parámetros que están definidos por la relación F-t (TPFI y RFD) y la cantidad de fuerza realizada por los judocas (el impulso mecánico) en los ejercicios isométricos de press de banca 90º, remo 90º y sentadilla 160º.

TABLA 7

TPFI, RFD e Impulso mecánico en press de banca isométrico en pre y postcombate (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

		N	Media ± dt	Rango
TPFI press (seg.)	Pre	8	3,83 ± 1,42	2 - 6
	Post	8	4,77 ± 2,22	2 - 9
RFD press (N/s)	Pre	8	100,24 ± 14,36	82 - 132
	Post	8	75,66 ± 38,29	2 - 115
Impulso mecánico press (N·s)	Pre	8	4674,63 ± 4257,65	240 - 9713
	Post	8	6286,50 ± 3821,93	484 - 9587

TABLA 8

TPFI, RFD e Impulso mecánico en remo isométrico en pre y postcombate (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

		N	Media $\pm$ dt	Rango
TPFI remo (seg.)	Pre	8	3,70 $\pm$ 2,88	0,5 - 8
	Post	8	4,22 $\pm$ 1,97	1 - 7
RFD remo (N/s)	Pre	8	59,98 $\pm$ 52,57	(-18) - 126
	Post	8	66,99 $\pm$ 41,70	1 - 119
Impulso mecánico remo (N·s)	Pre	8	7359,00 $\pm$ 3181,56	1097 - 9636
	Post	8	7362,88 $\pm$ 2635,99	1912 - 9640

TABLA 9

TPFI, RFD e Impulso mecánico en sentadilla isométrica en pre y postcombate (dif. sig. respecto al pretest: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ).

		N	Media $\pm$ dt	Rango
TPFI sentadilla (seg.)	Pre	8	6,82 $\pm$ 2,58	3 - 10
	Post	8	5,85 $\pm$ 1,95	3 - 10
RFD sentadilla (N/s)	Pre	8	259,36 $\pm$ 54,93	185 - 340
	Post	8	198,17 $\pm$ 120,96	(-24) - 348
Impulso mecánico sentadilla (N·s)	Pre	8	5006,13 $\pm$ 2286,96	2126 - 8455
	Post	8	3939,13 $\pm$ 2788,52	364 - 9187

## DISCUSIÓN

### *Frecuencia cardíaca durante el combate*

La Fc es un indicador de la carga interna muy empleado en judo, por su facilidad de registro, aunque su uso en las competiciones oficiales está prohibido. Por ello, son importantes las mediciones de este parámetro en situaciones lo más semejantes posibles a las de la competición. El promedio de  $F_{c_{mc}}$  fue de  $175,89 \pm 5,69$  ppm, lo que supuso un  $92,65 \pm 3,26$  % de la  $F_{c_{máx}}$ . Estos datos concuerdan con los aportados por otros autores (Ahmaidi et al., 1997; Thomas, Goubault y Beau 1990; Iglesias et al., 2002, 2003; Bonitch, 2006) que sitúan la Fc durante el combate de judo en torno al 85% - 90% de la frecuencia cardíaca máxima.

En muchos trabajos que caracterizan el ritmo cardíaco durante el combate de judo se expresa la Fc en términos absolutos (Sanchís et al. 1991; Callister et

al., 1991; Houvenaeghel et al., 2005; Bonitch et al., 2005), lo que, dada la variabilidad individual de este parámetro, dificulta la comparación entre estudios. Iglesias et al. (2003) señalan la necesidad de realizar el análisis de este indicador de la carga interna en secuencias temporales, debido a que los valores promedio recogen los registros correspondientes a los primeros instantes de la actividad donde el ritmo cardíaco se encuentra en fase de aceleración. En otro trabajo Iglesias et al. (2002) concluyen que los valores de Fc promedio tras el análisis de 10 combates, reflejaron una aceleración significativa hasta el tercer minuto de combate, y un posterior mantenimiento en valores próximos al 92 y 90% de la  $F_{c_{máx}}$  y  $F_{c_{res}}$ , respectivamente.

Bosco et al. (1992, citado en Bonitch 2006) en un estudio que relacionan la contribución de los sistemas metabólicos que intervienen en las distintas velocidades con los índices fisiológicos, afirma que una frecuencia cardíaca entre 150 y 200 ppm se encuentra ubicada entre la zona mixta ó zona de  $VO_{2máx}$  y la zona anaeróbica láctica.

El carácter intermitente de los esfuerzos, y los elevados valores de Fc registrados durante los enfrentamientos, nos informa de las elevadas exigencias del componente cardiovascular en la competición de judo.

Algunos autores (Weltman et al., 1990; Arruza, 1996; Iglesias y Rodríguez, 1995, 1999) determinan que la naturaleza, la duración y la intensidad del esfuerzo influyen en la respuesta de la Fc a la hora de realizar una actividad. Iglesias et al. (2003) señala que la estimación del  $VO_{2máx}$  a partir de valores de Fc precisa del análisis de la dependencia entre estos parámetros a partir de la situación específica de lucha.

