

## Evolución antropométrica y electrolítica en un periodo competitivo en judokas de elite

Anthropometric and electrolytic progression in a competitive period in elite judokas

Raquel Hernández García<sup>1</sup>, Gema Torres Luque<sup>2</sup>, Raquel Escobar Molina<sup>3</sup>

1. Área de Formación e Investigación. Federación Extremeña de Judo y DA
2. Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal. Universidad de Jaén
3. Departamento de ciencias de la actividad física y del deporte. Universidad de Granada

### CORRESPONDENCIA:

**Dra. Raquel Hernández García**

C/ José M<sup>o</sup> Rodríguez Tejada, nº 26, chalet 21  
06010 Badajoz  
raquel\_h\_garcia@hotmail.com

Recepción: • Aceptación:

### Resumen

El objetivo es valorar los efectos de la bajada de peso a la que están sometidos los judokas antes de una competición, sobre los cambios homeostáticos a nivel de parámetros hematológicos y electrolitos plasmáticos, así como analizar la correlación existente entre estos parámetros. Se seleccionaron 7 judokas de elite (20,7±3,2 años de edad; 72,8±15,9 kg de peso corporal y con una talla de 170,8±10,3 cm), y se realizó una determinación de estos parámetros durante un periodo competitivo de 7 semanas de duración, realizando las siguientes pruebas: 6 semanas antes de la competición (P1), 5 días antes (P2), el día de la competición (P3) y dos días después de la misma (P4). Los resultados muestran un descenso estadísticamente significativo del peso corporal, el % de grasa y la masa residual de los judokas el mismo día de la competición. Así como un incremento significativo de linfocitos en P2, y una disminución significativa de hematíes, hemoglobina y hematocrito a lo largo del periodo competitivo. Sin embargo, los electrolitos sodio y potasio no muestran cambios significativos durante el estudio, a pesar de que el cloro plasmático aumenta estadísticamente en P2 y P3. El peso corporal se relaciona inversamente con los valores de hematocrito y con el sodio, y paralelamente con el potasio y el cloro plasmático. Esto indica que el descenso rápido de peso corporal en judokas antes de la competición trae consigo cambios hematológicos en el organismo del judokas, pero no trae consigo variaciones en los niveles de electrolitos plasmáticos, mostrando una adecuada regulación homeostática.

**Palabras clave:** judo, peso corporal, competición, linfocitos, hematocrito, electrolitos.

### Abstract

The aim of the study was to evaluate the effects of the weight loss that judokas are subjected to before a competition on the homeostatic changes with regard to hematologic parameters and plasmatic electrolytes, as well as to analyze the correlation among these parameters. Seven elite judokas (20.7±3.2 years; 72.8±15.9 kg; 170.8±10.3 cm) were selected. Anthropometric measurements and blood samples were obtained during a seven-week competitive period: 6 weeks before the competition (T1), 5 days before (T2), the day of the competition (T3), and two days after the competition (T4). The results show a statistically significant decrease in body weight, body fat percentage, and the residual mass of the judokas the day of the competition, as well as a significant increase in lymphocytes in T2, and a significant decrease in red blood cells, hemoglobin, and hematocrit throughout the competitive period. However, sodium and potassium did not demonstrate significant changes during the study, despite the fact that plasmatic chlorine increased in T2 and T3. Body weight was inversely related with the values of hematocrit and sodium, and it had a parallel relationship with potassium and chlorine. These results indicate that the rapid decrease in body weight in judokas before a competition bring along hematological changes to the organism, but it does not bring variations in the levels of plasmatic electrolytes, indicating a correct homeostatic regulation.

**Key words:** judo, body weight, competition, lymphocytes, hematocrit, electrolytes.

## Introducción

En el judo de alto nivel, los judokas están sometidos a altas cargas de entrenamiento, las cuales requieren una exitosa y coordinada participación de todos sus componentes: técnico, táctico, físico, psicológico y biológico (Boguszewski y Boguszewska, 2006) para alcanzar el mayor rendimiento deportivo. A todo ello, se le suma el hecho de que las competiciones en judo están enmarcadas en estrictas categorías de peso, y algunos de los judokas de ligero y medio peso están comprometidos con dietas rigurosas y largas carreras para perder mucho peso en cortos periodos de tiempo (De Créé et al., 1995). El peso y el porcentaje de grasa corporal son dos de las medidas esenciales en la evaluación fisiológica de los judokas, parámetros que varían mucho según el sexo, edad, categoría de peso y momento de la temporada (Hernández y Torres, 2008), ya que algunos judokas de elite suelen tener que realizar bruscadas bajadas de peso en muy poco tiempo, alterando considerablemente la homeostasis del organismo. Según diversos autores, hay judokas que llegan a perder entre un 3% y 6% de grasa las últimas semanas antes de la competición (Kurakake et al., 1998; Toda et al., 2001; Ohta et al., 2002; Suzuki et al., 2003; Kowatari et al., 2003; Umeda et al., 2004; Finaud et al., 2006; Prouteau et al., 2006; Yoshioka et al., 2006).

