



# **UNIVERSIDAD DE MURCIA**

## **FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

Efectos de la Deshidratación Sobre el  
Rendimiento Específico, Neuromuscular y  
Psicológico en Deportes de Combate

D. Alberto Martínez Abellán

**2015**





**UNIVERSIDAD DE MURCIA**

*Facultad de Psicología*

*Departamento de Personalidad, Evaluación y  
Tratamiento Psicológico*

**EFFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE EL  
RENDIMIENTO ESPECÍFICO, NEUROMUSCULAR Y  
PSICOLÓGICO EN DEPORTES DE COMBATE**

**Tesis para optar al grado de Doctor presentada por:  
Alberto Martínez Abellán**

**Directores:**

**Dr. José María López Gullón  
Dr. Ernesto de la Cruz Sánchez  
Dr. Jesús García Pallarés**

**2015**



D. José María López Gullón, Profesor del Departamento de Actividad Física y Deporte de la Universidad de Murcia, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada *“Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento específico, neuromuscular y psicológico en deportes de combate”*, realizada por D. Alberto Martínez Abellán, bajo mi inmediata dirección y supervisión, para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 25 de Noviembre de 2014

Fdo. José María López Gullón



D. Ernesto de la Cruz Sánchez, Profesor del Departamento de Actividad Física y Deporte de la Universidad de Murcia, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada *“Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento específico, neuromuscular y psicológico en deportes de combate”*, realizada por D. Alberto Martínez Abellán, bajo mi inmediata dirección y supervisión, para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 25 de Noviembre de 2014

Fdo. Ernesto de la Cruz Sánchez



D. Jesús García Pallarés, Profesor del Departamento de Actividad Física y Deporte de la Universidad de Murcia, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “*Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento específico, neuromuscular y psicológico en deportes de combate*”, realizada por D. Alberto Martínez Abellán, bajo mi inmediata dirección y supervisión, para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 25 de Noviembre de 2014

Fdo. Jesús García Pallarés



A mi madre y mis hermanos  
por apoyarme en todo momento



---

## AGRADECIMIENTOS

---

Para la realización de este trabajo han colaborado muchas personas, deportistas e instituciones a las que les estoy enormemente agradecido, por toda su implicación y ayuda para poder hacer realidad este gran proyecto.

Mis primeras gratitudes van dirigidas a los directores de esta Tesis Doctoral, José María López Gullón, Ernesto de la Cruz Sánchez y Jesús García Pallarés por su gran dedicación durante este proceso de trabajo, donde han velado y protegido estos estudios para poder completarlos de esta forma tan especial. Muchas gracias por todas vuestras horas de profesionalidad, ya que sin vosotros no hubiese sido posible.

A mis compañeros de investigación José Rabadán Iniesta, Ricardo Moran Navarro, Francisco Ortín, Alfonso Martínez Moreno, Valentín Fernández Elías y Ricardo Mora Rodríguez que se han volcado en los estudios colaborando incondicionalmente y dedicando todo su tiempo para finalizar la investigación con éxito.

A todas las entidades deportivas implicadas, Federación Murciana de Luchas Olímpicas y Disciplinas Asociadas, Federación Española de Luchas Olímpicas y Disciplinas Asociadas, Federación Española de Boxeo y Real Federación Española de Taekwondo. Así como al Centro de Tecnificación Deportiva “Infanta Cristina” de la Región de Murcia y al Patronato Deportivo Municipal de San Javier, que nos facilitaron todas las instalaciones y materiales necesarios.

A cada uno de los deportistas de cada modalidad de combate, que se prestaron para realizar todas las pruebas necesarias en un momento tan importante para ellos, ya que sin su colaboración no podríamos haber hecho realidad este proyecto.

A mis entrenadores José María López, José Rabadán y Reinerio Prado, así como a mis amigos Juan Carlos Leal, Gustavo Marcos, Diego López, Pedro García, David Terrón, Hugo Lorente y demás compañeros, que han hecho que descubra y disfrute de la Lucha Olímpica haciéndola formar parte de mi vida.

A mi madre, por su comprensión a lo largo de toda mi vida y su apoyo absoluto en mí. A mis hermanos Daniel y Joaquín que han sido un referente a seguir por su fuerza e ímpetu. Así como a Noelia por entenderme y aguantar en los momentos más difíciles, teniendo siempre una sonrisa.

Hacer una mención muy especial a la persona que se ha volcado en mí desde que tengo uso de razón, tanto en el ámbito deportivo, educativo y profesional, haciéndome la persona que soy, un luchador. Muchas gracias José María por no dudar de mí en ningún momento, por estar siempre a mi lado y formar parte de mi familia.

A todas las personas mencionadas y a todos los que faltan, agradecerles su pasión por el deporte y su confianza en mí, logrando el cumplimiento de este proyecto.

*MUCHAS GRACIAS*

---

## ÍNDICE

---

|                                                                      | <b>Pág.</b> |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>1. Introducción General</b>                                       | <b>3</b>    |
| <b>1.1. Antecedentes</b>                                             | <b>3</b>    |
| <b>1.2. Efectos de las pérdidas de peso</b>                          | <b>8</b>    |
| <b>1.3. Efectos “rebote” tras la pérdida de masa corporal</b>        | <b>12</b>   |
| <b>1.4. Validez de los indicadores del estado de hidratación</b>     | <b>21</b>   |
| <b>1.5. Instrumentos para monitorizar las pérdidas de peso</b>       | <b>24</b>   |
| <b>1.6. Referencias bibliográficas</b>                               | <b>26</b>   |
| <b>2. Planteamiento del problema y propósito de la investigación</b> | <b>39</b>   |
| <b>3. Objetivos de la Investigación</b>                              | <b>43</b>   |
| <b>4. Hipótesis de Estudio</b>                                       | <b>47</b>   |
| <b>5. Tipo de Investigación</b>                                      | <b>51</b>   |
| <b>6. Estudios de la Tesis</b>                                       | <b>55</b>   |
| <b>6.1. Estudio I</b>                                                | <b>55</b>   |
| <b>6.1.1. Introducción</b>                                           | <b>55</b>   |
| <b>6.1.2. Material y Métodos</b>                                     | <b>57</b>   |
| <b>6.1.3. Resultados</b>                                             | <b>62</b>   |
| <b>6.1.4. Discusión</b>                                              | <b>65</b>   |
| <b>6.1.5. Referencias Bibliográficas</b>                             | <b>68</b>   |
| <b>6.2. Estudio II</b>                                               | <b>73</b>   |
| <b>6.2.1. Introducción</b>                                           | <b>73</b>   |
| <b>6.2.2. Material y Métodos</b>                                     | <b>76</b>   |
| <b>6.2.3. Resultados</b>                                             | <b>83</b>   |
| <b>6.2.4. Discusión</b>                                              | <b>89</b>   |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2.5. Referencias Bibliográficas                                                               | 94  |
| 6.3. Estudio III                                                                                | 101 |
| 6.3.1. Introducción                                                                             | 101 |
| 6.3.2. Material y Métodos                                                                       | 105 |
| 6.3.3. Resultados                                                                               | 107 |
| 6.3.4. Discusión                                                                                | 110 |
| 6.3.5. Referencias Bibliográficas                                                               | 113 |
| 6.4. Estudio IV                                                                                 | 119 |
| 6.4.1. Introducción                                                                             | 119 |
| 6.4.2. Material y Métodos                                                                       | 122 |
| 6.4.3. Resultados                                                                               | 131 |
| 6.4.4. Discusión                                                                                | 136 |
| 6.4.5. Referencias Bibliográficas                                                               | 142 |
| 7. Conclusiones Generales                                                                       | 151 |
| 8. Prospectivas de investigación                                                                | 157 |
| 9. Índice de Figuras                                                                            | 161 |
| 10. Índice de Tablas                                                                            | 165 |
| 11. Anexos                                                                                      | 167 |
| 11.1. Anexo I: Cuestionario sobre pérdida de peso en deportes<br>de combate (PPDC)              | 169 |
| 11.2. Anexo II: Cuestionario POMS                                                               | 177 |
| 11.3. Anexo III: Informe de la Comisión de Ética de la Universidad                              | 181 |
| 11.4. Anexo IV: Consentimiento informado                                                        | 185 |
| 11.5. Anexo V: Informe sobre la Investigación para participantes y<br>responsables federativos. | 189 |





# **1.- INTRODUCCIÓN GENERAL**



---

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

---

### 1.1. Antecedentes

En esta sección se estudiará el estado actual de conocimiento científico sobre los efectos que sufren los deportistas de combate en su rendimiento físico y psicológico durante las pérdidas de peso previas a sus competiciones prioritarias de la temporada, así como la escasa información científica disponible hasta la fecha sobre la rápida recuperación del rendimiento que acontece durante las escasas horas que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo. Se analizará igualmente la validez de las diferentes técnicas empleadas comúnmente para conocer el estado de hidratación de estos deportistas, así como las herramientas disponibles en la actualidad para conocer los hábitos y estrategias de pérdida de peso y su posterior recuperación en los deportes de combate.

Las disciplinas olímpicas que engloban los deportes de combate son la lucha olímpica, el judo, el taekwondo, el boxeo y la esgrima. Estas modalidades representan aproximadamente el 25% de las medallas olímpicas y algunas de ellas son seguidas por millones de aficionados (Kim, Greenwell, Andrew y Mahony, 2008; Ko, Kim y Valacich, 2010).

La mayoría de estos deportes se rigen por un sistema de categorías de peso (excepto la esgrima), agrupando a los deportistas de acuerdo a la masa corporal. Este protocolo se realiza para que los enfrentamientos entre los competidores sean lo más equilibrados posible en cuanto a fuerza, agilidad y tamaño corporal (Burke y Cox, 2009; Langan-Evans, Close y Morton, 2011), permitiendo de esta forma que las habilidades técnico-tácticas de los deportistas sean los verdaderos protagonistas en el desenlace del combate. No obstante, esta característica hace que la gran mayoría de atletas de estas

modalidades reduzcan su peso corporal con la intención de conseguir mejoras en su rendimiento físico y obtener ventaja con respecto a los oponentes de las categorías inferiores más ligeros y de menor tamaño (Artioli, Gualano, Franchini, Scagliusi, Takesian, Fuchs y Lancha, 2010a; Horswill, 1992; Langan-Evans et al., 2011). Para estas disciplinas de combate, las pérdidas de peso están incluidas en su filosofía como deporte y, dentro de este ámbito deportivo, son ejecutadas por la mayoría de deportistas de forma tradicional, sin platearse los efectos adversos que puedan tener sobre su rendimiento o salud. Esta estrategia es tan usual que también es llevada a cabo por adolescentes y niños que se inician en estos deportes, habiéndose descrito en diferentes trabajos efectos perjudiciales sobre su salud como alteraciones hormonales del crecimiento (Roemmich y Sinning, 1997; Sansone y Sawyer, 2005).

Los reglamentos de las federaciones nacionales e internacionales de estas disciplinas olímpicas (lucha olímpica, judo, taekwondo y boxeo) exigen una evaluación del peso corporal de cada participante unas horas antes del inicio de la competición. Este lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo no es estable, sino que puede fluctuar entre 6 y 18 horas, dependiendo de la modalidad deportiva y del tipo de evento (i.e., autonómicos, nacionales e internacionales). Estas características reglamentarias hacen que los deportistas intenten maximizar los niveles de masa muscular, minimizar los de masa grasa e inducirse una severa deshidratación para, como objetivo final, minimizar su masa corporal total, durante las fases de puesta a punto o afinamiento para las competiciones más importantes (2-6 semanas) (García-Pallarés, de la Cruz, Torres-Bonete, Muriel & Díaz, 2011). Entre todas las manipulaciones de composición corporal que realizan estos deportistas, la pérdida neta de agua corporal es el principal mecanismo utilizado por los deportistas de combate durante las últimas

horas o incluso días antes del torneo para lograr una rápida bajada de la masa corporal (Wilmore, 2000).

La mayoría de estas metodologías de pérdidas de peso empleadas por los especialistas de deportes de combate antes de las competencias están consideradas en la literatura científica y divulgativa como “agresivas” y perjudiciales para su salud. Esta aproximación a la competición es conocida internacionalmente como “Weight Cutting”, y es practicada en la totalidad de los deportes de combate olímpicos que se rigen por categorías de peso. Según Artioli et al. (2010a) en su investigación realizada con judocas, el 86% de los participantes había perdido peso para la competición, con reducciones de hasta el 5% de su peso corporal. Steen y Brownell (1990) detectaron en los luchadores estadounidenses que el 41% de los universitarios habían tenido fluctuaciones de su peso corporal entre 5,0 y 9,1 kg en algunas semanas de la temporada, y que el 23% de luchadores habían perdido entre 2,7 y 4,5 kg por semana. Para llevar a cabo estas reducciones corporales realizaban métodos considerados altamente agresivos, como por ejemplo la deshidratación severa, la restricción de alimentos, el ayuno e incluso en algunos casos vómitos forzados, laxantes y diuréticos. En esta misma línea, Kinningham y Gorenflo (2001) afirman que más del 50% de los luchadores en edades de educación secundaria investigados perdían más de 2,0 kg en las semanas previas a la competición. La investigación realizada por Kazemi et al. (2005) afirma que el 54% de los atletas de taekwondo analizados realizaron una dieta previa a la competición para reducir su masa corporal. En la modalidad del boxeo, Jako (1986) afirmaba que los púgiles manipulaban su masa corporal antes de las competencias para ganar ventajas fisiológicas y psicológicas sobre sus oponentes. En esta misma línea, Smith (1998) documenta que en los últimos siete días para una competición

internacional los boxeadores pueden reducir su peso en un 5% aproximadamente, e incluso pueden llegar a perder un 4% en las tres horas previas al pesaje.