Gaitanos et al. (1993) midieron los cambios en el músculo de diferentes parámetros relacionados con el metabolismo energético (ATP, PC, lactato y piruvato) durante un test de 10 x 6 seg. de sprint máximo en cicloergómetro y 30 seg. de recuperación entre esfuerzos. Estos autores estimaron que durante el primer sprint la glucólisis anaeróbica contribuía un 50%, y que en los últimos sprints, esta contribución descendía hasta el 20% de la energía total, sugiriendo el protagonismo que cobraba el metabolismo aeróbico en los últimos sprints.

En este sentido, el enfrentamiento en judo está compuesto por esfuerzos intermitentes e intensivos de entre 15 y 30 segundos, que se alternan con pausas de entre 10 y 15 seg. (Castarlenas y Planas, 1997). Para ser eficaz durante las secuencias de acción el judoca debe poseer un metabolismo anaeróbico muy desarrollado, pero el escaso tiempo de recuperación entre esfuerzos es insuficiente para la resíntesis completa de los sustratos energéticos. Estas secuencias sucesivas de déficit y deuda de  $O_2$  se distribuyen

irregularmente hasta los 7 minutos que puede durar el enfrentamiento, otorgando relevancia al metabolismo aeróbico.

Hay que tener en cuenta que la Fc es un parámetro altamente influenciado por factores motivacionales, térmicos, nerviosos, etc. Por lo que su relación como indicador de la intensidad del ejercicio pierde fiabilidad especialmente en esfuerzos intensos como el judo (López y Naclerio Ayllón, 2002).

### *Lactacidemia*

Como ya se ha comentado anteriormente, al realizarse esfuerzos muy intensos durante el combate de judo, y los intervalos de descanso no ser lo suficientemente largos, la resíntesis de ATP por la vía oxidativa es inviable, y los esfuerzos se hacen dependientes de la vía glucolítica (Tabata et al. 1997).

En nuestro estudio los judocas obtuvieron unos niveles de lactacidemia de  $13,75 \pm 3,09$  mmol/L, lo que apunta una importante utilización de la glucólisis anaeróbica. Además, la diferencia precombate y postcombate en la [LA] en sangre fue muy significativa ( $p < 0,001$ ).

Los valores obtenidos en nuestro trabajo concuerdan con los encontrados en la bibliografía (Gorostiaga, 1988; Bracht, Moreira y Umeda, 1982; Thomas, Goubault y Beau 1990; Franchini et al., 1998; Degoutte, Jouanel y Filaire., 2003), que sitúan las concentraciones de ácido láctico postcombate entre 12 y 18 mmol/L.

Por su parte, Sikorski et al. (1987) en su estudio con judocas polacos en la Matsumae Cup, hallaron valores de lactacidemia de 10.3, 13.3, 15.9 y 17.2 mmol/L en cuatro combates sucesivos, mostrando una elevación progresiva a lo largo de la competición, atribuible a un aclaramiento insuficiente del lactato al comienzo de cada enfrentamiento.

### *CMJ*

Los test de saltabilidad y de ergosalto no se corresponden al patrón motor de manifestación específica de la fuerza en los miembros inferiores, pero la imposibilidad de evaluar cuantitativamente la fuerza explosiva del miembro inferior con movimientos específicos del combate, hace necesario utilizar una prueba que aunque inespecífica, permita determinar el comportamiento de estas variables y monitorizar los efectos del combate.

El salto vertical es utilizado frecuentemente como un test de campo para medir la potencia. Dowling y Vamos (1993; citado en González Badillo y Ribas, 2002) describen una correlación importante con la potencia positiva máxima ( $r = 0,928$ ). Por ello, a pesar de la inespecificidad de la prueba, lo consideramos

un buen test de campo para medir y comparar los efectos agudos del enfrentamiento en judo sobre la capacidad de generar fuerza por unidad de tiempo en los miembros inferiores.

Se ha descrito en la literatura especializada, que las disciplinas deportivas denominadas “de potencia” presentan valores de fuerza explosiva superiores a 40 cm, mientras que las disciplinas “de resistencia” pueden mostrar valores inferiores a los 30 cm (González Badillo y Gorostiaga, 1995). En los datos aportados sobre los deportes de lucha y algunos deportes de equipo los valores se sitúan entre 30 y 40 cm (Bosco, 1991; citado en Mansilla et al., 1999).

Los resultados de CMJ obtenidos por los judocas de nuestro estudio son superiores que los 36,49 cm y los 36,36 cm alcanzados, por judocas y luchadores respectivamente, en el trabajo realizado por Mansilla et al. (1999). Se han encontrado en la bibliografía otros datos sobre la capacidad de salto en judocas, pero la comparación se hace difícil debido a la utilización de diferentes métodos para testar esta capacidad. Tumilty y Hann (1986) presenta valores de 52 cm para judocas de la selección nacional australiana, Thomas et al. (1989a) en judocas canadienses medallistas nacionales describe valores de 55 cm; Kim et al. (1996, citado en Rashid, Tan y Chuan, 2002) obtiene 58 cm en judocas de la selección coreana y Claessens et al. (1986) aporta, en su trabajo con la selección belga de judo, valores de 52 cm. En alguno de estos trabajos no se empleó el CMJ como medición, sino el test de salto Detent o Sargent.