Cavas et al., (2005) afirman que una combinación de entrenamiento y una rápida reducción de peso antes de la competición pueden dañar las funciones musculares e incrementar el riesgo de daños en los tejidos. Debido a esto, algunos de los judokas llegan a la competición deshidratados como consecuencia de la utilización de medios drásticos de pérdida de peso para establecerse en su categoría (Harrison et al., 2003). Este tipo de situación lleva a que se pueda producir una alteración a nivel homeostático con el objetivo de paliar esta situación.

Según Nielsen et al., (1996) con el ejercicio acusado los niveles de leucocitos, neutrófilos y linfocitos en los deportistas incrementan significativamente. Sin embargo, en bibliografía específica de judo aparecen diferentes estudios sobre la evolución de parámetros hematológicos en periodos de entrenamiento y competición en judokas de ambos géneros (Ohta et al., 2002; Suzuki et al., 2003; Kowatari et al., 2003; Umeda et al., 2004), los cuales indican que los judokas sometidos a la combinación del entrenamiento y los descensos de peso bruscos previos a las competiciones no muestran cambios significativos en los parámetros hematológicos, ya que mantienen valores estables durante los periodos de estudio referentes a linfocitos, leucocitos, neutrófilos, hemoglobina y hematocrito.

Por otro lado, Chinda et al., (2003) realizaron un estudio sobre los efectos de un entrenamiento específico de judo de 2 horas de duración, mostrando incrementos significativos en los niveles de leucocitos y neutrófilos dos horas después de finalizar el entrenamiento; en cambio los valores de hemoglobina y hematocrito se mantuvieron estables, considerando la ausencia de hemoconcentración sanguínea en los judokas. Por otro lado, Koury et al. (2005), evalúan los efectos del periodo de descanso tras la competición sobre estos parámetros hematológicos en judokas masculinos de elite, sugiriendo que un periodo de recuperación de 24 horas a 5 días favorece el ajuste homeostático en la cantidad de eritrocitos.

Sin embargo, es escasa la bibliografía que analice los niveles de electrolitos plasmáticos y la mayoría de ellos se han diseñado valorando a través de la ingesta diaria. Filaire et al. (2001) registran la cantidad de ingesta de sodio, potasio y magnesio en un grupo de judokas masculinos de nivel regional, todos ellos de la categoría de -73 kg, durante dos momentos: tras un periodo de mantenimiento de peso, en el cual se extraen  $4,2 \pm 0,6$  g,  $3,5 \pm 0,7$  g y  $3,96 \pm 12,2$  g respectivamente; y tras un periodo de 7 días de restricción de comida, donde la cantidad media de sodio y magnesio disminuye significativamente ( $2,17 \pm 0,1$  g y  $216,8 \pm 15,6$  mg), los valores de potasio también disminuyen, pero sin llegar a ser significativo ( $2,2 \pm 0,1$  g). Boisseau et al., (2005) muestran que un grupo de judokas femeninas entre 14 y 16 años disminuyen la cantidad de calcio, fósforo y magnesio la semana antes de la competición, llegando a situar los valores de magnesio por debajo del rango de normalidad. Además, estos resultados van acompañados de un descenso significativo de la ingesta de agua en estas judokas adolescentes antes de la competición ( $4,22 \pm 0,41$  -  $3,87 \pm 0,18$  L), por lo que el proceso de pérdida de peso y una consecuente deshidratación está mermando la homeostasis en este tipo de parámetros.

Timpmann et al. (2008) realizaron un estudio con karatekas y luchadores los cuales realizaron una pérdida de un 5% del peso corporal en 3 días, a través de una disminución significativa de la ingesta de energía y de fluidos así como la práctica de sesiones de sauna (especialmente las últimas 24 horas). Esta situación trajo como consecuencia un descenso significativo del volumen plasmático, un incremento de urea en el organismo y un descenso del rendimiento muscular de los deportistas, coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores con luchadores (Hickner et al., 1991; Rankin et al., 1996).

Sin embargo, a pesar de esta realidad, son escasos los estudios que valoran los posibles cambios en pa-

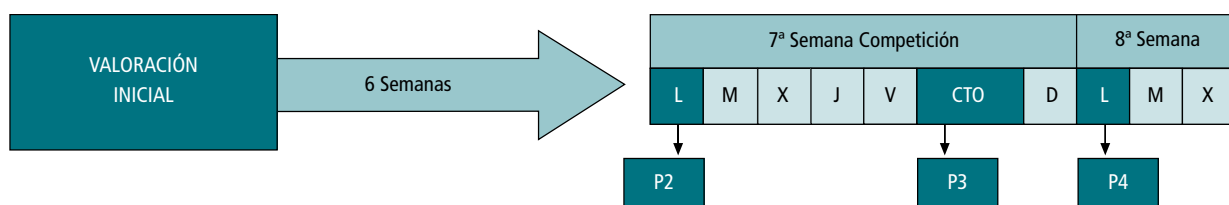


Figura 1. Representación gráfica del protocolo temporal del estudio.

rámetros hematológicos y en electrolíticos producidos en periodos competitivos en judokas, debido a los ajustes de peso corporal a los que están sometidos los judokas, cuando es conocido que los procesos de deshidratación, pueden conllevar una mayor carga en el sistema cardiovascular, el deterioro del sistema termoregulador, agotamiento de las reservas de glucógeno, hipoglucemia, pérdida de proteínas y vitaminas así como oscilaciones de electrolitos (incremento de potasio plasmático), y todo ello generar una limitación en el rendimiento, debido a que el organismo va a pretender estabilizar la homeostasis interna (Horswill, 1992; Oppliger et al., 1996; Wilmore y Costill, 2004).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es valorar, dentro de un periodo competitivo, los efectos de la bajada de peso a la que están sometidos los judokas antes de una competición, sobre los cambios homeostáticos a nivel de parámetros hematológicos y electrolitos plasmáticos.