En la mayoría de los casos, los deportistas que se encuentran con un peso natural situado en la mitad de dos categorías, tienden a reducir su masa corporal para competir en la categoría inferior (Franchini, Brito y Artioli, 2012). No obstante, en la práctica real de algunas de estas especialidades, los deportistas llegan a descender dos categorías de peso sobre la que podría considerarse su categoría natural, especialmente en la preparación de eventos prioritarios como Campeonatos del Mundo y Juegos Olímpicos. Para diferentes autores resulta destacable que la gran mayoría de estos deportistas reducen el grueso de su masa corporal en la última semana previa a la competición (Artioli et al., 2010a; Steen y Brownell, 1990; Oppliger, Steen y Scott, 2003).

Los métodos más utilizados por los competidores de los deportes de combate para realizar rápida pérdida de su masa corporal son la reducción de la ingesta energética, reducción de hidratos de carbono y grasas, reducción de la ingesta de líquidos, aumento del ejercicio físico, deshidratación, uso de saunas y trajes de plástico, ayuno parcial o total, etc. (Artioli et al., 2010a; Artioli, Scagliusi, Kashiwagura, Franchini, Gualano y Junior, 2010b; Brito, Roas, Brito, Marins, Cordova y Franchini, 2012; Oppliger et al., 2003; Short y Short, 1983; Steen y Brownell, 1990; Weissinger, Housh, Johnson y Evans, 1991; Woods, Wilson y Masland, 1988). Un grupo reducido de estudios han descrito los protocolos utilizados habitualmente por los deportistas para realizar las rápidas bajadas de peso. En el estudio realizado por Oppliger et al. (2003) con luchadores universitarios se analizaban las preferencias de métodos de estos deportistas para realizar las bajadas de peso, destacando como los principales elecciones la dieta gradual y el aumento del ejercicio con 79,4% y 75,2% de prevalencia respectivamente. También se registró que un 54,8% de los participantes realizaban ayuno, más del 26%

utilizaban saunas y trajes de plástico, al menos una vez al mes, y muy rara vez se aplicaron vómitos para reducir su peso. Para Brito et al. (2012), el 60% de sus atletas cuestionados utilizaban el aumento del gasto de energía mediante ejercicio aeróbico como principal método de rápida pérdida de peso, el 50% utilizaba las saunas y las prendas de plástico, y sólo el 26% estaban asesorados por nutricionistas. En algunos casos se han registrado métodos más violentos y cruentos como los laxantes, diuréticos, píldoras de dietas, sustancias farmacológicas que aceleran los procesos de deshidratación, etc. (Filaire, Rouveix, Pannafieux Y Ferrand, 2007; Steen y Brownell, 1990; Weissinger et al., 1991; Woods et al., 1988). Algunos deportistas incluso han realizado extracciones de sangre antes del pesaje oficial en un torneo, para realizar una posterior re-infusión nada más cumplido este trámite (Horswill, 1992). Estos protocolos tan agresivos están prohibidos por la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) y pueden causar positivos en los controles realizados en los deportes de combate (Cadwallader, de la Torre, Tieri y Botre, 2010), lo que ha propiciado que estos deportistas eviten algunas de estas metodologías extremas de pérdidas de peso, especialmente las invasivas. En términos generales, la elección entre una metodología u otra (o una combinación de ellas) para reducir el peso corporal antes de una competición varía principalmente según tres factores: 1º) el nivel competitivo de los deportistas (clase mundial, elite o sub-elite), 2º) el porcentaje de masa corporal que quieran disminuir antes del pesaje reglamentario y 3º) el tiempo que reste entre el inicio de la pérdida de peso (semanas o días) y el campeonato (Stenn y Brownell, 1990).

La singularidad del reglamento de estos deportes olímpicos de combate en lo relativo al momento del pesaje oficial y el lapso de tiempo que existe con el comienzo de la competición, sigue motivando a los competidores a realizar estrategias de descenso de su masa corporal ciertamente extremas. Además, los deportistas utilizan

este periodo entre el pesaje oficial y el primer combate de la competición para realizar una rápida rehidratación y rellenado de las reservas energéticas (principalmente glucógeno hepático y muscular), permitiendo llegar en un estado significativamente mejor de salud y de rendimiento físico a la competición del que se encontraban durante el periodo precompetitivo de Weight Cutting. A pesar de que el perfil de los deportistas de combate se caracteriza por una alta potencia anaeróbica, alta capacidad anaeróbica, alta resistencia muscular, etc., siempre ha de tenerse en cuenta las respuestas individuales que generan las caídas de peso, así como la posterior recuperación tras el pesaje oficial (Horswill, 1992).

## **1.2. Efectos de las pérdidas de peso**

Las rápidas pérdidas de peso que realizan los deportistas de combate en las fases precompetitivas producen diferentes efectos adversos sobre el rendimiento que han sido examinados por numerosos investigadores en la literatura internacional. La mayoría de autores se centraron en analizar los efectos que se producían durante estas fases de pérdida de masa corporal en el rendimiento de diferentes manifestaciones de la fuerza (isométrica, isocinetica e isoinercial), en la resistencia muscular, en la potencia muscular, la capacidad anaeróbica y en el consumo máximo de oxígeno (Caldwell, Ahonen y Nousiainen, 1984; Hickner, Horswill, Welker, Scott, Roemmich y Costill, 1991; Horswill, Hickner, Scott, Costill, y Gould, 1990; Houston Marin, Green y Thomson, 1981; Jacobs, 1980; Kelly, Gorney y Kalm, 1978; Widerman y Hagan, 1982; Kraemer, Fry, Rubin, Triplett-McBride, Gordon, Koziris, Lynch, Volek, Meuffels, Newton y Fleck, 2001; McMurray, Proctor y Wilson, 1991; Park, Roemmich y Horswill, 1990; Webster, Rutt y Weltman, 1990).

Algunas de esas investigaciones han detallado ciertos mecanismos que pueden estar detrás de los descensos del rendimiento físico como son la disminución del volumen plasmático, el aumento del ritmo cardíaco, las alteraciones de la termorregulación, el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular, la reducción de la capacidad del sistema buffer, la hipoglucemia y la pérdida de proteínas, electrolitos y vitaminas (Hickner et al., 1991; Horswill et al., 1990; Kraemer et al., 2001; Umeda, Nakaji, Shimoyama, Yamamoto, Totsuka y Sugawara, 2004; Webster et al., 1990). Todos estos cambios pueden reducir de forma aguda el rendimiento aeróbico y anaeróbico de los deportistas de combate, así como favorecer la aparición de patologías crónicas en el atleta si estas estrategias de deshidratación y bajadas de peso son muy continuadas y repetidas en el tiempo (Armstrong, 2012).

Estudios anteriores han demostrado que incluso con niveles de deshidratación inferiores al 2% del peso corporal, la capacidad del rendimiento físico en ejercicio de alta intensidad puede verse afectada (Burge, Carey y Payne, 1993; Walsh, Noakes, Hawley y Dennis, 1994). Wester et al. (1990), en un estudio de referencia, analizaron los parámetros fisiológicos de siete luchadores que perdieron un 4,9% de su peso corporal en las 36 horas previas a la ceremonia del pesaje, concluyendo que estos protocolos tan repentinos utilizados por los competidores tenían efectos nefastos sobre la fuerza, la potencia anaeróbica, la capacidad anaeróbica, la potencia aeróbica y el umbral de lactato. Los protocolos realizados por los atletas para reducir su masa corporal en tan poco tiempo también puede ocasionar lesiones. Umeda et al. (2004), en un estudio realizado a judocas, concluye que la restricción calórica y el ejercicio intenso antes de un torneo pueden tener efectos desfavorables sobre la potencia anaeróbica y la función muscular, incrementando el riesgo de lesiones del tejido musculoesquelético.

Así mismo, diferentes estudios han registrado que la rápida pérdida de peso (5-8% de la masa corporal) produce una depleción significativa de las reservas de glucógeno muscular y hepático de un 36-54% (Burge et al., 1993; Houston et al., 1981; Tarnopolsky, Cipriano, Woodcroft, Pulkkinen, Robinson, Henderson y MacDougall, 1996). Ésta caída de las reservas de glucógeno puede darse por el menor consumo de carbohidratos durante la fase de bajada de peso, disminuyendo de esta forma la capacidad de resistencia muscular en los ejercicios de intensidad intermitente. Los efectos producidos en las actividades de altas intensidad intermitente son los más estudiados por los investigadores relacionados con los deportes de combate. Así, Hickner et al. (1991) y Rankin et al. (1996) recurrieron a un test intermitente de 6 y 5 minutos que consistía en una ergometría de brazos de alta intensidad, donde pudieron apreciar estas pérdidas de rendimiento físico con las bajadas de peso. Timpmann et al. (2008) también coinciden con estos autores, aunque en este caso realizaron un test de resistencia muscular de tan sólo 3 minutos, donde observaron que el rendimiento físico durante periodos cortos de alta intensidad se ve afectado por la rápida pérdida de peso. Este estudio demuestra que la vertiginosa caída de la masa corporal de los deportistas de combate que este comprendida entre 3,3% y 5,1%, son perjudiciales para la función muscular en ejercicios de alta intensidad e intermitentes (Timpmann et al., 2008), es decir, que a pesar de los cambios que se han producido en algunas modalidades de combate de reducción del tiempo del enfrentamiento, los deportistas todavía se ven afectados por los efectos perjudiciales que producen las rápidas pérdidas de peso.

La mayoría de las investigaciones describen efectos negativos cuando se realizan las rápidas pérdidas de peso corporal, aunque también existen algunas características del rendimiento deportivo que no se ven afectadas y que incluso pueden hasta mejorar. Periard, Tamman y Thompson (2012) en un estudio muy específico, donde aislaron la

deshidratación utilizando la estimulación eléctrica, pudieron concretar que la producción de la fuerza evocada se mantenía igual, independientemente del estado de hidratación, sugiriendo que las rápidas bajadas de peso provocaban un efecto principalmente central. Kraemer et al., (2001) en un estudio donde evaluaron los cambios neuromusculares, fisiológicos y de rendimiento durante el periodo entre el pesaje oficial y el comienzo de la competición, destacaron la gran capacidad del organismo de estos competidores para “rebotar” de los descensos de rendimiento neuromuscular y del metabolismo anaeróbico que se producen durante la fase de la caída de peso. En este escaso periodo de tiempo (6-18 horas) los deportistas aumentan significativamente su rendimiento, siendo tal este cambio que recuperan una buena parte del estado de forma que ostentaban antes de comenzar el periodo de bajada de masa corporal. Todo esto parece indicar que el peso de los competidores al comienzo del torneo es muy similar al que poseían antes del comienzo de la fase de pérdida de peso, a pesar de que es evidente una disminución significativa del rendimiento deportivo durante la competición en comparación a los valores de la etapa precompetitiva (Hickner et al., 1991; Horswill et al., 1990; Klinzing y Karpowich, 1986; Kraemer et al., 2001; Webster et al., 1990) (Tabla 1).

En conclusión, la deshidratación puede producir muchos efectos fisiológicos negativos que tienen una evidente repercusión en el rendimiento deportivo del atleta. No obstante, deben tenerse en cuenta muchos otros aspectos como puede ser los métodos utilizados, las características del deportista, la dieta aplicada tras el pesaje oficial, etc. En todo caso, la deshidratación tan extrema que llevan a cabo los competidores de los deportes de combate, es posiblemente el principal mecanismo fisiológico que está detrás de los descensos del rendimiento deportivo. Un esquema general de los efectos

fisiológicos y de rendimiento que sufren los deportistas según el porcentaje de peso perdido en estas fases de Weight Cutting se muestra en la Tabla 2.