Son escasos los trabajos que han estudiado la respuesta de la capacidad de salto antes y después del combate de judo. Iglesias et al. (2003) en su trabajo sobre los efectos agudos del combate de judo, realizaron el test de CMJA (salto con contramovimiento y acción de brazos) y el de CMJPc (CMJ con sobrecarga equivalente a la categoría de la competición) y comprobaron que los valores tras el enfrentamiento eran muy similares al pretest.

En otro estudio en el que realizan mediciones pre y postcombate en 5 enfrentamientos de lucha, Kraemer et al. (2001) testan la capacidad de salto vertical en plataforma de fuerza. Estos autores encuentran que los luchadores aumentan su capacidad después de todos los enfrentamientos, excepto en el 3º. Los datos obtenidos en nuestro estudio, y los existentes en las bibliografía, reflejan que la capacidad de generar fuerza explosiva en CMJ de los judocas no se ve afectada por el transcurso del combate. Esto puede ser debido a que las acciones explosivas a lo largo del enfrentamiento se van sucediendo de forma intermitente, y con suficiente tiempo para que se produzca una recuperación de los sustratos energéticos que requieren esta manifestación de la fuerza. Además la mejora del rendimiento postcombate puede ser debido a un efecto potenciador de la preactivación nerviosa de los mecanismos reguladores de la producción de fuerza e incluso gracias al efecto sinergista de factores

hormonales. En este sentido, Sale (2002) añade que después del estímulo desencadenante de la potenciación, comienza a coexistir la potenciación y la fatiga, pero la fatiga se disipa más rápidamente que la potenciación, es decir el estado de fatiga se revierte antes de que la potenciación decaiga, excediendo de este modo el rendimiento contráctil obtenido previamente.

### *Dinamometría manual*

Borges (1989) señala que no existe correlación entre la fuerza de prensión manual y el resultado en el combate de judo. Esto es así, porque la situación de combate es de carácter complejo, y no puede ser definida por una sola variable. El mantenimiento del agarre en judo no sólo depende de la fuerza empleada para mantenerlo, también de patrones de conducta motriz específicos que se adquieren por aprendizaje. Además, la fuerza para controlar al adversario es generada por un conjunto de acciones musculares que no se localizan exclusivamente en la fuerza de prensión manual. Lo que sí es cierto, es que la capacidad de mantener la tensión en los flexores de los dedos es fundamental, para que el resto de la musculatura implicada en la conducta de agarre, pueda actuar.

Los judocas de nuestro estudio han obtenido unos resultados en la dinamometría manual derecha (DD) de  $52,75 \pm 10,39$  kg, y en la izquierda (DI) de  $56,4 \pm 10,88$  kg. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Thomas et al., (1989a) en sus judocas de la selección nacional canadiense (DD=56,4 kg; DI= 55,7 kg), aunque éstos tenían menos desequilibrio de fuerza entre las dos manos. También concuerdan con los aportados por Little (1991), donde sus judocas canadienses de élite expresan en el ejercicio de dinamometría manual 51,29 y 55,83 kg en las clases junior y senior respectivamente.

Mansilla et al. (1999) encuentra valores de fuerza de agarre un poco inferiores a los conseguidos por nuestros sujetos (DD= 53,54 kg; DI= 51,25 kg). En cambio, en los valores relativos al peso corporal, los valores aportados por esta autora (DDR= 0,71 kg/kg; DIR= 0,68 $\pm$ 0,09 kg/kg) son superiores a los reflejados en nuestro estudio (DDR= 0,62 $\pm$ 0,12 kg/kg; DIR= 0,66 kg/kg). Otros autores como Franchini et al. (1997, 2004) y Claessens et al. (1985) aportan valores de dinamometría manual superiores a los obtenidos por nuestros judocas, alcanzando en el trabajo realizado por Claessens et al. (1985) valores de 64.9 kg y 59.7 kg, para la mano derecha e izquierda respectivamente.

Son muy escasos los trabajos que describan los efectos del enfrentamiento sobre la acción de prensión manual en los deportes de lucha con agarre. Iglesias et al. (2003) diseñan un estudio con dos enfrentamientos, encontrando disminuciones de la fuerza de agarre en ambas manos de más del 5 % en el primer combate, y por encima del 15 % en el segundo de los enfrentamientos.

En nuestro estudio solo se comprueban los efectos agudos de un combate de judo, y se obtiene una disminución postcombate de 3,11% para la mano derecha y 5,47 % para la mano izquierda, no alcanzando diferencia significativa con respecto a la valoración pretest. Si tenemos en cuenta los estudios en deportes de lucha (Kraemer et al., 2001; Iglesias et al., 2003) que valoran el efecto de enfrentamientos sucesivos sobre el rendimiento en la dinamometría manual, cabría esperar un aumento significativo de la fatiga en los judocas de nuestro estudio si hubieran realizado más de un combate.