## Metodología

### Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 7 judokas de alto rendimiento con  $20,7 \pm 3,2$  años de edad,  $72,8 \pm 15,9$  kg de peso corporal y con una talla de  $170,8 \pm 10,3$  cm. Todos ellos poseen un mínimo de 10 años de práctica de este deporte (con una media de  $11,3 \pm 2,6$  años de práctica), además tienen la graduación mínima de cinturón negro 1º DAN y pertenecen a la Selección Nacional de su categoría. Todos fueron avisados del propósito y desarrollo del estudio, y posteriormente firmaron voluntariamente el consentimiento informado para participar en este trabajo.

### Procedimiento

Dentro de un periodo competitivo de 7 semanas de duración, las valoraciones se realizaron 6 semanas antes de la competición (P1), 5 días antes de la competición (P2), el día de la competición internacional (P3) y 2 días después de la competición (P4) (figura 1).

Se siguió el mismo protocolo de actuación en cada una de las valoraciones, a excepción del hemograma que sólo se valoró en P1, P2 y P4. Para ello, se citó a todos los judokas a las 8:00 a.m., después de 8 horas en ayunas, y donde debían estar un mínimo de 24 horas sin realizar ningún esfuerzo físico. Se comenzó con una extracción sanguínea, realizada por un profesional, por medio de punción venosa en la región antecubital, estando los sujetos en posición sentados. La extracción fue de 10 ml, donde se dividió en contenido en dos alícuotas las cuales fueron llevadas al laboratorio para su posterior análisis. Una de las alícuotas fue destinada para el análisis hematológico de las muestras de sangre que se realizó en un analizador automático (Coulter JT3), obteniéndose un hemograma completo. El hematocrito fue calculado a partir del volumen corpuscular medio y del recuento de eritrocitos efectuado por dicho analizador, mientras que la concentración de hemoglobina (cianmetahemoglobina) fue calculada mediante fotocolorimetría. La otra alícuota se centrifugó, mediante una centrifugadora (Beckam Coulter Spinchron DLX) durante 5 minutos a 3.000 rpm, donde se extrajo el plasma que fue analizado en el laboratorio, por medio de una espectrofotometría (analizador BioDynamics, Inn., USA), para el sodio y potasio, y a través del electrodo de C12Ag (Lytek, Bio-dynamics, Inn., USA), para el cloro.

Posteriormente, se realizó una valoración antropométrica a través de un evaluador experimentado (Nivel I de Cineantropometría de la ISAK). Todas ellas se llevaron a cabo a las 8:30 a.m., en un lugar amplio y con temperatura de 18-20 °C. Los instrumentos de medida fueron calibrados antes de comenzar las mediciones, todas las medidas se tomaron en el lado derecho aunque no fuese el dominante del deportista. Antes de comenzar con las mediciones se marcaron con lápiz demográfico los puntos anatómicos que sirvieron de referencia, y los instrumentos de medida se manipularon con la mano derecha. En el registro de las medidas antropométricas (masa corporal y altura) y las correspondientes al cálculo del porcentaje de grasa corporal, se siguió el protocolo propuesto por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) (Esparza, 1993) siguiendo la táctica de Rose y Guimares. La

Tabla 1. Variabilidad de los parámetros antropométricos durante el periodo de estudio.

Momento valoración	Peso (kg)	p< ,05	% grasa	p< 0,05	M.M. (kg)	p< 0,05	M.R. (kg)	p< 0,05
P1 = 6 semanas antes	72,9±16,1	1-3	16,5±4,4		33,7±5,5		15,2±3,3	2-3
P2 = 5 días antes	72,5±15,5	2-3	16,3±4,4	1-3	33,6±5,7	-----	15,1±3,2	3-4
P3 = Competición	70,4±14,7	1-2-4	15,7±4,2	2-4	32,9±5,5		14,7±3,08	
P4 = 2 días después	72,2±15,7		16,02±4,4		33,7±5,8		15,1±3,2	

M.M.: Masa Muscular; M.R.: Masa Residual.

Tabla 2. Valores de linfocitos, hemáties, hemoglobina y hematocrito en las diferentes valoraciones.

Momento valoración (- $\mu$ L <sup>-1</sup> )	Linfocitos (- $\mu$ L <sup>-1</sup> )	p< 0,05	Hemáties (- $\mu$ L <sup>-1</sup> )	p< 0,05	Hemoglobina (- $\mu$ L <sup>-1</sup> )	p< 0,05	Hematocrito (%)	p< 0,05
P1 = 6 semanas antes	1931,4±519,2		4405714±462812		13,7±1,09	1-2	40,5±2,9	2-3
P2 = 5 días antes	2232,8±662,5	1-2	4248571±444275	1-2	13,3±1,3	1-4	45,9±20,7	1-4
P3 = Competición	-----		-----		-----		-----	
P4 = 2 días después	2034,2±451,8		415713±419114		13,1±1,004		137,8±2,6	

Tabla 3. Valores del sodio, potasio y cloro plasmáticos en las diferentes valoraciones.