### **1.3. Efectos “rebote” tras la pérdida de masa corporal**

En este punto, hay que destacar que la inmensa mayoría de los estudios que han analizado los efectos de estas fases Weight Cutting no han dado a los deportistas la oportunidad de realimentarse y rehidratarse después de realizar el pesaje oficial para monitorizar el conocido como efecto “rebote” antes del comienzo del torneo. En estas modalidades olímpicas, tras el pesaje oficial, los atletas tienen un tiempo determinado (6-18 horas) para poder recuperar, al menos en parte, el peso corporal que tenían antes de la fase de bajada de peso. Como se ha comentado anteriormente, la estrategia de aumentar el peso por estos deportistas es muy común después de realizar el pesaje oficial. Rankin et al. (1996) afirmaron que los deportistas que llevaban a cabo una dieta alta en carbohidratos después de realizar el pesaje oficial, tendían a recuperar su rendimiento en mayor medida que aquellos que seguían una dieta moderada en carbohidratos. La suplementación con creatina relacionada con la ingesta de glucosa durante las 17 horas posteriores a la pérdida rápida de peso estimula la recuperación del rendimiento físico en los esfuerzos de máxima intensidad en deportistas bien entrenados (Ööpik, Pääsuke, Timpmann, Medijainen, Erelina y Gapajeva, 2002). En otra investigación relacionada con la ganancia de peso, Kordi et al. (2012) encontraron que el 68% de los sujetos medidos aumentaron un  $2,2 \pm 1,7\%$  de su masa corporal, en el tiempo transcurrido entre el pesaje oficial y después de la primera ronda de combates. Choma et al. (1998), también afirmaron que después de la rehidratación los deportistas volvieron a su estado de ánimo inicial y pasadas 72 horas, con los alimentos y líquidos adecuados, las cantidades de glucosa en sangre y volumen de plasma se restablecieron a

sus valores basales. En este mismo sentido, Horswill et al. (1994) analizaron las ganancias de peso de los competidores tras el pesaje, pero fueron más allá, agrupando a los participantes en vencedores y vencidos. Pudieron observar que no había diferencias entre los deportistas, encontrando valores similares: ganadores con ganancias de  $3,5 \pm 1,2$  kg y derrotados con ganancias de  $3,5 \pm 1,5$  kg. Sin embargo Wroble y Moxley (1998), en una competición de nivel regional, encontraron que los competidores que realizaron una mayor bajada de peso obtuvieron mejores resultados que aquellos que perdieron menos peso. También Artioli et al. (2010c), en un estudio realizado con judocas, observaron que tras una deshidratación de aproximadamente 5% de pérdida de peso corporal y tras una recuperación de 4 horas con alimentos y líquidos, no se vieron afectados los resultados del rendimiento específico, capacidad anaeróbica, glucosa y lactato. En un estudio realizado en la década de los ochenta por Widerman y Hagan (1982) se registró el mantenimiento de la potencia aeróbica máxima, e incluso el aumento de la fuerza muscular, en un luchador que era capaz de realizar pérdidas de peso de aproximadamente el 8% de su masa corporal mediante restricción calórica y deshidratación. Por tanto, hay varios estudios que no han encontrado efectos perjudiciales en el rendimiento anaeróbico cuando han permitido a los sujetos una recuperación de al menos 4-5 horas después del pesaje (Fogelholm, Koskinen, Laakso, Rankinen y Ruokonen, 1993; Klinzing y Karpowicz, 1986; Rankin, Ocel y Crart, 1996; Serfass, Stull, Alexander y Ewing, 1984; Singer y Weiss, 1968). Algunos de estos estudios más completos quedan detallados en la Tabla 3.

Otro rendimiento que puede verse afectado a causa de la pérdida rápida del peso corporal es el psicológico. Muchos estudios han demostrado que los extremos protocolos de bajadas de peso realizados por los deportistas de combate pueden ocasionar disminución de la memoria a corto plazo, el vigor, la concentración y el

autoestima, así como también, el aumento de la confusión, la ira, la fatiga, la depresión y el aislamiento (Degoutte, Jouanel, Begue, Colombier, Lac, Pequignot y Filare, 2006; Filare, Maso, Degoutte, Jouanel y Lac, 2001; Stenn y Brownell, 1990; Umeda et al. 2004), pudiendo afectar todo esto en el rendimiento deportivo. La falta de concentración puede afectar al competidor en un evento de alto nivel para hacer frente a las diferentes distracciones. La disminución de la memoria a corto plazo puede perturbar la capacidad de un deportista para seguir sus instrucciones o las del entrenador antes o durante un combate. La confusión provocada en un atleta de combate puede cambiar negativamente su capacidad de tomar decisiones, así como la rabia excesiva puede ocasionar decisiones anticipadas o erróneas y acciones ilegales. La depresión y el aislamiento pueden alterar la efectividad de sesiones de entrenamiento exigente, mientras que unos niveles bajos de autoestima pueden condicionar la posibilidad de ganar un combate, sobre todo contra rivales de alto nivel.

Tabla 1: Estudios sobre los efectos de la pérdida de peso (deshidratación) en el rendimiento.

| Publicación            | Muestra                      | Pérdida masa corporal (%) | Tiempo pérdida masa corporal | Métodos empleados en la bajada de peso              | Resultados                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuttle, 1943           | 6 luchadores universitarios  | 4,5%                      | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica sin diferencias significativas</li> <li>• Tiempo de reacción sin diferencias significativas</li> </ul>                                                        |
| Saltin, 1964           | 10 atletas                   | 1,6% y 4,7%               | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                              |
| Bock et al., 1967      | 10 luchadores universitarios | 0,4% y 3,8%               | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                   |
| Greeleaf et al., 1967  | 12 mujeres                   | 3,3%                      | S/I                          | Ejercicio aeróbico                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima sin cambios significativos</li> </ul>                                                                                                                  |
| Singer & Weiss, 1968   | 10 luchadores                | 7,1%                      | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica sin cambios significativos</li> </ul>                                                                                                                         |
| Bosco et al., 1974     | 21 atletas                   | 5,7%                      | S/I                          | Restricción de agua                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima (-10,4%)</li> <li>• Resistencia muscular (-9%)</li> </ul>                                                                                              |
| Kelly et al., 1978     | 4 luchadores universitarios  | 3,0%                      | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                   |
| Torranin et al., 1979  | 20 sujetos                   | 4,0%                      | S/I                          | Sauna                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-31% tiempo de agotamiento)</li> </ul>                                                                                                                    |
| Jacobs, 1980           | 11 luchadores                | 2,0% y 5,0%               | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza tren inferior sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                  |
| Bijlani & Sharma, 1980 | 14 sujetos                   | 3,0%                      | S/I                          | Sauna                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-31,8%)</li> <li>• Fuerza isométrica máxima sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                     |
| Houston et al., 1981   | 4 luchadores senior          | 8,0%                      | S/I                          | S/I                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> <li>• Capacidad anaeróbica sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza isométrica disminuye (sin datos)</li> </ul> |
| Wilderman & Hagan 1982 | 1 luchador senior            | 8,0%                      | S/I                          | Dieta<br>Ejercicio aeróbico<br>Ejercicio específico | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia aeróbica máxima mantenida</li> <li>• Fuerza muscular mantenida</li> </ul>                                                                                              |

|                         |                                                                             |                   |          |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Serfass et al., 1984    | 11 luchadores                                                               | 5,0%              | S/I      | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza resistencia isométrica sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                     |
| Caldwell et al., 1984   | 62 atletas                                                                  | 4,1% y 1,2%       | S/I      | Sauna<br>Diuréticos<br>Ejercicio aeróbico        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> <li>• Carga trabajo VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                    |
| Vitasalo et al., 1987   | 14 jugadores de voleibol                                                    | 3,4%, 5,8% y 3,8% | S/I      | Sauna<br>Dieta y diuréticos<br>Diuréticos        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima (-7,8%) (sauna)</li> <li>• Tasa producción de fuerza (-16,1%) (sauna)</li> </ul>                                                                                                                               |
| Caterisano et al., 1988 | 6 atletas corta distancia<br>5 atletas fondo y medio fondo<br>6 sedentarios | 3,0%              | S/I      | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular tren inferior (-19,5% anaeróbicos, -19,3% sedentarios)</li> </ul>                                                                                                                                                  |
| Horswill et al., 1990   | 12 luchadores                                                               | 6,2%              | 4 días   | i) Dieta baja; ii) alta en carbohidratos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad anaeróbica de brazos sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                                                |
| Wester et al., 1990     | 7 luchadores intercolegiales                                                | 4,9% en           | 36 horas | Sudadera de goma                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia anaeróbica (-21,5%)</li> <li>• Capacidad anaeróbica (-9,7%)</li> <li>• Velocidad y pico umbral lactato sin diferencias significativas</li> <li>• VO<sub>2</sub> pico (-6,7%)</li> <li>• Capacidad aeróbica (-12,4%)</li> </ul> |
| McMurray et al., 1991   | 12 luchadores de competición                                                | 3,2%              | 7 días   | i) Dieta normal; ii) dieta alta en carbohidratos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia anaeróbica total (-7%) dieta normal</li> <li>• Potencia anaeróbica media (-6%) dieta normal</li> </ul>                                                                                                                         |

|                          |                                       |                           |     |                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Greiwe et al., 1998      | 7 hombres                             | 3,8±0,4%                  | S/I | Sauna                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen plasma (-7,5±4,6%, 60 min / 5,7±4,4, 120 min)</li> <li>• Fuerza isométrica extensión de rodilla y flexión de codo sin cambios significativos</li> <li>• Resistencia muscular extensión de rodilla y flexión de codo sin cambios significativos</li> </ul> |
| Montain et al., 1998     | 5 hombres activos y 5 mujeres activas | 4,0%                      | S/I | Ejercicio aeróbico en ambiente caluroso (40 ° C, 20% de humedad relativa) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-15%)</li> <li>• Fuerza muscular sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                                                  |
| Choma et al., 1998       | 14 luchadores universitarios          | 5%                        | S/I | S/I                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estados de ánimo negativos.</li> <li>• Glucosa 13.7 mg · dl-1 más baja.</li> <li>• Hipoglucemia (+37%).</li> <li>• Volumen plasma (-11%).</li> </ul>                                                                                                              |
| Smith 2000               | 7 boxeadores aficionados              | 3,8%                      | S/I | Traje de plástico 25 min pedaleo a 60W por día                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen plasma sin diferencias significativas</li> <li>• Rendimiento específico de boxeo sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                |
| Schoffstall et al., 2001 | 10 deportistas de combate             | 1,7%                      | S/I | Sauna (2 horas)                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza máxima (1RM Press banca) (-5,6%)</li> <li>• Resistencia muscular al 25% (-23%)</li> <li>• Resistencia muscular al 70% (-13%)</li> </ul>                                                                                                                    |
| Bigard et al., 2001      | 11 hombres sanos                      | 2,95%                     | S/I | Sauna                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                |
| Gutiérrez et al., 2003   | 6 hombres y 6 mujeres atletas         | 1,8% hombres 1,4% mujeres | S/I | Sauna                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinamómetro manual sin diferencias significativas</li> <li>• Potencia salto vertical sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                    |

|                          |                         |                        |        |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Umeda et al., 2004       | 22 judocas              | 5,5±2,8% y<br>1,3±1,0% | 4 días | Traje de plástico<br>Sauna                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia anaeróbica máxima (-4,9%)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         |
| Judelson et al.,<br>2007 | 7 hombres<br>entrenados | 2,4±0,4% y<br>4,8±0,4% | S/I    | Ejercicio aeróbico<br>en cámara (36-<br>37°C, 40-50 % de<br>humedad relativa) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salto vertical sin diferencias significativas</li> <li>• Potencia pico del tren inferior sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza pico del tren inferior sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza resistencia tren inferior (-series 2 y 3; -series 2 y 5)</li> </ul> |
| Artioli et al, 2010c     | 7 judocas               | 4,8±1,1%               | 5 días | Métodos habituales<br>(S/I)                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento específico sin diferencias significativas</li> <li>• Wingate parte superior del cuerpo sin diferencias significativas</li> <li>• Glucosa y lactato sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                              |
| Kraft et al, 2010        | 10 hombres              | 3,0%                   | S/I    | Sauna<br>Restricción de<br>líquidos                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-15%)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                |

*S/I: Sin Información.*

Tabla 2: Resumen de los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica para los diferentes grados de pérdida de masa corporal.

|                        | Resistencia aeróbica                                                                                                                                                  | Resistencia anaeróbica                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuerza y potencia muscular                                                                                                                                                                                                                                                                       | Rendimiento específico en combate                                        |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pérdidas 0-1,9%</b> | <b>Sin diferencias relevantes</b><br>(Bock et al., 1967; Caldwell et al., 1990)                                                                                       | No se ha descrito en la literatura                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Sin diferencias relevantes</b><br>(Saltin 1964; Gutiérrez et al., 2003)                                                                                                                                                                                                                       | No se ha descrito en la literatura                                       |
| <b>Pérdidas 2-5%</b>   | <b>Sin diferencias relevantes</b> (Bock et al., 1967; Kelly et al., 1978; Caldwell et al., 1990)<br><b>Descensos altos</b> (Wester et al., 1990; Bigard et al., 2001) | <b>Sin diferencias relevantes</b><br>(Artioli et al., 2010c)<br><b>Descensos moderados</b><br>(McMurray et al., 1991; Judelson et al., 2007)<br><b>Descensos altos</b><br>(Bijlani & Sharma 1980; Catteresiano et al., 1988; Wester et al., 1990; Montain et al., 1998; Bigard et al., 2001; Kraft et al., 2010) | <b>Sin diferencias relevantes</b><br>(Tuttle 1943; Saltin 1964; Greeleaf et al., 1967; Jacobs 1980; Bijlani & Sharma 1980; Serfass et al., 1984; Greiwe et al., 1998; Montain et al., 1998; Bigard et al., 2001; Judelson et al., 2007)<br><b>Descensos moderados</b><br>(Vitasalo et al., 1987) | <b>Sin diferencias relevantes</b><br>(Smith 2000; Artioli et al., 2010c) |
| <b>Pérdidas &gt;5%</b> | <b>Sin diferencias relevantes</b> (Houston et al., 1981; Wilderman & Hagan 1982)                                                                                      | <b>Sin diferencias relevantes</b> (Houston et al., 1981; Horswill et al., 1990)<br><b>Descensos moderados</b><br>(Bosco et al., 1974; Umeda et al., 2004)                                                                                                                                                        | <b>Sin diferencias relevantes</b><br>(Singer & Weiss 1968; Houston et al., 1981; Wilderman & Hagan 1982)<br><b>Descensos altos</b><br>(Bosco et al., 1974)                                                                                                                                       | No se ha descrito en la literatura                                       |