Es importante señalar que la mano que tenía más fuerza al principio del enfrentamiento sufrió una fatiga mayor después del combate. Esto podría indicar que se produjo una mayor utilización en régimen isométrico de la mano izquierda de los judocas de nuestro estudio, y que éstos tienen una posición relativa de combate bastante definida.

Kraemer et al. (2001) estudió la evolución de prensión manual a lo largo de un torneo de lucha. Estos autores observaron que se producía una reducción en la fuerza de agarre postcombate. Los valores precombate de los sucesivos enfrentamientos eran menores que la medición basal y la realizada en el precombate anterior.

Estos datos aportados por diferentes estudios confirman la importancia del trabajo isométrico que se desarrolla en la musculatura implicada en el agarre. Además, algunos autores (Barnes, 1980; Nilsson et al., 2002) sugieren que contracciones isométricas superiores al 50% de la Contracción Máxima Voluntaria (MVC) producen una oclusión de la circulación sanguínea de los músculos del antebrazo durante la acción de lucha y, la utilización por parte de esos músculos de la vía anaeróbica para obtener energía, debido a la imposibilidad de obtener suficiente O<sub>2</sub> de la sangre. Es evidente que en judo se produce una MVC superior al 50% a lo largo de todo el combate, lo que podría derivar en la aparición de fatiga muscular postcombate.

#### *Ejercicios isométricos de press de banca, remo y sentadilla*

La evaluación muscular isométrica consiste en una contracción máxima voluntaria realizada en un ángulo articular específico contra una resistencia inamovible con un medidor de tensión, cable tensiométrico, plataforma de fuerzas o célula de carga, los cuales traducen las medidas de la fuerza aplicada (Wilson y Murphy, 1996).

Para que la evaluación isométrica sea útil como predictor, su aplicación debe hacerse en el ángulo en el que se produce el pico de fuerza en el gesto específico (Sale, 1991; citado en González Badillo y Ribas, 2002). En nuestro estudio elegimos la angulación de 90º para los ejercicios de press de banca y

remo en banco, porque consideramos que es aproximadamente el ángulo empleado por los judocas en el mantenimiento de la postura de agarre. Además algunos autores consideran que 90°-100° es la angulación donde se desarrolla el pico de la curva de fuerza para las mediciones en press de banca (Murphy et al., 1995), reduciendo así la variabilidad de la fuerza de rendimiento asociada a pequeños errores en la determinación del ángulo. En la elección del ángulo para el ejercicio de squat isométrico 160°, se siguió la propuesta de Hornillos (2000), que establece en 160° la angulación de la rodilla. Consideramos además que a lo largo del combate de judo puede haber gran variabilidad en la angulación de la rodilla de los judocas, pero que debido a la necesidad de estabilidad de éstos existirá siempre una ligera flexión. De todas formas, se hace necesario más estudios que definan cual es el rango de angulación habitual en la posición adoptada en judo.

No se ha encontrado en la bibliografía antecedentes de estudios que realicen un análisis de la fuerza isométrica con un diseño similar al nuestro para poder comparar nuestros resultados. En cambio, Kraemer et al. (2001) en su investigación con luchadores americanos, realizan mediciones de fuerza isométrica e isokinética pre y postcombate. Las mediciones isométricas son realizadas en tres ejercicios, uno de dinamometría manual (ya discutido anteriormente), otro de fuerza isométrica de cadera-espalda y finalmente, uno específico de lucha llamado "Bear Hug" (BH) o abrazo del oso. Se obtuvo una disminución del rendimiento en el "BH" tras combate en tres de cinco enfrentamientos, siendo significativas esta disminución en los combates 4 y 5. En cuanto a la prueba isométrica de cadera-espalda, también obtuvieron una disminución de rendimiento postcombate, siendo significativa sólo en el primer combate.

González Badillo y Ribas (2002) analizan las relaciones entre la producción de fuerza isométrica y la producción dinámica. Estos autores presentan varios estudios en los que la fuerza isométrica máxima no correlaciona con el 1RM medido en el mismo ejercicio, el salto vertical, la velocidad en 30 m, etc. Quizá, esto sea debido a diferencias estructurales, neurales y mecánicas entre estos dos tipos de contracciones. En nuestro estudio se han considerado las contracciones isométricas por ser específicas en judo (mantenimiento de la postura y agarre).

Por todo ello, se considera que la comparación con las pruebas isocinéticas del estudio de Kraemer et al. (2001) y otros estudios que utilizan pruebas dinámicas es inviable, a pesar de tener un diseño de medición pre y postcombate similar al de este trabajo.

Se realizará por ello, la discusión de la relación entre los resultados obtenidos en los tres ejercicios isométricos que constituían la evaluación y lo que hemos encontrado en la literatura acerca de estas relaciones y resultados.