Momento	Sodio (mEq·L <sup>-1</sup> )	p< 0,05	Potasio (mEq·L <sup>-1</sup> )	p< 0,05	Cloro (mEq·L <sup>-1</sup> )	p< 0,05
P1 = 6 semanas antes	139,5±1,1		4,4±0,2		100,7±1,2	1-2 1-3
P2 = 5 días antes	146,1±16,7	-----	4,3±0,3	-----	105,8±1,9	1-4
P3 = Competición	139,5±0,9		4,2±0,3		103,7±3,3	3-4
P4 = 2 días después	139,2±1,1		4,2±0,2		105,7±1	

talla se obtuvo midiendo a los sujetos descalzos, de pie, con los talones, glúteos y espalda en contacto con la pared, con el tallímetro modelo SECA (SECA LTD., Germany). El peso, con los judokas descalzos y con ropa de deporte o interior, los deportistas se colocaron de pie sobre la báscula eléctrica modelo SECA (SECA LTD, Germany). Se obtuvieron los pliegues cutáneos: tríceps, subescapular, bíceps, cresta iliaca, supraespinal, abdominal, muslo frontal y pierna media, se midieron por triplicado a través del plicómetro Holtain Skinfold Caliper. Los perímetros corporales valorados fueron el brazo relajado, brazo contraído, cintura, cadera y pierna, se midieron por triplicado utilizando la cinta métrica inextensible milimetrada de fibra de vidrio Holtain. Y los diámetros valorados fueron los siguientes: biestiloideo, biepicondileo del húmero y bicondileo del fémur, se midieron por triplicado con el Paquímetro Holtain.

Los datos fueron introducidos en una plantilla de Excel elaborada por el ISAK, que directamente calculó los porcentajes de grasa, de masa muscular, masa residual y masa ósea.

Durante todo el proceso los judokas llevaron un control alimenticio con el objetivo de que no utilizasen suplementación alguna o productos farmacológicos, los cuales pudiesen modificar los resultados.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS 15.0 para su posterior tratamiento. Se calcularon los valores medios y desviación típica de cada una de las variables en cada momento de valoración. A continuación se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas para ver el efecto del tiempo de cada una de las variables, estableciendo significación estadística cuando  $p < 0,05$ . Y por último se llevó a cabo el tratamiento estadístico a través del análisis de modelos mixtos para comprobar si existen relaciones significativas entre las evoluciones del peso corporal y los parámetros hematológicos y el peso corporal con los electrolitos sanguíneos durante el periodo de estudio, siempre que  $p > 0,05$ .

### Resultados

En la tabla 1 se pueden ver los valores medios de las variables antropométricas en las diferentes valoraciones.

Aparece un descenso estadísticamente significativo del peso corporal entre P1 a P3, así como entre P2 y P3 ( $p < 0,05$ ) y posteriormente un aumento signifi-

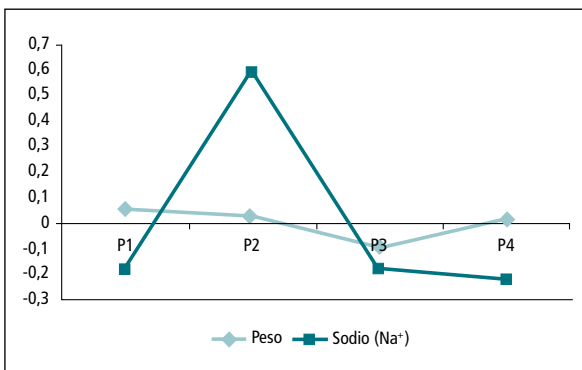


Figura 2. Relación del peso corporal y sodio durante el estudio.

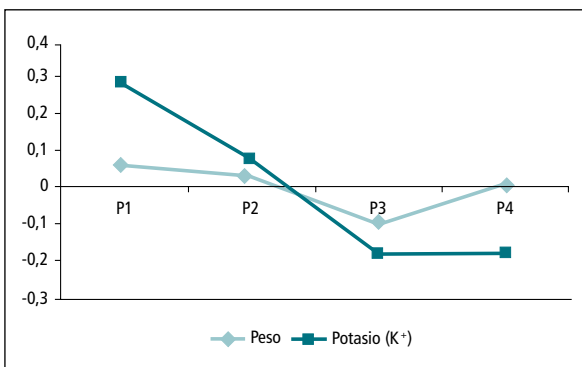


Figura 3. Relación del peso corporal y el potasio durante el estudio.