*Descenso moderado: 7%-10%. Descenso alto: >10%*

Tabla 3: Resumen de los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica en las fases de recuperación o “rebote” que acontecen entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo.

| Artículo/Autor        | Pérdida masa corporal (%) | Tiempo de Recuperación (horas) | Ganancias masa corporal (kg) | Métodos de Recuperación           | Efectos Fisiológicos                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Horswill et al., 1994 | S/I                       | 20 horas                       | 3,5 ± 1,5 Kg                 | Libre elección por el deportista  | Rendimiento específico sin diferencias significativas                                                              |
| Rankin et al., 1996   | S/I                       | 5 horas                        | S/I                          | Dieta con 75% Hidratos de Carbono | Rendimiento Anaeróbico sin diferencias significativas                                                              |
| Ööpik et al., 2002    | 4,5-5,3%                  | 17 horas                       | S/I                          | Creatina más glucosa              | Rendimiento anaeróbico aumento significativo (19,2%)                                                               |
| Artioli et al., 2010c | 5%                        | 4 horas                        | S/I                          | Alimentos y líquidos              | Rendimiento específico y capacidad anaeróbica con mejoras significativas con respecto a la fase de pérdida de peso |

*S/I: Sin Información.*

#### **1.4. Validez de los indicadores del estado de hidratación**

El agua en el deportista de combate es esencial para regular el metabolismo, la temperatura central y otros procesos fisiológicos que en definitiva van a condicionar notablemente su salud y rendimiento. Este fluido es el medio de la función circulatoria, reacciones bioquímicas, transporte de sustratos a través de las membranas celulares, entre los diferentes procesos fisiológicos. El volumen de fluidos, los electrolitos y el agua que se encuentra en todo el cuerpo cambia constantemente, ya que el agua se pierde por los pulmones, la piel y los riñones, y porque de los alimentos y fluidos también se obtiene agua (Amstrong, 2007). El término deshidratación está referido a la pérdida de agua a través de la orina, el sudor, las heces y el vapor de la respiración, produciendo una reducción del agua corporal total por debajo de la media del valor basal. No existe un consenso concluyente sobre la definición de este término para los fisiólogos, ya que se utilizan varias técnicas para evaluar el estado de deshidratación (osmolaridad en plasma o en orina, gravedad específica de la orina, peso corporal, impedancia bioeléctrica, color de la orina, sensación de sed, etc.).

De todas estas técnicas mencionadas, la mayoría de investigaciones afirman que el método “Gold Standar” para evaluar la hidratación es la osmolaridad medida en plasma ( $P_{OSM}$ ) o en orina ( $U_{OSM}$ ), es decir ofrece exactitud, precisión y fiabilidad (Amstrong, 2007; Shirreffs, 2003). Esta determinación se ha de llevar a cabo en laboratorio y bajo condiciones muy controladas, por lo que requieren de una gran cantidad de recursos humanos de alta cualificación y materiales de un alto coste económico, propiciando que en la práctica real sea un método inaccesible para monitorizar el estado de hidratación de los deportistas, un problema especialmente importante en los especialistas de deportes de combate. Por consiguiente, resulta necesario proporcionar una herramienta

que tenga índices aceptables de validez para establecer el estado de hidratación de los atletas, y que a su vez sea fácil de utilizar, seguros, portátiles y de bajo coste económico.

Algunos de los métodos más usados son la gravedad específica de la orina ( $U_{SG}$ ), el color de la orina ( $U_{COL}$ ), la impedancia bioeléctrica (BIA) y la percepción de sed (EPS).

#### *Gravedad específica de la orina*

Esta técnica estudia la densidad (relación entre la masa y el volumen) de una muestra de orina en comparación con la densidad del agua. Cualquier líquido que es más denso que el agua tiene una gravedad específica mayor de 1,000 u. Las muestras de orina de personas adultas sanas se encuentran en un rango de 1,013 a 1,029. Los sujetos durante la deshidratación tienen una  $U_{SG}$  que supera 1,030, estando en el caso contrario de hiperhidratación con valores entre 1,001 y 1,012 (Amstrong, Maresh, Castellani, Bergeron, Kenefick, LaGasse y Riebe, 1994; Amstrong, Soto, Hacker, Casa, Kavouras y Maresh, 1998). Para llevar a cabo este proceso sólo hace falta un refractómetro de mano, donde se colocan unas pocas gotas de orina. Este protocolo se realiza con rapidez y precisión, habiéndose probado su validez para conocer el estado de hidratación en diferentes estudios previos (Hamouti, Del Coso, Ávila y Mora-Rodriguez, 2010; Oppliger y Bartok, 2002; Popowski, Oppliger, Patrick Lambert, Johnson, Johnson y Gisolfi, 2001), aunque en ninguno de estos trabajos se analizó un amplio rango de estados de deshidratación y con un gran tamaño muestral.

#### *Impedancia bioeléctrica*

Esta técnica recoge la corriente eléctrica que fluye a través del cuerpo humano, por medio de las manos y pies. Estas mediciones utilizan esta propiedad para proporcionar estimaciones de la composición corporal, así como el agua que posee el

cuerpo. Algunos estudios de validación de este método verifican que es fiable y válido, con un coeficiente de variación en repetidas mediciones de 1,5% a 3,4% (Boulier, Thomasset y Apfelbaum, 1992; O'Brien, Baker-Fulco, Young y Sawka, 2002; Suprasongsin, Kalhan y Arslanian, 1995). Sin embargo, otras investigaciones reflejan que varios factores ambientales y de protocolo pueden reducir la fiabilidad y la validez de esta técnica (Berneis y Keller, 2000; Buono, Burke, Endemann, Graham, Gressard, Griswold y Michalewicz, 2004; Dunbar, Melahrinides, Michielli y Kalinski, 1994; Roos, Westendorp, Frolich y Meinders, 1992). La validez de esta técnica tampoco se midió en estados extremos de deshidratación. Bartok et al. (2004) examinaron varios sujetos mediante esta técnica, tanto la impedancia bioeléctrica, como la impedancia bioeléctrica multifrecuencia, reportando una limitación significativa de este método para evaluar la deshidratación.

### *Color de la orina*

Esta técnica sería una de las más sencillas de llevar a cabo, ya que cualquier persona con un mínimo de experiencia podría determinar observando el color de la orina cuánto necesita rehidratarse. Esta escala define ocho niveles de color que van de un amarillo pálido a un marrón verde (Amstrong et al., 1994; Amstrong et al., 1998). La validez y reproducibilidad de esta técnica se ha considerado aceptable por diferentes estudios (Amstrong et al., 1994; Amstrong et al., 1998; Ormerod, Elliott, Scheett, VanHeest, Armstrong y Maresh, 2003), aunque en ningún caso se han realizado estas validaciones con un amplio tamaño muestral, y más concretamente con muestras de niveles extremos de deshidratación como son las que presentan los deportistas de combate en las fases de bajada de peso.

*Percepción de sed*

Este protocolo suele utilizarse en la práctica de los deportes de combate como último recurso cuando otros instrumentos o conocimientos técnicos no están disponibles. La percepción de sed se puede monitorizar para predecir el umbral de la deshidratación. La sed se mide con una escala de calificación que va de 0 (no se tiene sed en absoluto) a 10 (muy, muy sediento) desarrollada por Riebe et al. (1997). También hay que destacar que numerosos factores pueden alterar la sensación de sed del individuo. Al igual que con el color de la orina, la validez de esta herramienta en situaciones extremas de deshidratación no está clara en la literatura.

**1.5. Instrumentos para monitorizar las pérdidas de peso**

Diferentes autores han diseñado cuestionarios que permiten registrar los hábitos y métodos que llevan a cabo los deportistas de combate para manejar su peso durante las fases de *Weight Cutting* (Artioli et al., 2010b; Kiningham y Gorenflo, 2001; Oppliger, Landry, Foster y Lambrecht, 1993; Steen & Brownell, 1990), no obstante, ninguno de estos instrumentos permite estudiar los protocolos y estrategias que realizan estos deportistas para recuperarse en el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo. Así mismo, resulta destacable que estos cuestionarios preguntan en cualquier momento de la temporada a los atletas sobre sus prácticas habituales en las fases *Weight Cutting*, por lo que ninguno de estos instrumentos está diseñado para administrarse en el contexto concreto de una competición. Además del sesgo evidente que puede existir en los resultados por la diferencia temporal que separa el momento en el que se cumplimentó el cuestionario y la fase de bajada de peso, estos instrumentos no permiten realizar estudios de tipo longitudinal donde se detecten cambios relevantes en

los hábitos de manejo de la masa corporal de los atletas según diferentes factores como el nivel de la competición (i.e., local, estatal o internacional), el cambio de categoría de peso, o incluso el encadenamiento de competiciones en un periodo corto de tiempo. En todo caso, ninguna de estas herramientas está diseñada en castellano (i.e., inglés (Artioli et al., 2010b; Kinningham y Gorenflo, 2001; Oppliger et al., 1993; Steen & Brownell, 1990) o portugués (Artioli et al., 2010b)), además de estar exclusivamente diseñados para una modalidad de combate concreta (p.e., lucha olímpica (Kinningham y Gorenflo, 2001; Oppliger et al., 1993; Steen & Brownell, 1990) o judo (Artioli et al., 2010b)).

Resulta necesario por tanto diseñar una herramienta en castellano que permita monitorizar los hábitos y los métodos específicos que están realizando todos los deportistas de combate, no sólo para alcanzar la masa corporal de su categoría, sino también las estrategias que están llevando a cabo para recuperar lo más rápidamente posible un estado de salud y rendimiento óptimo antes del comienzo del primer combate. Futuros estudios que utilicen este instrumento podrán registrar los diferentes métodos empleados por los deportistas de combate para perder peso y su posterior recuperación, los factores que condicionan la elección de unos u otros protocolos, y sus efectos sobre el rendimiento físico y psicológico. Así mismo, estos resultados podrán ser utilizados por los organismos que regulan los deportes de combate para que, en base a evidencias científicas, promuevan cambios en el reglamento que permitan evitar ciertos hábitos y métodos de pérdida de peso nocivos e incluso ilegales que pueden estar llevándose a cabo actualmente, y de esta forma establecer un equilibrio entre la protección de la integridad física de los atletas y la optimización de su rendimiento deportivo.

### 1.6. Referencias Bibliográficas

- Armstrong, L.E. (2012). Challenges of linking chronic dehydration and fluid consumption to health outcomes. *Nutrition Reviews*, 70,(2): 121–127.
- Armstrong, L.E. (2007). Assessing Hydration Status: The Elusive Gold Standard. *Journal of the American College of Nutrition*, 26, No. 5, 575–584.
- Armstrong, L.E. (2005). Hydration assessment techniques. *Nutrition Reviews*, 63, 40–54.
- Armstrong, L.E., Soto, J.A., Hacker, F.T. Jr, Casa, J.R., Kavouras S.A. & Maresh C.M. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *International Journal of Sport Nutrition*, 8, 345–355.
- Armstrong, L.E, Maresh, C.M., Castellani, J.W., Bergeron, M.F., Kenefick, R.W., LaGasse, K.E. & Riebe, D. (1994). Urinary indices of hydration status. *International Journal of Sport Nutrition*, 4, 265–279.
- Artioli, G.G., Gualano, B., Franchini, E., Scagliusi, F.B., Takesian, M., Fuchs, M. & Lancha Junior, A.H. (2010a). Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 436–442.
- Artioli, G.G., Scagliusi, F., Kashiwagura, D., Franchini, E., Gualano, B. & Junior, A.L. (2010b). Development, validity and reliability of a questionnaire designed to evaluate rapid weight loss patterns in judo players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 177–187.
- Artioli, G.G., Iglesias, R.T., Franchini, E., Gualano, B., Kashiwagura, D.B., Solis, M. Y., Benatti, F.B., Fuchs, M. & Lancha Junior, A.H. (2010c). Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of Sport Science*, 28(1), 21–32.