En la evaluación llevada a cabo en nuestro estudio, se observa un descenso de más del 5% en la capacidad de generar fuerza isométrica en los ejercicios de remo y press banca, siendo en éste último significativa ( $p < 0,05$ ). En cambio en el squat 160º, la fatiga no llegó al 1%.

Tras los resultados aportados es evidente la importancia de la fuerza isométrica (FI) del miembro superior en judo. En cambio, no hemos obtenido una diferencia pretest/postest importante en el squat isométrico. Por lo que se podría inferir que la FI del miembro inferior no se manifiesta de forma relevante en judo. En contra de lo indicado por Frings-Dresen, Etteradossi y Favre-Juvin (1987), quienes sugieren que la producción de fuerza en régimen estático de los miembros inferiores es una importante cualidad en los judocas.

Los valores porcentuales del postest respecto al pretest nos indican que donde menos fatiga se produjo fue en la sentadilla, que incluso mejoró la producción de la MFI tras el combate. Como ya se comentó anteriormente para el CMJ, este incremento en el rendimiento podría ser indicativo de la preactivación nerviosa y de los efectos sinérgicos hormonales, provocados por la situación de lucha.

Kraemer et al. (2001) señalan, al respecto, que existen valores más altos de testosterona, adrenalina y noradrenalina a la finalización de cada combate durante el transcurso de un torneo de lucha, lo que podría influir en la manifestación explosiva de la fuerza.

Los judocas de nuestro estudio obtuvieron valores de MFI altos ( $\approx 86\%$ ) en press y remo con respecto al PFI en el pretest. En cambio la MFI, que representaría la resistencia isométrica manifestada durante los 10 seg. que duraba el test, en sentadilla 160º sólo representaba el 76,38% del PFI. Estos datos reflejan las características, en cuanto a contracción muscular isométrica, que definen a los judocas de la muestra. Sería necesario ampliar la muestra de estudio, así como elevar su nivel para comprobar si se podrían generalizar estas características a la población de judocas de élite.

Teniendo en cuenta la MFI respecto al PFI obtenida tras el enfrentamiento se observa que la MFI en press de banca postcombate representa el  $84,07 \pm 6,19$  % del PFI postcombate, es decir disminuye un 2,27 % respecto a los obtenidos en el pretest. Pero más importante aún es el 6 % de fatiga en la MFI vs PFI (precombate=  $86,28 \pm 4,47$  %; postcombate=  $80,10 \pm 12,38$  %) experimentada por los judocas en el remo isométrico. En cambio, la MFI respecto a la PFI de

sentadilla apenas experimenta variación si comparamos los valores antes y después del combate.

Podemos decir entonces que el combate de judo ha provocado una fatiga superior en la musculatura flexora y extensora del miembro superior en comparación con la musculatura encargada de la extensión del miembro inferior.

Asimismo, podría deducirse que existe una mayor actividad en la flexión de la musculatura del miembro superior que en la extensión.

Sería interesante relacionar estas variables cuantitativas con un análisis observacional de las conductas realizadas por los judocas en el combate, y comprobar si esta mayor implicación de la musculatura flexora es consecuencia del mantenimiento del agarre con la intención de aproximar al adversario. Esta situación de proximidad propicia la posibilidad de ejecución técnica, reduciendo el espacio entre los adversarios, y permite eludir la posibilidad de una sanción por actitud defensiva.

Por otro lado, TPFi en el ejercicio de sentadilla fue mayor que en los ejercicios de press y remo, tanto en el pretest:  $6,82 \pm 2,58$  seg. >  $3,83 \pm 1,42$  seg. >  $3,70 \pm 2,88$  seg.; como en el posttest:  $5,85 \pm 1,95$  seg. >  $4,77 \pm 2,22$  seg. >  $4,22 \pm 1,97$  seg. Aunque si observamos la evolución de los TPFi tras combate, podemos observar como los judocas de la selección gallega de judo mejoran su rendimiento TPFi en sentadilla, en cambio empeoran en press y remo isométricos.

Estos datos reflejan como la fatiga tras la realización de un combate de judo provoca un aumento en el tiempo en alcanzar el PFI en el miembro superior. El descenso de la MFI y el aumento de tiempo en alcanzar el PFI reflejan la situación de fatiga en la que se encuentran los sujetos del estudio.

El índice de manifestación de fuerza isométrica o rango de desarrollo de fuerza (RFD) representa la habilidad individual de desarrollar fuerza rápidamente (Wilson y Murphy, 1996). Existe controversia en la literatura sobre la fiabilidad del uso del RFD en régimen isométrico para caracterizar a deportistas. González Badillo y Ribas (2002) señalan que la medición de este parámetro es la menos fiable de todas las mediciones isométricas y que el aumento de tiempo de medición no parece modificar la fiabilidad. De acuerdo con esto, Prior et al. (citados en Wilson y Murphy, 1996) sugieren que puede existir un efecto inhibitorio en los test isométricos, puesto que un rápido desarrollo de la fuerza muscular en una actividad isométrica puede resultar inconfortable.