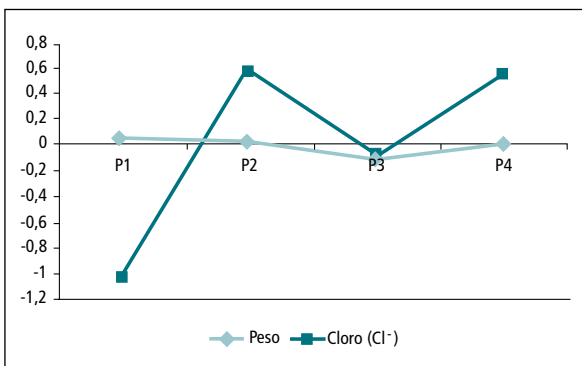


Figura 4. Relación del peso corporal y el cloro durante el estudio.

tivo de P3 a P4. A su vez, respecto a la evolución del % de grasa, se observa el descenso estadísticamente significativo entre P1 y P3 ( $p < 0,05$ ). En cambio, la masa residual muestra un descenso estadísticamente significativo más pronunciado ( $p < 0,05$ ) de P2 a P3, y a continuación un incremento significativo de P3 a P4 (tabla 1).

En la tabla 2 se destacan los parámetros del hemograma que han mostrado diferencias estadísticamente significativas durante el periodo de estudio. De esta forma, los linfocitos se incrementan significativamente de P1 a P2, al contrario que los hematíes que descienden de P1 a P2. Los hematíes y hemoglobina descienden significativamente de P1 a P2, alcanzando

la hemoglobina los valores más bajos en P4 ( $13,1 \mu\text{L}^{-1}$ ). El hematocrito disminuye significativamente a lo largo del periodo de estudio, de P1 a P4, mostrando los valores de 37,8% en los judokas 2 días después de la competición (P4).

En la tabla 3 aparecen los datos referentes a la valoración de los electrolitos plasmáticos (sodio, potasio y cloro).

No aparecen cambios estadísticamente significativos en los niveles de sodio y potasio durante el periodo de estudio. Sin embargo, aparecen cambios significativos del cloro durante el periodo del estudio, siendo P1 significativamente inferior a los valores de P2, P3 y P4.

En las figuras 2, 3 y 4 se muestran las correlaciones del peso corporal respecto a cada uno de los electrolitos plasmáticos. Se puede observar una correlación negativa entre el peso corporal y el sodio ( $p = 1,000$ ) (figura 2); existiendo una correlación positiva con el potasio ( $p = 0,533$ ) (figura 3), y el cloro ( $p = 0,484$ ) (figura 4).

En cuanto al peso corporal y los parámetros hematológicos, los datos muestran una relación inversa significativa entre la evolución del peso corporal y los niveles de hematocrito de los judokas a lo largo del periodo del estudio ( $p > 0,05$ ). Es decir, cuando el peso corporal desciende, aumentan los niveles de hematocrito en los judokas.

## Discusión

Se puede observar en la tabla 1 el descenso pronunciado y estadísticamente significativo del peso corporal ( $p < 0,05$ ), ya que suceden oscilaciones exageradas durante el periodo competitivo objeto de estudio, debido a que los judokas sufren una pérdida del peso del 3% en P3 (los 5 días previos a la competición) bajando de 72,53 kg a 70,41 kg, y lo vuelven a recuperar la semana post campeonato (P4) enmarcándose de nuevo en 72,27 kg. Por lo tanto, estos datos coinciden con los encontrados en otros estudios, en los que varios autores acuerdan que los judokas llegan a perder entre un 2% y 3% de peso la última semana antes de la competición (Finaud et al., 2006; Kurakake et al., 1998; Ohta et al., 2002; Kowatari et al., 2003; Prouteau et al., 2006; Suzuki et al., 2003; Toda et al., 2001; Umeda et al., 2004; Yoshioka et al., 2006). Es más, Yoshioka et al. (2006) señalan una situación de alerta en los judokas de ambos géneros, que realizan una pérdida entre 3,4% y 4,9% del peso corporal veinte días antes de la competición, mientras que en el presente trabajo sufren una pérdida del 3% del peso los últimos cinco días. Esta situación la consiguen según Coles (2001) con diferentes métodos: el 96% de los judokas realizan



estas dietas recortando las comidas, el 82% realizando un trabajo aeróbico extra, un 71% entrenando con plásticos, incluso un 62% restringiendo la ingesta de fluidos y un 47% enuncia que está 24 horas previas a la competición sin comer ni beber nada.

Los valores del porcentaje de grasa corporal de este estudio están enmarcados entre el 15% y el 16%, siendo un porcentaje medio e incluso un poco elevado para lo que señalan otros estudios con judokas de elite y en periodos competitivos (Taylor et al., 1981; Callister et al., 1991; De Cree et al., 1995; Filaire et al., 2001; Otha et al., 2002; Kowatari et al., 2003; Umeda et al., 2004; Boisseau et al., 2005; Degoutte et al., 2006; Finaud et al., 2006; Franchini et al., 2007). Respecto a la evolución del mismo durante este periodo, señalar que sucede algo similar a la evolución del peso corporal, ya que aparecen oscilaciones del porcentaje de grasa muy similares a éste (tabla 1). Se observa un descenso de % de grasa desde el comienzo del periodo competitivo hasta la competición, donde los judokas pierden un 4,8% del porcentaje de grasa inicial (de 16,5% a 15,7%). Diferentes autores acuerdan que hay judokas que llegan a perder entre un 3% y 6% de grasa las últimas semanas antes de la competición (Kurakake et al., 1998; Toda et al., 2001; Ohta et al., 2002; Kowatari et al., 2003; Suzuki et al., 2003; Umeda et al., 2004; Finaud et al., 2006; Prouteau et al., 2006a; Yoshioka et al., 2006). Por lo tanto, el porcentaje de grasa se modifica de una manera parecida al peso corporal y siguiendo los resultados obtenidos en diferentes estudios sobre los periodos competitivos en judokas de elite.