- Bartok, C., Schoeller, D.A., Clark, R.R., Sullivan, J.C. & Landry, G.L. (2004). The Effect of Dehydration on Wrestling Minimum Weight Assessment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, No. 1, 160–167.
- Berneis, K. & Keller, U. (2000). Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. *Clinical Nutrition*, 19, 361–366.
- Bigard, A.X., Sanchez, H., Claveyrolas, G., Martin, S., Thimonier, B. & Arnaud, M.J. (2001). Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(10), 1694-700.
- Bijlani, R.L. & Sharma, K.N. (1980). Effect of dehydration and a few regimes of rehydration on human performance. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 24(4), 255-66.
- Bock, W., Fox, E.L. & Bowers, R. (1967). The effects of acute dehydration upon cardio-respiratory endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 7 (2), 67-72.
- Bosco, J.S., Greenleaf, J.E., Bernauer, E.M. & Card, D.H. (1974). Effects of acute dehydration and starvation on muscular strength and endurance. *Acta Physiologica Polonica*, 25(5), 411-21.
- Boulier, A., Thomasset, A.L. & Apfelbaum, M. (1992). Bioelectrical impedance measurement of body water. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55, 761–762.
- Brito, C J., Roas, A.F., Brito, I.S., Marins, J.C., Cordova, C. & Franchini, E. (2012). Methods of body mass reduction by combat sport athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22, 89–97.

- Buono, M.J., Burke, S., Endemann, S., Graham, H., Gressard, C., Griswold, L. & Michalewicz, B. (2004). The effect of ambient air temperature on whole-body bioelectrical impedance. *Physiological Measurement*, 25, 119–123.
- Burge, C.M., Carey, M.F. & Payne, W.R. (1993). Rowing performance, fluid balance, and metabolic function following dehydration and rehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1358-1364.
- Burke, L.M. & Cox, G.R. (2009). Nutrition in combat sports. *In Combat Sports Medicine*, 1-20.
- Cadwallader, A.B., de la Torre, X., Tieri, A. & Botre, F. (2010). The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: pharmacology, toxicology and analysis. *British Journal of Pharmacology*, 161, 1–16.
- Caldwell, J.E., Ahonen, E. & Nousiainen, U. (1984). Differential effects of sauna-diuretic-, and exerciseinduced hypohydration. *Journal of Applied Physiology*, 57 (4), 1018-1023.
- Caterisano, A., Camaione, D.N., Murphy, R.T. & Gonino, V.J. (1988). The effect of differential training on isokinetic muscular endurance during acute thermally induced hypohydration. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(3), 269-73.
- Choma, C.W., Sforzo, G.A. & Keller, B.A. (1998). Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Medicine and Science in sports and exercise*, 30(5), 746-9.
- Degoutte, F., Jouanel, P., Begue, R.J., Colombier, M., Lac, G., Pequignot, J.M. & Filaire, E. (2006). Food restriction, performance, biochemical, psychological,

- and endocrine changes in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 9–18.
- Dunbar, C.C., Melahrinides, E., Michielli, D.W. & Kalinski, M.I. (1994). Effects of small errors in electrode placement on body composition assessment by bioelectrical impedance. *Research Quarterly Exercise Sport*, 65, 291–294.
- Filaire, E., Rouveix, M., Pannafieux, C. & Ferrand, C. (2007). Eating attitudes, perfectionism and body-esteem of elite male judoists and cyclists. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 6, 50–57.
- Filaire, E., Maso, F., Degoutte, F., Jouanel, P. & Lac G. (2001). Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 454–459.
- Fogelholm, G.M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T., & Ruokonen, I. (1993). Gradual and rapid weight loss: Effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 371–377.
- Franchini, E., C.J. Brito & G.G. Artioli (2012) Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 52.
- Greenleaf, J.E., Prange, E.M. & Averkin, E.G. (1967). Physical performance of women following heat-exercise hypohydration. *Journal of Applied Physiology*, 22(1), 55-60.
- Greiwe, J.S., Staffey, K.S., Melrose, D.R., Narve, M.D. & Knowlton, R.G. (1998). Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(2), 284-8.

- Gutiérrez, A., Mesa, J.L., Ruiz, J.R., Chirisa, L.J., Castillo, M.J. (2003). Sauna-induced rapid weight loss decreases explosive power in women but not in men. *International Journal of Sports Medicine*, 24(7), 518-22.
- Hamouti, N., Del Costo, J., Ávila, A. & Mora-Rodriguez, R. (2010). Effects of athletes muscle mass on urinary markers of hydration status. *European Journal Applied Physiology*, 109, 213-219.
- Hickner, R.C., Horswill, C.A., Welker, J.M., Scott, J., Roemmich, J.N. & Costill, D.L. (1991). Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. *International Journal of Sports Medicine*, 12(6), 557-562.
- Horswill, C.A., Scott, J.R., Dick, R. W. & Hayes, J. (1994). Influence of rapid weight gain after the weigh-in on success in collegiate wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1290–1294.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14, 114-143.
- Horswill, C.A., Hickner, R.C., Scott, J.R., Costill, D.L. & Gould, D. (1990). Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(4), 470-476.
- Houston, M.E., Marin, D.A., Green, H.J. & Thomson, J.A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 9(11), 73-78.
- Jacobs, I. (1980). The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate Anaerobic Test. *International Journal of Sports Medicine*, 1, 21-24.
- Jako, P. (1986) L'effectto della desidratazione e reidratazione sulla salute e sulla prestazione dei pugili. *Medicine Sport*, 39, 122-125.

- Judelson, D.A., Maresh, C.M., Farrell, M.J., Yamamoto, L.M., Armstrong, L.E., Kraemer, W.J., Volek, J.S., Spiering, B.A., Casa, D.J. & Anderson, J.M. (2007). Effect of hydration state on strength, power, and resistance exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1817–1824.
- Kazemi, M., Shearer & H., Choung, Y.S. (2005). Pre-competition habits and injuries in Taekwondo athletes. *BMC Musculoskeletal Disord*, 27, 6-26.
- Kelly, J.M., Gorney, B.A. & Kalm, K.K. (1978). The effects of a collegiate wrestling season on body composition, cardiovascular fitness and muscular strength and endurance. *Medicine & Science in Sports*, 10(2), 119-124.
- Kim, S., Greenwell, T.C., Andrew, D.P.S., Lee, J. & Mahony, D.F. (2008). An analysis of spectator motives in an individual combat sport: a study of mixed martial arts fans. *Sport Mark Quarterly*, 17, 109–119.
- Kinningham, R.B. & Gorenflo, D.W. (2001). Weight loss methods of high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 810-813.
- Klinzing, J.E. & Karpowicz, W. (1986). The effects of rapid weight loss and rehydration on a wrestling performance test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 26(2), 149-156.
- Ko, Y., Kim, Y. & Valacich, J. (2010). Martial arts participation: Consumer motivation. *International Journal of Sport Mark Spo.*, 11, 105–123.
- Kordi, R., Nourian, R., Rostami, M. & Wallance, W.A. (2012). Percentage of body fat and weight gain in participants in the tehran high school wrestling championship. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(2), 119-25.
- Kraemer, W.J., Fry, A.C., Rubin, M.R., Triplett-McBride, T., Gordon, S.E., Koziris, L.P., Lynch, J.M., Volek, J.S., Meuffels, D.E., Newton, R.U. & Fleck, S.J.

- (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1367-1378.
- Kraft, J.A., Green, J.M., Bishop, P.A., Richardson, M.T., Neggers, Y.H. & Leeper, J.D. (2010). Impact of dehydration on a full body resistance exercise protocol. *European Journal Applied Physiology*, 109(2), 259-67.
- Langan-Evans, C., Close, G.L. & Morton, J.P. (2011). Making Weight in Combat Sports. *Strength and Conditioning Journal*, 33, 25–39.
- McMurray, R.G., Proctor, C.R. & Wilson, W.L. (1991). Effect of caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 167-172.
- Mountain, S.J., Smith, S.A., Mattot, R.P., Zientara, G.P., Jolesz, F.A. & Sawka, M.N. (1998). Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a <sup>31</sup>P-MRS study. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 1889-94.
- O'Brien, C., Baker-Fulco, C.J., Young, A.J. & Sawka, M.N. (1999). Bioimpedance assessment of hypohydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(10), 1466-71.
- Oöpik, V., Pääsuke, M., Timpmann, S., Medijainen, L., Ereline, J. & Gapejeva, J. (2002). Effects of creatine supplementation during recovery from rapid body mass reduction on metabolism and muscle performance capacity in well-trained wrestlers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 330-9.
- Oppliger, R.A., Steen, S.A. & Scott, J.R. (2003). Weight loss practices of college wrestlers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 29–46.
- Oppliger, R. & Bartok, C. (2002). Hydration testing of athletes. *Sports Medicine*, 32, 959–971.

- Oppliger, R.A., Landry, G.L., Foster, S.W. & Lambrecht, A.C. (1993). Bulimic behaviors among interscholastic wrestlers: a statewide survey. *Pediatrics*, 91(4), 826-831.
- Ormerod, J.K., Elliott, T.A., Scheett, T.P., VanHeest, J.L., Armstrong, L.E. & Maresh, C.M. (2003). Drinking behavior and perception of thirst in untrained women during 6 weeks of heat acclimation and outdoor training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 15–28.
- Park, S.H., Roemmich, J.N. & Horswill, C.N. (1990). A season of wrestling and weight loss by adolescent wrestlers: effect on anaerobic arm power.
- Periard, J.D., Tamman, A.H. & Thompson, M.W. (2012). Skeletal muscle strength and endurance are maintained during moderate dehydration. *International Journal of Sport Medicine*, 33 (8), 607-12.
- Popowski, L.A., Oppliger, R.A., Patrick Lambert, G., Johnson, R.F., Kim Johnson, A. & Gisolfi, C.V. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute hydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 747-753.
- Rankin, J.W., Ocel, J.V. & 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.
- Riebe, D., Maresh, C.M., Armstrong, L.E., Kenefick, R.W., Castellani, J.W., Echegaray, M.E., Clark, B.A. & Camaione, D.N. (1997). Effects of oral and intravenous rehydration on ratings of perceived exertion and thirst. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 117–124.
- Roemmich, J.N. & Sinning, W.E. (1997). Weight loss and wrestling training: effects on growth-related hormones. *Journal of Applied Physiology*, 82(6), 1760–1764.

- Roos, A.N., Westendorp, R.G., Frolich, M., Meinders, A.E. (1992). Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 53–60.
- Sansone, R.A. & Sawyer, R. (2005). Weight loss pressure on 5 year old wrestler. *British Journal of Sports Medicine*, 39, e2.
- Schoffstall, J.E., Branch, J.D., Leutholtz, B.C. & Swain, D.E. (2001). Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 102-8.
- Serfass, R.C., Stull, G.A., Alexander, F.F., & Ewing, J.L. (1984). The effects of rapid weight loss and attempted rehydration on strength and endurance of the handgripping muscles in college wrestlers. *Research Quarterly in Exercise and Sport*, 55, 46–52.
- Singer, R.N. & Weiss, S.A. (1986). Effects of weight reduction on selected anthropometric, physical, and performance measures of wrestlers. *Research Quarterly*, 39, 361-369.
- Shirreffs, S.M. (2003). Markers of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(2), 6–9.
- Short, S.H. & Short, W.R. (1983). Four-year study of university athletes' dietary intake. *Journal of the American Dietetic Association*, 82, 632-645.
- Smith, M.S., Dyson, R., Hole, T., Harrison, J.H. & McManus P. (2000). The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *European Journal of Physiology*, 83, 34-39.
- Smith, M.S. (1998). Sport specific ergometry and the physiological demands of amateur boxing. *Thesis, University College, Chichester*.

- Steen, S.N. & Brownell, K.D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 762-768.
- Suprasongsin, C., Kalhan, S. & Arslanian, S. (1995). Determination of body composition in children and adolescents: validation of bioelectrical impedance with isotope dilution technique. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 8, 103–109.
- Tarnopolsky, M.A., Cipriano, N., Woodcroft, C., Pulkkinen, W.J., Robinson, D.C., Henderson, J.M. & MacDougall, J.D. (1996). Effects of rapid weight loss and wrestling on muscle glycogen concentration. *Clinical Journal of Sport Medicine* 6, 78-84.
- Timpmann, S., Ööpik, V., Pääsuke, M., Medijainen, L. & 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.
- Tipton, C.M. & Tcheng, T. K. (1970). Iowa Wrestling Study. Weight Loss in High School Students. *The Journal of the American medical Association*, 214, N7, 1269-1274.
- Torranin, C., Smith, D.P. & Byrd, R.J. (1979). The effect of acute thermal dehydration and rapid rehydration on isometric and istic endurance. *Journal of Sports Medicine and Physiology Fitness*, 19(1), 1-9.
- Tuttle W.W. (1943). The effect of weight loss by dehydration and the withholding of food on the physiologic responses of wrestlers. *Research Quarterly*, 14, 158-166.

- Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Yamamoto, Y., Totsuka, M. And Sugawara, K (2004). Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists. *Journal of Sports Sciences* 22, 329-338.
- Viitasalo, J.T., Kyröläinen, H., Bosco, C. & Alen, M. ( 1987). Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *International Journal of Sports Medicine*, 8(4), 281-5.
- Walsh, R.M., Noakes, T.D., Hawley, J.A. & Dennis, S.C. (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 392-398.
- Webster, S., Rutt, R. & Weltman, A. (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(2), 229-234.
- Weissinger, E.T., Housh, J., Johnson, G.O. & Evans, S.A. (1991). Weight loss behavior in high school wrestling: wrestler and parent perceptions. *Pediatric Exercise Science*, 3, 64-73.
- Widerman, P.M. & Hagan, R.D. (1982). Body weight loss in a wrestler preparing for competition: a case report. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(6), 413-418.
- Wilmore, J.H. (2000). Weight category sports. In: *Nutrition in Sport*. Ed: Maughan, R.J. 637-645. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd.
- Woods, E.R., Wilson, C. D. & Masland, R. P. Jr. (1988). Weight control methods in high school wrestlers. *Journal of Adolescent Health Care*, 9(5), 394-397.
- Wroble, R.R. & Moxley, D.P. (1998). Weight loss patterns and success rates in high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 625–628.

## **2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN**



---

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN**

---

Una vez revisada la bibliografía específica podemos constatar que no existe ningún estudio científico que haya analizado los efectos que puede tener sobre el rendimiento fisiológico, neuromuscular y psicológico de los deportistas de combate las fases de rápida bajada de peso que se auto-inducen durante los últimos días de puesta a punto para los principales torneos de la temporada, especialmente en una amplia muestra representativa de las diferentes modalidades de combate olímpicas, pertenecientes a diferentes niveles competitivos, y con diferentes grados de pérdidas de peso y estados de hidratación.

Además, parece especialmente notable la ausencia de conocimiento empírico sobre los efectos que puede tener en estos deportistas el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo. No cabe duda que la duración de esta ventana temporal va a condicionar notablemente la agresividad de los medios y métodos empleados por los deportistas de combate para reducir su masa corporal, así como las probabilidades de que recuperen un estado de forma física y psicológica próxima a la habitual antes de comenzar el primer combate.

Para poder llevar a cabo una adecuada monitorización de los efectos que pueden tener estas bajadas de peso a corto, medio y largo plazo sobre la salud y el rendimiento deportivo de estos atletas resulta necesario diseñar nuevas herramientas accesibles, económicas y con adecuados niveles de validez y fiabilidad, así como corroborar la aplicabilidad de otros instrumentos y protocolos previamente validados en este contexto específico.

Para tratar de avanzar en el conocimiento de la problemática planteada, se han diseñado y llevado a cabo cuatro estudios diferentes:

- **ESTUDIO I:** Diseño y validación de contenido de un cuestionario sobre pérdida de peso en deportes de combate (PPDC).
- **ESTUDIO II:** Validez de los indicadores del estado de hidratación en deportes de combate.
- **ESTUDIO III:** Efecto de la bajada de peso y la competición sobre el perfil de estado de ánimo en deportes de combate.
- **ESTUDIO IV:** Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento neuromuscular y competitivo en deportes de combate.

### **3.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**



---

### 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

---

Los principales objetivos de investigación de esta tesis Doctoral fueron:

- Diseñar una herramienta en castellano que permita monitorizar los hábitos de conducta y los métodos específicos de bajada de peso que están realizando todos los deportistas de combate para alcanzar la masa corporal de su categoría en el pesaje oficial de los principales torneos de la temporada - **ESTUDIO I.**
- Diseñar una herramienta en castellano que permita estudiar la efectividad de las diferentes estrategias que llevan a cabo los deportistas de combate para recuperar lo más rápidamente posible un estado de salud y rendimiento razonable en el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo - **ESTUDIO I.**
- Esclarecer los índices de validez que pueden tener los diferentes marcadores no invasivos del estado de hidratación en una amplia muestra que ostente diferentes grados de deshidratación (euhidratado, deshidratado y extremadamente deshidratado) - **ESTUDIO II.**
- Cuantificar los cambios que sufre el estado de ánimo que presentan los deportistas de combate de alto nivel durante las fases de bajada de peso precompetitivas, y su posterior recuperación durante el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del principal evento competitivo de la temporada. - **ESTUDIO III.**
- Describir los efectos que los diferentes grados de deshidratación y pérdida peso tienen sobre la recuperación del rendimiento neuromuscular que acontece

durante el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo

**- ESTUDIO IV.**

- Detectar las valoraciones del rendimiento neuromuscular que pueden tener suficientes niveles de sensibilidad para registrar los cambios asociados al nivel de deshidratación - **ESTUDIO IV.**
- Conocer si la capacidad de estos deportistas para realizar rápidas bajadas y subidas de peso e hidratación puede estar condicionando su nivel competitivo - **ESTUDIO IV.**

## **4.- HIPÓTESIS DE ESTUDIO**



---

## 4. HIPÓTESIS DE ESTUDIO

---

1º HIPÓTESIS.- Es posible diseñar un cuestionario que reúna adecuados índices de validez y reproducibilidad y que pueda permitir a los técnicos relacionados con los deportes de combate monitorizar las estrategias de pérdida de peso de sus atletas previas al pesaje oficial de un torneo prioritario. Así mismo, es posible conocer con esta herramienta los medios y métodos que están empleando para recuperar su rendimiento físico y psíquico a la mayor brevedad posible antes del comienzo del primer combate.

2º HIPÓTESIS.- Las técnicas e instrumentos descritos en la literatura científica para la determinación del estado de hidratación que implica el análisis de muestras orina pueden tener altos niveles de validez, mientras que otras estimaciones doblemente indirectas pierden notablemente esta cualidad de la medida.

3º HIPÓTESIS.- Las técnicas empleadas para predecir el estado de hidratación pierden validez a medida que los índices de deshidratación aumentan, siendo esto especialmente patente en los niveles extremos de deshidratación que presentan algunos deportistas de combate en el pesaje oficial de las competiciones principales de la temporada.

4º HIPÓTESIS.- Existen diferentes dimensiones del estado de ánimo como la Fatiga y la Depresión que se ven negativamente afectadas por las rápidas bajadas de peso en deportes de combate, aunque el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo es suficiente para recuperar, al menos en parte, su estado de ánimo habitual.

5º HIPÓTESIS.- Los deportistas con una mayor recuperación de peso y del estado de hidratación entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo presentan a su vez una

recuperación significativamente mayor del rendimiento neuromuscular en comparación con los atletas que menos deshidratados llegan al pesaje oficial.

6º HIPÓTESIS.- Los deportistas de combate que alcanzan mayores niveles de deshidratación antes del pesaje oficial logran mayor nivel competitivo en los principales eventos de la temporada.

7º HIPÓTESIS.- Se requieren protocolos de valoración con elevados índices de reproducibilidad intra-sujeto e instrumentales de alta precisión para registrar los efectos que los diferentes grados de deshidratación pueden tener sobre el rendimiento neuromuscular.

## **5.- TIPO DE INVESTIGACIÓN**



---

## 5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

---

La metodología de esta Tesis Doctoral queda determinada por el tipo de investigación que pretendemos hacer y, más concretamente, por los objetivos buscados, la naturaleza de las variables y los sujetos que conformaron la muestra.

Dadas las características de los datos y la las variables dependientes nuestro estudio se puede considerar cuantitativo. Por el grado de manipulación de las variables independientes y los objetivos del estudio, esta investigación es no experimental y descriptiva.

Por último, la investigación es una combinación de a) estudios de validación (Estudios I y II), ya que analizamos la relación que existe entre diferentes técnicas con el patrón de oro para ofrecer herramientas útiles de monitorización del rendimiento físico y psicológico, y b) estudios longitudinales (Estudios III y IV) ya que observamos y analizamos los cambios que producen las variables independientes (principalmente los procesos de deshidratación) en el comportamiento de las variables dependientes a lo largo de un periodo de tiempo y bajo un exhaustivo proceso de valoraciones fisiológicas, neuromusculares y psicológicas.



## **6.- ESTUDIOS DE LA TESIS**



---

## 6. ESTUDIOS DE LA TESIS

---

### 6.1. Estudio I: DISEÑO Y VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE UN CUESTIONARIO SOBRE PÉRDIDA DE PESO EN DEPORTES DE COMBATE (PPDC)

#### 6.1.1. Introducción

La inmensa mayoría de los deportes de combate se rigen por un sistema de categorías por pesos que trata de equilibrar el potencial físico entre rivales, y de esta forma aumentar el porcentaje del rendimiento que depende de las habilidades técnico-tácticas y psicológicas que demuestre cada atleta durante el combate (García-Pallarés López-Gullón, Muriel, Díaz e Izquierdo 2011; García-Pallarés, López-Gullón, Torres-Bonete e Izquierdo, 2012; Martínez-Abellán, 2014). Como principal consecuencia de esta característica del reglamento, la masa corporal de estos deportistas se verifica unas pocas horas antes del comienzo de cada torneo en el denominado “pesaje oficial”, a partir del cual se establecen los diferentes cuadros de competición en cada una de las categorías de peso. Por ello, durante las fases de puesta punto o afinamiento de los torneos (2-6 semanas previas), la mayoría de los deportistas de combate reducen su masa corporal para tratar de alcanzar una categoría de peso inferior donde obtener ventaja física ante sus rivales. Esta aproximación a la competición, conocida internacionalmente como “*Weight Cutting*” y sus consecuencias sobre el propio rendimiento específico, fisiológico, neuromuscular y cognitivo han sido ampliamente estudiadas en la literatura (García-Pallarés, De la Cruz-Sánchez, Torres-Bonete, Muriel y Díaz 2011; Horswill, 1992; Kraemer et al., 2001; Martinen, Judelson, Wiersma y Coburn, 2011).

La mayoría de estos estudios han analizado únicamente la relación que existe entre las fluctuaciones del rendimiento físico y el porcentaje de masa corporal que el atleta pierde antes del pesaje oficial (Horswill, 1992), o a lo sumo con una referencia más o menos precisa sobre el tiempo (semanas o días) que ha dedicado el atleta a realizar esta pérdida de peso (Kraemer et al., 2001). En la mayoría de estos trabajos se detallan algunos de los métodos que han utilizado para realizar estas rápidas bajadas de peso, principalmente aumento del ejercicio aeróbico con estrés térmico y restricciones de comida y bebida (Reljic, Hässler, Jost y Friedmann-Bette, 2013; Webster, Rutt y Weltman, 1990), aunque para conocimiento de los autores, ningún estudio previo ha podido relacionar las fluctuaciones del rendimiento con otros múltiples factores que pueden determinar el éxito o fracaso de esta estrategia de *Weight Cutting*.

Entre los aspectos que condicionan el porcentaje de peso perdido por cada atleta y los métodos empleados para ello, destaca el periodo de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo. Este lapso de tiempo es diferente según el reglamento de cada modalidad deportiva (6-20 h), e incluso diferente para los distintos organismos que regulan un mismo deporte a nivel internacional, nacional e incluso universitario (FILA, 2009; IFJ, 2013; NCWA, 2008). Durante estas escasas horas, los atletas que han reducido notablemente su masa corporal realizan una rápida rehidratación y rellenado de las reservas energéticas (principalmente glucógeno hepático y muscular), que le puedan permitir llegar a la competición en un estado de salud y de rendimiento significativamente mejor que en el que se encontraba durante la fase precompetitiva de pérdida de peso, y por supuesto mejor que en el momento de realizar el pesaje oficial (García-Pallarés, De la Cruz-Sánchez, et al., 2011).

Diferentes autores han diseñado cuestionarios que permiten registrar los hábitos y métodos que llevan a cabo los deportistas de combate para manejar su peso durante las

fases de *Weight Cutting* (Artioli et al., 2010; Kiningham y Gorenflo, 2001; Oppliger, Landry, Foster y Lambrecht, 1993; Steen y Brownell, 1990), no obstante, ninguno de estos instrumentos permite estudiar los protocolos y estrategias que realizan estos deportistas para recuperarse en el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo. Así mismo, resulta destacable que estos cuestionarios preguntan en cualquier momento de la temporada a los atletas sobre sus prácticas habituales en las fases *Weight Cutting*, por lo que ninguno está diseñado para administrarse en el contexto concreto de una competición. En todo caso, ninguna de estas herramientas está diseñada en castellano (i.e., inglés (Artioli et al., 2010; Kiningham y Gorenflo, 2001; Oppliger et al., 1993; Steen y Brownel, 1990) o portugués (Artioli et al., 2010)), además de estar exclusivamente diseñados para una modalidad de combate concreta (p.e., lucha olímpica (Kiningham y Gorenflo, 2001; Oppliger et al., 1993; Steen y Brownel, 1990) o judo (Artioli et al., 2010)).

Por todo ello, el objetivo de este estudio fue diseñar una herramienta en castellano que permita monitorizar los hábitos de conducta y los métodos específicos de bajada de peso que están realizando todos los deportistas de combate, no sólo para alcanzar la masa corporal de su categoría, sino también las estrategias que están poniendo en práctica para recuperar lo más rápidamente posible un estado de salud y rendimiento razonable antes del comienzo del primer combate.

### **6.1.2. Material y Métodos**

#### *Muestra*

Se definieron cuatro grupos de participantes para el proceso de validación y cálculo de la fiabilidad del instrumento diseñado: a) el grupo denominado coordinador; b) el grupo de jueces expertos; c) el grupo de sujetos para el cálculo de la validez de

comprensión a través de un estudio piloto y d) el grupo de sujetos para el cálculo de la fiabilidad a través de un estudio piloto (Okoli y Pawlowski, 2004).