Existen problemas metodológicos a la hora de analizar el RFD, ya que algunos sujetos del estudio presentan algún tramo negativo en la pendiente de su curva isométrica, lo que puede modificar los valores medios. Por ello, no consideramos posible discutir los resultados referentes a esta variable.

Por otro lado, González Badillo y Ribas (2002) afirman que cuanto mayor es la pretensión inicial, menor es el RFD, y que si no se controla para que se mantenga en las mismas condiciones podría hacer variar los resultados. Además, estos autores añaden que la experiencia y el tipo de instrucciones también pueden modificar los resultados en el RFD. Todas estas cuestiones deberían ser contempladas en futuros trabajos.

## REFERENCIAS

- AHMAIDI, S.; CALMET, S.; PORTERO, P.; LANTZ, D.; VAT, W. Y LIBERT, J. (1997). Bioénergétique et échanges cardiorespiratoires lors de deux situations de combat en judo et en kendo. *STAPS*, 44, 7-16.
- AMTMANN, J. Y COTTON, A. (2005). Strength and conditioning for judo. *Nacional Strength and Conditioning Association*, 27 (2), 26 - 31
- ARRUZA, J. A. (1991). Judo: Preparación Física específica. *Apuntes de las Jornadas de Judo*. Diputación de A Coruña. A Coruña, (paper).
- ARRUZA, J.; ALZATE, R. Y VALENCIA, J. (1996). Esfuerzo percibido y frecuencia cardiaca: el control de la intensidad de los esfuerzos en el entrenamiento de judo. *Revista de Psicología del Deporte*, 9, 29-40.
- BARNES, W.S. (1980). The relationship between maximum isometric strength and intra-muscular circulatory occlusion. *Ergonomics*, 23, 351-357.
- BONITCH, J. (2006). Evolución de la fuerza muscular relacionada con la producción y aclaramiento de lactato en sucesivos combates de judo. Tesis doctoral. Granada. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. 166.
- BONITCH, J.; RAMIREZ, J.; FEMIA, P.; FERICHE, B. Y PADIAL, P. (2005). Validating the relation between heart rate and perceived exertion in a judo competition. *Medicina dello Sport*, 58, 23-8.
- BORGES, O.A. (1989). Estudo sobre a eficacia do "Kumi-Kata" em lutes de judo. Dissertação (Mestrado) da escola de Educação Física da Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo.
- BORKOWSKI, L.; FAFF, J. Y STARCZEWSKA-CZAPOWSKA, J. (2001) Evaluation of the aerobic and anaerobic fitness in judoists from the Polish national team. *Biology of Sports*, 18 (2), 107-117.
- BRACHT, V.; MOREIRA, N. Y UMEDA, O. (1982). Efecto de lutas sucessivas sobre o nível de ácido láctico sanguíneo do judocas. *Revista E. Física*, 3, 25 - 28.

- CALLISTER, R.; CALLISTER, R.J.; STARON, R.S.; FLECK, S.J.; TESCH, P. Y DUDLEY, G.A. (1991). Physiological Characteristics of elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 196-203.
- CARRATALÁ, V. Y CARRATALÁ E. (1997). La fuerza. Su aplicación al Judo. En: Recursos de actuaciones metodológicas para la enseñanza, el entrenamiento, la gestión y organización de la actividad física y del deporte. 1998. Ponencias del curso de verano del INEF de Castilla y León. Valladolid. Edita Junta de Castilla León, 79-101
- CASTARLENAS, J.L. Y PLANAS, A. (1997). Estudio de la estructura temporal del combate de Judo. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 47, 32-39.
- CAVAZANI, R.N. (1991). Blood lactate before and after successive judo matches. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 1-30.
- CLAESSENS, A.; BEUNEN, G.; WELLENS, R. Y GELDOF, D. (1986). Somatotype and body structure of world top judoists. *Journal of Sports Medicine*, 27, 105-113.
- CLAVEL, I.; IGLESIAS, E. Y 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 Abril, 2007 de <http://www.unex.es/eweb/cienciadeporte/congreso/00%20eac/RD/ED4judo.pdf>.
- COTTIN, F.; DURBIN, F. Y PAPELIER, Y. (2004). Heart rate variability during cicloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. *Eur J Physiol*, 91, 177-184.
- DEGOUTTE, F.; JOUANEL, P. Y FILAIRE, E. (2003). Energy demands during a judo match and recovery. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 245-249
- FARMOSI, I. (1980). Body-composition, somatotype and some motor performance of judoists. *Journal of Sports Medicine*, 1 (20), 431-434.
- FRANCHINI, E.; BISPO DE SOUZA, C.E.; URASAKI, R.; FERMINO DE OLIVEIRA, R.S.; SAURESSIG, F. Y MATHEUS, L. (2004). Teste de resistencia de força isométrica e dinâmica na barra com o judogi. III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport, Universitat de Valencia. 11 - 13 marzo.
- FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; LIMA, J.R.P.; HADDAD, S.; KISS, M.A.P.D.M.; REGAZZINI, M. Y BÖHME, M.T.S. (1998). Características fisiológicas em testes laboratoriais a resposta da concentração de lactato sanguíneo em 3 lutas em judocas das classes juvenil-A, júnior e sênior. *Revista Paulista de Educação Física*, 12 (1), 5-16.
- FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; MATHEUS, L.; BRITO VIEIRA, D.E. Y KISS, M. A. P. D. M. (1997). Composición corporal, somatotipo e força isométrica em atletas da seleção brasileira universitaria de judo. *Ambito Medicina Esportiva*, 34, 21 - 29.
- FRINGS-DRESEN, M.; ETERRADOSSI, J. Y FAVRE-JUVIN, A. (1998). Maximum aerobic capacity, anaerobic capacity and isometric muscle strength in alpine skiers, cross-country skiers and judokas. *Medicine du Sport*, 61 (2).