La masa residual muestra un descenso significativo de cara al día de la competición, valor que está en torno a 1kg. Este dato es destacable, ya que una pérdida de masa residual de estas características, indican un estado de posible deshidratación de los judokas (Artioli et al., 2007; Segovia et al., 2007). Por lo tanto, se observa como parte del descenso de peso corporal se realiza en base a una pérdida de líquido corporal (sudor y restricción de ingesta líquida), que podría traer como consecuencia un posible estado de deshidratación, tal y como indican Harrison et al., (2003), y lo que podría acarrear posibles desajustes homeostáticos.

Tras la realización del hemograma a los judokas durante el periodo competitivo, se han obtenido cambios estadísticamente significativos en los siguientes parámetros: linfocitos, hematíes, hemoglobina y hematocrito. El hecho de que en la prueba 2, que se realizó el lunes previo a la competición (5 días antes del campeonato) aparezca un incremento significativo de los linfocitos, se puede deber fundamentalmente a que el estado de estrés en los judokas la semana previa a la competición produce un incremento de la secre-

ción hormonal de catecolaminas, las cuales facilitan la movilización de estos parámetros hematológicos (Córdova y Álvarez, 2001). Respecto a los hematíes y la hemoglobina, descienden progresivamente durante el periodo competitivo de estudio, mostrando los valores más bajos en P4 (tabla 2), así como el hematocrito, que también muestra cambios estadísticamente significativos, ya que aumenta en P2 (5 días antes de la competición) sin llegar a ser significativo y desciende significativamente en P4 (2 días después de la competición), oscilando sus valores entre 37 y 45,8 %.

En la literatura científica aparecen diferentes estudios que valoran estos parámetros en judokas, tales como Otha et al. (2002) y Umeda et al. (2004) que obtienen valores de hematocrito superiores a los obtenidos en nuestro estudio (45-48%) y además, sin mostrar cambios significativos durante el periodo de estudio donde también existen momentos competitivos para los cuales los judokas realizan una pérdida similar del peso corporal (2-3 kg los 5 días previos a la competición).

En contraposición, cabe destacar un estudio con datos similares al presente, Su et al. (2001) muestran los valores de hemoglobina y hematocrito en judokas masculinos de 16 años, siendo  $137 \pm 12 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  y  $42 \pm 4\%$  respectivamente; los cuales descienden significativamente tras un periodo de entrenamiento agudo alcanzando los valores de  $128 \pm 12 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  y  $39 \pm 3\%$  respectivamente en ambos parámetros hematológicos. Estos resultados coinciden con varios autores que afirman el descenso significativo de hemoglobina y hematocrito en los deportistas se debe principalmente a los efectos fisiológicos y psicológicos de periodos de entrenamiento agudo y competiciones intensas (Nielsen et al., 1996; Nieman, 1997). Por lo que los descensos significativos de hematíes, hemoglobina y hematocrito en los judokas del presente estudio se puede deber a los efectos producidos por el entrenamiento y la competición enmarcadas dentro del periodo competitivo objeto de estudio. De hecho, según afirma Koury et al. (2005), después de un periodo de descanso tras la competición, entre 24 horas y 5 días, se favorece el ajuste homeostático en parámetros hematológicos, sin embargo, en el presente estudio, parece ser que dos días de descanso y recuperación post-competición no son suficientes para ajustar y volver a la normalidad los desajustes hematológicos sufridos por éstos judokas de elite.

En el presente estudio, el sodio plasmático a pesar de que muestra un aumento en P2, no llega a considerarse estadísticamente significativo; a diferencia del potasio que también de manera no significativa produce un ligero descenso. Por otro lado, la concen-

tración de cloro en plasma, muestra un aumento estadísticamente significativo en P2, coincidiendo con el aumento del sodio plasmático, aspecto normal, ya que el sodio y cloro obtienen una evolución similar, por tratarse de dos electrolitos del líquido extracelular. Se sabe que tras la pérdida de agua y electrolitos a través del sudor u orina no recuperada, que se aproximen a una deshidratación de un 2-5% hace que la hormona aldosterona facilite la retención renal de sodio y cloro por los riñones, elevando sus concentraciones en sangre (Wilmore y Costill, 2004). Sin embargo, en los judokas se puede observar un descenso del peso corporal bastante acentuado, sin que esto repercuta en un cambio a nivel electrolítico. Esto puede deberse a dos motivos, por un lado, que los mecanismos homeostáticos funcionen correctamente (Virus y Virus, 2003) y que la pérdida de peso se produzca por la pérdida de sudor y orina, sin que la homeostasis se encuentre en un compromiso o, por otro lado, que la deshidratación a la que puedan estar sometidos los judokas conlleve una pérdida completa de todos los electrolitos, no viéndose afectados aparentemente a nivel estadístico.