El grupo coordinador está formado por los autores del presente estudio. Las funciones del grupo coordinador fueron concretar, aprobar y supervisar el protocolo de trabajo, y realizar el diseño inicial del cuestionario. Además, fueron los encargados de analizar e interpretar las respuestas obtenidas por los jueces expertos.

Para el estudio de la validez de contenido participaron 12 jueces expertos. El grupo de jueces expertos fue propuesto y seleccionado por el grupo coordinador (Castillo, Abad, Giménez y Robles, 2012; Powell, 2003). El tipo de muestra utilizado fue de tipo intencional, de manera que todos ellos poseían la combinación de al menos dos de los siguientes perfiles académicos y profesionales: a) entrenadores de deportistas de combate en alto rendimiento, b) titulados universitarios en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Medicina y Cirugía y/o Nutrición y Dietética, e c) investigador en el campo del rendimiento deportivo y/o la nutrición deportiva.

Para el estudio de la validez de comprensión se empleó una muestra de 46 deportistas pertenecientes a los equipos nacionales o de tecnificación españoles de taekwondo, lucha olímpica y boxeo (31 hombres y 14 mujeres). La edad y la experiencia en el entrenamiento media de estos participantes fue de  $22,3 \pm 5,1$  años y  $9,5 \pm 3,7$  años respectivamente. La muestra fue escogida por muestreo intencional.

Finalmente, para poder calcular la fiabilidad, se diseñó un estudio piloto en el que participaron 28 sujetos de la población objeto de estudio, pero que posteriormente no formaran parte de la muestra. En concreto participaron 10 luchadores (8 hombres y 2 mujeres), 6 taekwondistas (3 hombres y 3 mujeres), 7 boxeadores (4 hombres y 3 mujeres) y 5 judocas (4 hombres y 1 mujer).

*Procedimiento*

Se diseñó y validó el cuestionario sobre Pérdida de Peso en Deportes de Combate (PPDC) en cinco fases, siguiendo las indicaciones de Carretero-Dios y Pérez (2007).

Los ítems que componían el cuestionario inicial fueron agrupados según la finalidad de la pregunta, dando como resultado las siguientes dimensiones: i) socio-demográfica, ii) hábitos de alimentación y pérdida de peso, iii) hábitos de control del peso, y iv) efectos post-pesaje. En concreto la fundamentación de algunos de los ítems (preguntas 12, 17, 19 y 24: Anexo I) fue extraída, interpretada, modificada y traducida de un cuestionario previamente validado (Steen et al., 1990). El resto de los ítems fueron diseñados “ad hoc” para completar cada una de las dimensiones del cuestionario sobre pérdida de peso en deportes de combate (PPDC). Se tuvo en cuenta la población a la que iba dirigido el cuestionario para la adaptación de los términos y el vocabulario empleado.

La segunda fase, tenía por objetivo adquirir la validez de contenido. Para ello, se envió el cuestionario a un panel de jueces expertos ( $n = 12$ ). A cada uno de ellos se le pidió que evaluara la calidad del cuestionario diferenciando los criterios de adecuación de las preguntas y respuestas de los ítems, su importancia, las escalas de medida utilizadas, así como la precisión y corrección de los términos utilizados. Siguiendo estudios semejantes (Ortega, Egido, Palao y Sainz, 2008), se solicitó al panel de jueces expertos que valorasen en una escala de 1-10 (1 nada de acuerdo y 10 totalmente de acuerdo) los siguientes aspectos de los ítems que componían el cuestionario: i) grado de adecuación de la pregunta-respuesta, ii) nivel de comprensión de la redacción, y iii) una valoración global del cuestionario. En el caso de que la puntuación otorgada fuese menor a 7 en dicha escala, se les solicitaba una propuesta de mejora. Siguiendo la propuesta de Bulger y Housner (2007) se decidió eliminar todos aquellos ítems con

valores medios inferiores a 7, modificar los ítems con valores entre 7,1 y 8, y aceptar los superiores a 8,1.

La tercera fase, supuso la interpretación de las respuestas de cada uno de los 12 jueces expertos, tras las cuales se modificaron algunos aspectos de los cuestionarios.

En la cuarta fase se realizó un análisis de la validez de comprensión de los deportistas. Para ello se valoró el grado de entendimiento de los deportistas sobre cada uno de los ítems, analizando:

1. Grado de comprensión cualitativo del cuestionario. Para ello, se registraron las preguntas, dudas, sugerencias, etc., que los deportistas (n = 46) realizaron en la sesión de cumplimentación del cuestionario.
2. Grado de comprensión cuantitativo del cuestionario. Para ello, se analizaron los valores de las preguntas de auto-informe mediante una escala de 1 a 10. De igual forma, se le solicitó que indicasen aquellos ítems que no entendían tras una primera lectura.
3. Análisis de las respuestas. Para conocer el grado de comprensión de cada uno de los ítems, se analizaron las respuestas de los sujetos desde dos puntos de vista:
  - a. Análisis de la frecuencia de la respuesta no sabe, no contesta (NS/NC). Se decidió eliminar todos aquellos ítems en los que el porcentaje de respuesta “no sabe no contesta” fuese superior al 5%.
  - b. Frecuencia de respuesta elevada. Con el objetivo de que los ítems de los cuestionarios discriminasen a los sujetos objeto de estudio se decidió eliminar todos aquellos ítems que presentasen la misma

respuesta en más del 90% de la muestra, exceptuando preguntas socio-demográficas tales como género, edad, etc.

Finalmente, en la quinta fase, se realizó un estudio piloto de fiabilidad en el que se administró el cuestionario en dos ocasiones (técnica test-retest) a 28 sujetos de la población objeto de estudio que posteriormente no formaran parte de la muestra. Las pruebas test-retest se separaron entre 7 y 10 días (Baumgartner, 2000). Dadas las características tan específicas y la singularidad del contexto temporal en el que se debe administrar este instrumento, es decir, i) unos pocos minutos antes de que el deportista lleve a cabo el pesaje oficial, y ii) escasos minutos antes de que comience el torneo; el estudio de la fiabilidad test-retest se realizó exclusivamente sobre aquellos ítems que tenían un carácter atemporal (18 de 28) (Tabla 5).

#### *Instrumento*

El cuestionario sobre pérdida de peso en deportes de combate (PPDC – Anexo I) fue dividido en las siguientes dimensiones:

Antes del Pesaje Oficial, a cumplimentar por los deportistas en los 60 minutos previos al pesaje oficial del Campeonato:

- Socio-demográfica (ítems del 1 al 10).
- Hábitos de alimentación y pérdida de peso (ítems del 11 al 18, 27 y 28).
- Hábitos de control del peso (ítems del 19 al 23).

Antes del Torneo, a cumplimentar por los deportistas en los 60 minutos previos al inicio del primer combate del Campeonato:

- Efectos del post-pesaje (ítems del 24 al 26)

*Análisis estadístico*

Se realizó un análisis descriptivo con los valores medios, desviaciones estándar, mínimos, máximos, moda e intervalos de confianza mediante el programa estadístico SPSS 18.0, en su versión para Windows. En segundo lugar, para calcular la fiabilidad para las variables categóricas se recurrió al índice de Kappa, y para las variables continuas se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (Conroy y Metzler, 2003). Posteriormente, se efectuó el cálculo del coeficiente V de Aiken con su respectivo intervalo de confianza al 95% con un software ad hoc (Soto y Segovia, 2009), para estimar el grado de acuerdo entre los jueces en relación a la validez de contenido y para estimar el grado de acuerdo entre los participantes en relación a la validez de comprensión, siguiendo el procedimiento de Penfield y Giacobbi (2004).

**6.1.3. Resultados**

En relación a las aportaciones de los jueces expertos, tanto a nivel cuantitativo como a nivel cualitativo, todos consideraron muy apropiado el instrumento. No obstante, el grupo coordinador tuvo en cuenta la mayoría de los comentarios de aquellos jueces expertos que aportaron información acerca de posibles mejoras de contenido o forma.

En cuanto a la validez de contenido, los jueces expertos valoraron la adecuación de la redacción de las preguntas con una V de Aiken media de 0,96, la idoneidad de la redacción de las respuestas cerradas con un 0,96, para las escalas utilizadas en preguntas cerradas el coeficiente fue de 0,95, la validez conceptual del constructo obtuvo una puntuación mínima de 0,89. En relación a la adecuación y la comprensión de la redacción, las puntuaciones mínimas obtenidas fueron de 0,98 y 0,97 respectivamente.

Respecto a la validez de comprensión por parte de los sujetos objeto del estudio, cabe destacar que los deportistas no tuvieron ninguna duda ni realizaron ninguna pregunta tras recibir las instrucciones de los encuestadores. Por otro lado, no se apreció ninguna variable que obtuviera en la categoría de respuesta “NS/NC”, un porcentaje superior al 5%. Los valores promedio de validez de comprensión del Test y el Re-test fueron 8,11 y 8,86 respectivamente.

La Tabla 4 muestra los valores obtenidos en el análisis de la validez de comprensión percibida por los deportistas de los ítems del cuestionario sobre pérdida de peso en deportes de combate (PPDC).

Tabla 4. Valores obtenidos en el análisis de la comprensión por parte de los deportistas (n = 46).

| COD | Ítems                                                                                        | V Aiken | IC 95%      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| 1   | Código de sujeto                                                                             | 1,00    | (0,99–1,00) |
| 2   | Federación/Equipo                                                                            | 1,00    | (0,99–1,00) |
| 3   | Género                                                                                       | 1,00    | (0,99–1,00) |
| 4   | Fecha de Nacimiento                                                                          | 1,00    | (0,99–1,00) |
| 5   | ¿Cuál de los siguientes estudios ha completado?                                              | 0,96    | (0,93–0,97) |
| 6   | ¿Qué modalidad de combate practica?                                                          | 1,00    | (0,99–1,00) |
| 7   | ¿Cuál es su categoría de peso en este campeonato?                                            | 0,99    | (0,97–1,00) |
| 8   | ¿Cuántos años de experiencia tiene en este deporte?                                          | 0,93    | (0,90–0,95) |
| 9   | ¿Cuántas horas semanales dedica a practicar de este deporte?                                 | 0,92    | (0,89–0,94) |
| 10  | ¿Cuáles han sido sus resultados nacionales e internacionales anteriores?                     | 0,90    | (0,87–0,93) |
| 11  | ¿Cuánto peso ha perdido o ganado para preparar esta competición (kg)?                        | 0,92    | (0,89–0,94) |
| 12  | ¿Cuánto peso ha perdido o ganado en estos periodos de tiempo?                                | 0,84    | (0,80–0,87) |
| 13  | ¿Ha tenido alguna supervisión o recomendación en este proceso de pérdida de peso?            | 0,91    | (0,88–0,93) |
| 14  | ¿Qué ha notado durante la pérdida de peso en estos periodos de tiempo?                       | 0,83    | (0,79–0,87) |
| 15  | ¿Quién decide la categoría de peso por la que compite...?                                    | 0,91    | (0,88–0,94) |
| 16  | ¿Alguien le ha influido para cambiar de peso (por sus comentarios, recomendaciones, etc...)? | 0,94    | (0,91–0,96) |
| 17  | ¿Percibe que come sin control....?                                                           | 0,87    | (0,83–0,90) |
| 18  | ¿Le preocupa la alimentación?                                                                | 0,84    | (0,80–0,88) |
| 19  | ¿A qué edad empezó a controlar su peso para competir?                                        | 0,94    | (0,91–0,96) |
| 20  | ¿Cuántas veces ha realizado bajadas de peso durante esta temporada deportiva?                | 0,90    | (0,87–0,93) |
| 21  | ¿Cuál es su peso habitual en vacaciones?                                                     | 0,87    | (0,83–0,90) |
| 22  | ¿Cuál es su peso habitual durante los entrenamientos en temporada?                           | 0,85    | (0,81–0,88) |
| 23  | ¿Con qué frecuencia se controla el peso?                                                     | 0,83    | (0,80–0,87) |
| 24  | ¿Qué efectos ha percibido durante esta recuperación Post-Pesaje?                             | 0,81    | (0,77–0,85) |
| 25  | ¿Ha tenido dificultades para conciliar el sueño?                                             | 0,94    | (0,91–0,96) |
| 26  | ¿Cuántas horas ha dormido esta noche?                                                        | 0,92    | (0,89–0,94) |
| 27  | ¿Quién le ha supervisado o recomendado en este proceso de recuperación después del pesaje?   | 0,95    | (0,93–0,97) |
| 28  | ¿Toma regularmente algún tipo de ayuda ergogénica?                                           | 0,81    | (0,77–0,85) |

La Tabla 5 muestra los valores obtenidos en el análisis de la fiabilidad en la respuesta de los deportistas (técnica test-retest) de aquellos ítems del cuestionario sobre pérdida de peso en deportes de combate (PPDC) que poseían un carácter atemporal. De los 18 ítems en los que se estudió su reproducibilidad, 5 mostraron una correlación buena y 13 muy buena (Altman, 1991).