- GAITANOS, G.C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L.H. Y BROOKS, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75, 712-719
- GONZÁLEZ BADILLO, J.J. Y GOROSTIAGA, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Zaragoza (España): Inde.
- GONZÁLEZ BADILLO, J.J. Y RIBAS, J. (2002). *Bases de la Programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona (España): Inde.
- GONZÁLEZ, M. Y 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. (1988). Coste energético del combate de judo. *Apunts*. 25, 135-138.
- HEINISCH, H.D. (1997). L'analisi dell'allenamento e della gara nel judo. *Scuola dello Sport / Rivista di Cultura Sportiva*, 37, 53-62.
- HERNÁNDEZ GARCÍA, R. Y TORRES LUQUE, G. (2007). Análisis temporal del combate de judo en competición. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* (25). <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista25/artjudo46.htm>
- HORNILLOS, I. (2000). Tesis Doctoral: Fuerza máxima y explosiva en la carrera rápida. Estudio con atletas gallegos infantiles y cadetes. A Coruña: Universidade da Coruña. 310 – 314.
- HOUVENAEGHEL, M.; BIZARRI, C.; GIALURACHIS, D. Y DEMELAS, J.M. (2005). Measure continue de la fréquence cardiaque en entrainement spécifique de judo. *Science & Sports*, 20, 27-32.
- IGLESIAS, E; CLAVEL, I; DOPICO, J. Y TUIMIL, J.L. (2003). Efecto agudo del esfuerzo específico de judo sobre diferentes manifestaciones de la fuerza y su relación con la frecuencia cardiaca alcanzada durante el enfrentamiento. *Rendimiento Deportivo.com. Revista digital*, N° 6.
- IGLESIAS, E.; DOPICO, J.; FERNÁNDEZ DEL OLMO, M. Y TUIMIL LÓPEZ, J.L. (2002) Conceptualización del entrenamiento de la fuerza en judo: caracterización y propuesta metodológica. *Revista de Entrenamiento Deportivo*; 16 (1), 28 – 34.
- IGLESIAS, X. Y RODRÍGUEZ, F.A. (1995). Caracterización de la frecuencia cardiaca y la lactacidemia en esgrimistas durante la competición. *Apunts de Medicina*, 32, 21-32
- IGLESIAS, X. Y RODRÍGUEZ, F.A. (1999). Consumo de oxígeno estimado y gasto energético en competiciones de esgrima. *Apunts Educación Física y Deportes*, 55, 35-46.
- KRAEMER, W.J.; VESCOVI, J.D. Y DIXON, P. (2004). The physiological Basis of Wrestling: Implications for Conditioning Programs. *National Strength and Conditioning Association*, 26 (2), 10-15.
- KRAEMER, W.J.; FRY, A.C.; RUBIN, M.R.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; GORDON, S.; PERRY KOZIRIS, L.; LYNCH, J.M.; VOLEK, J.S.; MEUFFELS, D.E.; NEWTON, R. Y FLECK, S.J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine and science in sports and exercise*, 33 (8), 1367-1378.
- LEHMANN, G. (1997). La resistenza negli sport de combattimento. *Scola dello Sport / Rivista di Cultura Sportiva*, 37, 19-25.