Tras realizar el análisis de relación entre los parámetros, los resultados muestran que entre el peso corporal y hematocrito existe una relación inversa significativa, es decir, cuando desciende el peso corporal incrementa el valor del hematocrito en los judokas de este estudio. Esto se puede deber a que cuando los judokas realizan los descensos del peso corporal para establecerse en sus categorías de peso en los que llegan a alcanzar un estado de deshidratación (Harrison et al., 2003), y como continúan realizando entrenamiento continuo, traen como consecuencia una hemoconcentración en la que incrementa el nivel de hematocrito sanguíneo (Virus y Virus, 2003).

Del mismo modo, aparece una relación inversa entre el peso corporal y la concentración de sodio plasmático, es decir cuando desciende el peso corporal incrementan los niveles de sodio plasmático, abogando por esa hemoconcentración a la que se hacía referencia, coincidiendo con la bibliografía (Torres y Villaverde, 2007; Casis y Zumalabe, 2008). A su vez, se puede ob-

servar una relación paralela entre el peso corporal y los niveles de potasio plasmático (figura 3) durante el periodo competitivo, por lo que cuando desciende el peso corporal, también lo hace el potasio plasmático. Debido posiblemente a la inducción que crea la rápida pérdida de peso corporal, estimulando la secreción del sistema renina-angiotensina-aldosterona con el objetivo de retener sodio plasmático y eliminar el potasio en plasma, para de esta forma mantener el equilibrio homeostático (Wilmore y Costill, 2004).

Parece ser que la rápida bajada de peso corporal sufrida por los judokas durante el periodo competitivo objeto de estudio, afecta principalmente a los niveles de hematocrito de los deportistas. Sin embargo los electrolitos plasmáticos se muestran estables y dentro de la normalidad como prueba de una correcta regulación homeostática en los judokas.

## Conclusión

Se concluye que los judokas en periodos competitivos realizan importantes descensos del peso corporal los días previos a la competición, los cuales traen consigo cambios significativos a nivel hematológico, y además exponen al organismo ante un sistema de alerta para mantener en equilibrio la homeostasis que evite cambios a nivel de electrolitos plasmáticos, y que a la vez no influya negativamente en la competición. No obstante, se recomienda vigilar la evolución del peso corporal a lo largo de un periodo competitivo para evitar que cambios a nivel biológico afecten negativamente a la competición.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha podido llevar a cabo gracias al apoyo y la colaboración de los entrenadores del Centro de Tecnificación Navarro Yolanda Soler y Jose Tomás Toro, y sobre todo a los excepcionales judokas que pusieron tanto interés y simplicidad en el desarrollo de las pruebas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Artioli, G.G., Gualano, B., Coelho, D.F., Benatti, F.B., Gailey, A.W. y Lancha, A.H.Jr. (2007). Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? *International Journal Sports Nutrition Exercise Metabolism*, 17, 206-217.
- Boguszewski, D. y Boguszewska, K. (2006). Dynamics of judo contests performed by finalists of European Championships (Rotterdam 2005). *Archives of Budo*, 2, 40-44.
- Boisseau, N., Vera Perez, S. y Poortmans, J. (2005). Food and fluid intake in Adolescent Female Judo Athletes Before Competition. *Pediatric Exercise Science*, 17 (1), 62-71.
- Callister, R., Callister, R.J. y Staron, R.S. (1991). Physiological Characteristics of elite judo athletes. *International Journal Sports Medicine*, 12, 196-203.
- Casis, S. y Zumalabe, J.M. (2008). *Fisiología y Psicología del deporte*. Barcelona: Elsevier.
- Cavas, L., Arpinar, P. y Yurdakoc, K. (2005). Possible interactions between antioxidant enzymes and free sialic acids in saliva. A preliminary study on elite judoists. *International Journal Sports Medicine*, 26, 832-835.
- Chinda, D., Umeda, T., Shimoyama, T., Kojima, A., Tanabe, M., Nakaji, S. y Sugawara, K. (2003). The acute response of neutrophil function to a bout of judo training. *Luminescence*, 18 (5), 278-282.
- Coles, D. (2001). The weight-loss practices of judoka. Extraído el 19 de febrero, 2008 de <http://www.judoinfo.com/research12.htm>.
- Córdova, A. y Álvarez, M. (2001). *Inmunidad en el deporte*. Madrid: Editorial Gymnos.
- De Cree, C., Lewin, R. y Barros A. (1995). Hypoestrogenemia and rhabdomyolysis (myoglobinuria) in the female judoist: a new worrying phenomenon? *Journal Clinic Endocrinology Metabolism*, 80 (12), 3639-46.
- Degoutte, F., Jouanel, P., Bègue, R. J., Colombier, M., Lac, G., Pequignot, J. M. y Filaire, E. (2006). Food restriction, performance, Biochemical, Psychological and endocrine changes in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 9-18.
- Esparza, F. (1993). *Manual de cineantropometría*. Madrid: Monografías FEMEDE.
- Filaire, E., Sagnol, M., Ferrand, C., Maso, F. y Lac, G. (2001). Psychological stress in judo athletes during competitions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (2), 263-268.
- Finaud, J., Degoutte, F., Scislawski, V., Rouveix, M., Durand, D. y Filaire, E. (2006). Competition and Food Restriction Effects on Oxidative Stress in Judo. *International Journal Sports Medicine*, 27, 834-841.
- Franchini, E., Nunes, A.V. y Moraes, J.M. (2007). Physical Fitness and Anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. *Journal of Physiological Anthropology*, 26, 59-67.
- Harrison, A., Thompson, K.G., Cosgrove, M., Hardman, S. y Dietzig, B. (2003). Physical characteristics and body mass management of international judo players. *Journal of sports sciences*, 21 (4), 275.
- Hernández, R. y Torres, G. (2008). Perfil fisiológico del judoka. Una revisión. *Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte: Cultura, Ciencia y Deporte*, 7 (3), 25-33.
- Hickner, R.C., Horswill, C.A., Welker, J.M., Scott, J., Roemmich, J.N. y Costill, D.L. (1991). Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 557-562.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14, 114-143.
- Koury, J.C., De Oliveira, C.F., Portella, E.S., Oliveira, A.V. y Donangelo, C.M. (2005). Effect of the period of resting in elite judo athletes, hematological indices and copper/ zinc-dependent antioxidant capacity. *Biology Trace Elements Research*, 107 (3), 201-11.
- Kowatari, K., Umeda, T., Shimoyama, T., Nakaji, S., Yamamoto, Y. y Sugawara K. (2003). Exercise training and energy restriction decrease neutrophil phagocytic activity in judoists. *Medicine Science Sports Exercise*. 33, 4, 519-524.
- Kurakake, S., Umeda, T., Nakaji, S., Sgawara, K., Saito, K. y Yamamoto, Y. (1998). Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists. *Environmental health and preventive medicine*, 3 (3), 152-157.
- Nieman, D.C. (1997). Exercise immunity, practical application. *International Journal of Sports Medicine*, 18 (1), 91-100.
- Nielsen, H.B., Secher, N.H., Kappel, M., Pedersen, B.K. (1996). Lymphocyte, NK, LAK cell response to maximal exercise. *International Journal Sports Medicine*; 17, 60-65.
- Ohta, S., Nakaji, S., Suzuki, K., Totsuka, M., Umeda, T. y Sugawara K (2002). Depressed humoral immunity after weight reduction in competitive judoists. *Luminescence*. 17 (3), 150-7.
- Oppliger, R.A., Case, H.S., Horswill, C.A., Landry, G.L. y Shelter, A.C. (1996) American College of Sports Medicine position stand. Weight loss in wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28(6), 9-11.
- Prouteau, S., Benhamou, L. y Courteix, D. (2006). Relationships between serum leptin and bone markers during stable weight, weight reduction and weight regain in male and female judoists. *European Journal of endocrinology*, 154, 389-395.
- Rankin, J.W., Ocel, J.V. y Craft, L.L. (1996). Effect of weight loss and refeeding diet composition on anaerobic performance in wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1292- 1299.
- Segovia, J.C., López-Silvarrey, F.J. y Legido, J.C. (2007). *Manual de valoración funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos*. Madrid: Editorial Elsevier.
- Su, Y.C., Lin, C.J., Chen, K.T., Lee, S.M., Lin, J.S., Tsai, C.C., Chou, Y. y Lin, J.G. (2001). Effects of Huangqi Jianzhong Tang on hematological and biochemical parameters in judo athletes. *Acta of Pharmacologica Sinica*, 22 (12), 1154-1158.
- Suzuki, M., Nakaji, S., Umeda, T., Shimoyama, T., Mochida, N., Kojima, A., Mashiko, T. y Sugawara K. (2003). Effects of weight reduction on neutrophil phagocytic activity and oxidative burst activity in female judoists. *Luminescence*. 18 (4), 214-217.
- Taylor, A.W. y Brassard, L. (1981). A physiological profile of the Canadian judo team. *Journal of Sports Physical Fitness*, 21, 160-164.
- Timpmann, S., Ööpik, V., Pääsuke, M., Medijainen, L. y Ereline, J. (2008). Acute Effects of Self-Selected Regimen of Rapid Body Mass Loss in Combat Sports Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 210-217.
- Toda, M., Morimoto, K., Fukuda, S., Umeda, T., Nakaji, S. y Sugawara, K. (2001). The Effect of the Weight Reduction on the Salivary Cortisol Levels of Judo Players. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 6 (2), 113-116.
- Torres, G. y Villaverde, C. (2007) Cambios en la concentración de iones y en el volumen plasmático después de un partido de tenis individual femenino. *Apunts Medicina de l' Sport*, 156, 169-174.
- Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Kojima, A., Yamamoto, Y. y Sugawara, K. (2004). Adverse effects of energy restriction on changes in immunoglobulins and complements during weight reduction in judoists. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44 (3), 328-334.
- Viru, A., y Viru, M. (2003). *Análisis y control del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Wilmore y Costill. (2004). *Fisiología deportiva*. Barcelona: Paidotribo.
- Yoshioka, Y., Umeda, T., Nakaji, S., Kojima, A., Tanabe, M., Mochida, N. y Kazuo Sugawara. (2006). Gender Differences in the Psychological Response to Weight Reduction in Judoists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16, 187-198.