- LEPLANQUAIS, F.; COTINAUD, M.; LACOUNTRE, P.; TRILLES, F. Y MAYEUR, H. (1994). Proposition pour une musculation spécifique: exemple du judo. *Cinesiologie*, 160, 80-86.
- LITTLE, N. G. (1991). Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior and senior men judokas. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 4, 510-520.
- LÓPEZ, A. Y NACLERIO AYLLÓN, 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.
- MANSILLA, M.; VILLA, J.; GARCÍA, J. Y LÓPEZ, C. (1999). Comparación de diferentes manifestaciones de fuerza y flexibilidad entre luchadores de lucha leonesa y judokas. *Área de Entrenamiento Deportivo- Rendimientodeportivo*.  
[www.unex.es/eweb/cienciadeporte/congreso/00%20cac/RD/ED/11fuerza.pdf](http://www.unex.es/eweb/cienciadeporte/congreso/00%20cac/RD/ED/11fuerza.pdf)
- MENÉNDEZ GARCÍA, C.; BENITO PEINADO, P.J. Y GARCÍA ZAPICO, A. (2005) Evaluación y valoración de las capacidades físicas en Judo. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 12 (1), 21-28.
- MURPHY, A.J.; WILSON, G.; PRIOR, J. Y NEWTON, R. (1995). Isometric assessment of muscular function: the effect of joint angle. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 205-215.
- NILSSON, J.; CSERGÖ, S.; GULLSTRAND, L.; TVEIT, P. Y REFSNES, P.E. (2002). Work-time profile, blood lactate concentration and rating of perceived exertion in the 1998 Greco-Roman wrestling World Championship. *Journal of Sports Sciences*, 20, 939-945.
- PALMER, D. (2005). Effects of a resistance exercise program on time to fatigue at 80% isometric grip strength maximal voluntary contraction in elite judoka. World Judo Research Symposium, IJF, 6 September, Cairo; Egypt.
- RASHID, A.; TAN, B. Y CHUAN, K. (2002). Physiological responses during matches and profile of elite pencak silat exponents. *Journal of Sports Science and Medicine*. 1, 147-155.
- SÁEZ DE COSCA, E.; CLAVEL, I.; DOPICO, J. E IGLESIAS, E. (2002). Análisis temporal y de las acciones puntuables en las fracciones de minuto de enfrentamiento de judo. En CDROM del II Congreso de Ciencias del Deporte, INEF, Madrid, España.
- SALE, D.G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Excerc. Sport Sci. Rev.*, 30, 138-143.
- SANCHÍS, C.; SUAY, F.; SALVADOR, A.; LLORCA, J. Y MORO, M. (1991). Una experiencia en la valoración fisiológica de la competición en Judo. *Apunt*, 18, 51-58.
- SANCHÍS MOYSL, J. (2003). El entrenamiento de la fuerza muscular en el judo. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, 17 (3), 29-34
- SIKORSKI, W.; MICKIEWICZ, G.; MAJLE, B. Y LAKSA, C. (1987). Structure of the contest and work capacity of the judoist. *Proceedings of the international congress on Judo*. Spala: European Judo Union. pp. 58-65
- STERKOWICZ, S. Y 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>

- TABATA, I.; IRISAWA, K.; KOUZAKI, M.; NISHIMURA, K.; OGITA, F. Y MIYACHI, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercise. *Med Sci in Sports Exerc*, 29 (3), 390-395.
- TAKAHASHI, R. (1992). Power training for judo: plyometric training with medicine balls. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 66-71.
- TAYLOR, A.W. Y BRASSARD, L. (1981). A physiological profile of the canadian judo team. *Journal of Sports Medicine*, 1(21), 160-164.
- THOMAS, PH.; GOUBAULT, C. Y BEAU, C. (1990). Judokas. évolution de la lactatémie au cours de randoris sucessifs. *Medicine du Sport*, 5, 234-236.
- THOMAS, S.G.; COX, M.; LE GAL, Y.; VERDE, T. Y SMITH, H. (1989a). Physiological Profiles of the Canadian National Judo Team. *Canadian Journal Sport and Science*, 13, 142-147.
- THOMAS, PH, GOUBAULT, C.; BEAU, C.; BRANDET, J.P. (1989b). Test d'évaluation au judo, derivé du test de Léger-Mercier. *Médecine du Sport*, 6, 286-288
- TSUYAMA, K.; YAMAMOTO, Y; FUJIMOTO, H.; ADACHI, T.; NAKAZATO, K. Y NAKAJIMA, H. (2001). Comparison of the isometric cervical extensión strength and cross-sectional area of neck extensor muscles in collage wrestlers and judo athletes. *Eur. J. Appl. Physiol*, 84, 487 - 491
- TUMILTY, D. Y HANN, A. (1986). A physiological profile of well trained male judo players, with proposals for training. *Excel Australi*, 4, 12-14.
- VILLANI, R. (1999). Elaborazione di un test specifico per la valutazione del tempo ejecutivo nelle tecniche di proiezione del judo. Specialisation Thesis in Theory and Methodology of Training, IUSM Rome.
- VILLANI, R. (2001). Specific test to estimate the performance time of judo throwing techniques. 6<sup>o</sup> Annual Congreso of the ECSS, 1162, Cologne.
- WELTMAN, A.; SNEAD, D.; SEIP, R.; WELTMAN, J.; RUTT, R. Y MOGOL, A. (1990). Percentages of maximal Herat rate, Herat rate reserve and VO<sub>2max</sub> for determining endurance training intensity in male runners. *International Journal Sports Medicine*, 11, (3), 218-222.
- WILSON, G.J. Y MURPHY, A.J. (1996). The use of isometric test of muscular function in athletic assessment. *Sports Medicine*, 22, 19-37

#### AGRADECIMIENTOS

El material empleado en el presente trabajo fue financiado por la Secretaría Xeral de Investigación de la Consellería de Industria de la Xunta de Galicia así como por la Fundación de Deporte Galego de la Dirección Xeral de Deporte de la Xunta de Galicia. Agradecemos la colaboración de los judocas de la Selección Gallega de Judo.