Tabla 5. Valores obtenidos en el análisis de fiabilidad por parte de los deportistas (n = 26).

| COD | Ítems                                                                                        | Kappa   | CCI     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
| 1   | Código de sujeto                                                                             | 1,00*** | -       |
| 2   | Federación/Equipo                                                                            | 1,00*** | -       |
| 3   | Género                                                                                       | 1,00*** | -       |
| 4   | Fecha de Nacimiento                                                                          | 1,00*** | -       |
| 5   | ¿Cuál de los siguientes estudios ha completado?                                              | 1,00*** | -       |
| 6   | ¿Qué modalidad de combate practica?                                                          | 1,00*** | -       |
| 8   | ¿Cuántos años de experiencia tiene en este deporte?                                          | -       | 1,00*** |
| 9   | ¿Cuántas horas semanales dedica a practicar de este deporte?                                 | -       | 0,76**  |
| 10  | ¿Cuáles han sido sus resultados nacionales e internacionales anteriores?                     | 0,94*** | -       |
| 15  | ¿Quién decide la categoría de peso por la que compite...?                                    | -       | -       |
| 16  | ¿Alguien le ha influido para cambiar de peso (por sus comentarios, recomendaciones, etc...)? | 0,74**  | -       |
| 17  | ¿Percibe que come sin control....?                                                           | 0,88*** | -       |
| 18  | ¿Le preocupa la alimentación?                                                                | 0,82*** | -       |
| 19  | ¿A qué edad empezó a controlar su peso para competir?                                        | -       | 0,72**  |
| 21  | ¿Cuál es su peso habitual en vacaciones?                                                     | -       | 0,77**  |
| 22  | ¿Cuál es su peso habitual durante los entrenamientos en temporada?                           | -       | 0,69**  |
| 23  | ¿Con qué frecuencia se controla el peso?                                                     | 0,83*** | -       |
| 28  | ¿Toma regularmente algún tipo de ayuda ergogénica?                                           | 1,00*** | -       |

Leyenda: \*0,41-0,60 fuerza moderada; \*\*0,61- 0,80 fuerza buena; \*\*\*0,81-1,00 fuerza muy buena. Valores obtenidos de Altman (1991).

#### 6.1.4. Discusión

El principal objetivo de este estudio fue diseñar una herramienta válida, fiable, práctica y fácil de suministrar que permitiese estudiar los hábitos de comportamiento de los especialistas de combate durante las fases de bajada de peso y su posterior

recuperación tras el pesaje oficial. Atendiendo a los resultados del estudio, según el panel de expertos y un grupo representativo de deportistas en especialidades de modalidades de combate olímpicas, este instrumento identifica y permite monitorizar los métodos, las frecuencias y las estrategias con las que estos deportistas acometen durante las fases de *Weight Cutting* y su posterior recuperación antes del comienzo del torneo. Esta herramienta permitirá a los propios deportistas y su equipo técnico obtener un importante feedback sobre las estrategias de gestión de la masa corporal y optimizar su rendimiento en competición. Futuros estudios longitudinales y trasversales que empleen este instrumento obtendrán una información muy valiosa que permita desterrar determinados hábitos y creencias contraproducentes instauradas en estas modalidades deportivas de combate, dando paso a un trabajo más adecuado, basado en hallazgos científicos, garantizando un adecuado equilibrio entre la protección de la salud del deportista y la optimización de su rendimiento.

Los jueces expertos, con sus aportaciones y punto de vista, realizaron importantes mejoras del cuestionario. Las aportaciones cualitativas otorgadas por los jueces expertos giraron en torno a: i) la eliminación o inclusión de nuevos ítems en las diferentes dimensiones; y ii) la mejora de la redacción y la adecuación de los ítems para una mejor comprensión de los deportistas. Con estas contribuciones cualitativas el desarrollo del instrumento se ve muy beneficiado (Bulger y Housner, 2007; Carretero-Dios et al., 2007; Wieserma, 2001).

Un correcto proceso de validación requiere de las directrices de un panel de jueces expertos lo suficientemente amplio como para estabilizar las respuestas de cada uno de los ítems, y de esta forma lograr optimizar su análisis (Wieserma, 2001). Al hablar de “juez experto” nos referimos a personas que tengan experiencia previa y de manera formal en el tópico de estudio, que desarrollen de forma cotidiana trabajos relacionados

en este ámbito, de forma que acrediten experiencia en la materia, para así poder validar el instrumento y que no existan posibles sesgos (Bulger y Housner, 2007; Dunn, Bouffard y Rogers, 1999; Ortega et al., 2008; Zhu, Ennis y Chen, 1998). Aunque la mayoría de autores recomiendan un mínimo de 10 jueces expertos por panel (Dunn et al., 1999), en lo concerniente al presente trabajo hemos podido contar con 12 especialistas íntimamente relacionados con la actividad profesional e investigadora en los deportes de combate. Al seguir estos criterios basados en otras experiencias de investigación se consigue mayor solidez en el proceso de validación. Las valoraciones cuantitativas otorgadas por este panel de expertos fueron muy elevadas. La prueba de V de Aiken devolvió valores muy por encima a los mínimos o estándares propuestos por Penfield y Giacobbi (2004). Esta valoración cuantitativa de los jueces expertos es de gran ayuda para eliminar o modificar posibles ítems (Dunn et al., 1999).

Para la validación completa del cuestionario, además de la validez de constructo realizada mediante el panel de expertos, se llevó a cabo un proceso de validez de la comprensión en la población específica, es decir, los propios deportistas (Baumgartner, 2000; Tabla 5).

Tal y como se ha descrito en el apartado de metodología, el estudio de la fiabilidad de este instrumento está limitada debido a que 10 de las 18 preguntas que componen esta herramienta únicamente puede contestarse dentro del propio contexto temporal que ofrece un torneo en deportes de combate, es decir, i) unos pocos minutos antes de que el deportista lleve a cabo el pesaje oficial, y ii) escasos minutos antes de que comience el torneo. No obstante, los excelentes resultados obtenidos de la prueba test-retest que realizaron los propios deportistas sobre la comprensión de los ítems (Tabla 1; Baumgartner, 2000), así como la fuerza de las correlaciones (Tabla 2; Altman, 1991) que se han registrado en los 18 de 28 ítems que eran atemporales, permiten

definir que existe una baja probabilidad de sesgos sobre el nivel de habilidad requerido para cumplimentar el cuestionario, así como garantizar una adecuada reproducibilidad en las respuestas (Zhu et al., 1998).

En conclusión, los resultados de este estudio indican que la realidad descrita por los deportistas en sus opiniones y experiencias para la elaboración de este cuestionario están muy próximas a las aportaciones del panel de expertos. El cuestionario PPDC está compuesto de preguntas adecuadas y comprensibles para estos atletas, y permite estudiar de forma válida y reproducible los complejos procesos que se desencadenan durante las bajadas de peso en los deportistas de combate y su posterior recuperación antes del comienzo del torneo.

#### **6.1.5. Referencias Bibliográficas**

Altman, D. G. (1991). Practical statistics for medical research. New York: Chapman and Hall.

Artioli, G.G., Scagliusi, F., Kashiwagura, D., Franchini, E., Gualano, B. y Junior, A.L. (2010). Development, validity and reliability of a questionnaire designed to evaluate rapid weight loss patterns in judo players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 177–187.

Baumgartner, T.A. (2000). Estimating the stability reliability of a store. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 4, 175-178.

Bulger, S.M. y Housner, L.D. (2007). Modified delphi investigation of exercise science in physical education teacher education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 26, 57-80.

- Carretero-Dios, H. y Pérez, C. (2007). Normas para el desarrollo y revisión de estudios instrumentales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 5, 521-551.
- Castillo, E., Abad, M.T., Giménez, J. y Robles, J. (2012). Diseño de un cuestionario sobre hábitos de actividad física y estilo de vida a partir del método Delphi. *E-balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 8(1), 51-66.
- Conroy, D. E. y Metzler, J. N. (2003). Temporal stability of performance failure appraisal inventory items. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(4), 243-261.
- Dunn, J.G., Bouffard, M. y Rogers, W.T. (1999). Assessing Item Content-Relevance in Sport Psychology Scale-Construction Research: Issues and Recommendations. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 3(1),15-36.
- García-Pallarés, J., López-Gullón, J.M., Torres-Bonete, M.D. e Izquierdo, M. (2012). Physical fitness factors to predict female Olympic wrestling performance and sex differences. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 794-803.
- García-Pallarés, J., De la Cruz-Sánchez, E., Torres-Bonete, M.D., Muriel, X. y Díaz, A. (2011). Metodologías y efectos de las caídas de peso en lucha olímpica: una revisión. *E-balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 7, 81-89.
- García-Pallarés, J., López-Gullón, J.M., Muriel, X., Díaz, A. e Izquierdo, M. (2011). Physical fitness factors to predict male Olympic wrestling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1747-1758.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14, 114-143.

International Federation of Associated Wrestling Styles. International Wrestling Rules:

Greco-Roman Wrestling Freestyle Wrestling Women's Wrestling 2009. FILA.

Recuperado el 29 de junio de 2010 de [http://www.fila-](http://www.fila-wrestling.com/images/documents/lutte/wr230107.pdf)

[wrestling.com/images/documents/lutte/wr230107.pdf](http://www.fila-wrestling.com/images/documents/lutte/wr230107.pdf)

International Federation of Judo (IFJ). Sports and Organization rules of the International

Judo Federation 2013. Recuperado el 12 de septiembre de 2013 de

[http://www.intjudo.eu/upload/2013\\_02/18/136118164333262641/sor\\_final.pdf](http://www.intjudo.eu/upload/2013_02/18/136118164333262641/sor_final.pdf)

Kiningham, R.B. y Gorenflo, D.W. (2001). Weight loss methods of high school

wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 810-813.

Kraemer, W.J., Fry, A.C., Rubin, M.R., Triplett-McBride, T., Gordon, S.E., Koziris,

L.P., Lynch, J.M., Volek, J.S., Meuffels, D.E., Newton, R.U. y Fleck, S.J.

(2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling.

*Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1367-1378.

Martínez-Abellán, M. (2014). Efectos de las pérdidas de peso y la deshidratación en

deportes de combate: una revisión. *Sportk*, 2(2), 59-68.

Martinen, R.H., Judelson, D.A., Wiersma, L.D. y Coburn, J.W. (2011). Effects of self-

selected mass loss on performance and mood in collegiate wrestlers. *Journal of*

*Strength and Condition Research*, 25(4), 1010-1015.

National Collegiate Wrestling Association (NCWA). NCWA Wrestling Plan 2008-09.

Retrieved 2008-11-20.

Okoli, C. y Pawlowski, S. (2004) The Delphi method as a research tool: an example,

design considerations and applications. *Information and Management*, 42,15-29.

- Oppliger, R.A., Landry, G.L., Foster, S.W. y Lambrecht, A.C. (1993). Bulimic behaviors among interscholastic wrestlers: a statewide survey. *Pediatrics*, 91(4), 826-831.
- Ortega, E., Egido, J.M., Palao, J.M. y Sainz, P. (2008). Diseño y validación de un cuestionario para valorar las preferencias y satisfacciones en jóvenes jugadores de baloncesto. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 8(2), 39-58.
- Penfield, R.D. y Giacobbi, P.R. (2004). Applying a score confidence interval to Aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213-225.
- Powell, C. (2003). The Delphi technique: myths and realities. *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), 376-382.
- Reljic, D., Hässler, E., Jost, J. y Friedmann-Bette, B. (2013). Rapid weight loss and the body fluid balance and hemoglobin mass of elite amateur boxers. *Journal of Athletic Training*, 48(1), 109-117.
- Soto, C.M. y Segovia, J.L. (2009). Intervalos de confianza asimétricos para el índice de validez de contenido: un programa visual basic para la V de Aiken. *Anales de Psicología*, 25, 169-171.
- Steen, S.N. y Brownell, K.D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 762-768.
- Webster, S., Rutt, R. y Weltman, A. (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(2), 229-234.

Zhu, W., Ennis, C.D., y Chen, A. (1998). Many-faceted rasch modelling expert judgment in test development. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 2(1), 21-39.

## **6.2. Estudio II: VALIDEZ DE LOS INDICADORES DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN EN DEPORTES DE COMBATE**

### **6.2.1. Introducción**

La deshidratación severa tiene consecuencias fisiológicas que afectan negativamente a la salud y el rendimiento deportivo. Las pérdidas de agua corporal que sean superiores al 2% del peso corporal reducen la capacidad de trabajo físico y el rendimiento deportivo (Dougherty, Baker, Chow y Kenney, 2006; Sawka et al., 2007) y niveles de deshidratación severos (i.e., > 4-5%) tienen asociado un aumento drástico del riesgo de sufrir un golpe de calor (Howe y Boden, 2007; Sawka et al., 2007). Estos efectos adversos incluyen la alteración de uso del glucógeno (Houston, Marin, Green y Thomson, 1981), el aumento de la temperatura interna que afecta a su vez la fatiga del sistema nervioso central (Gonzalez-Alonsomet al., 1999; Nybo y Nielsen, 2001), un aumento del esfuerzo cardiovascular (Cheuvront, Carter y Sawka, 2003; Murray, 2007), así como una pérdida de eficacia del sistema tampón de la acidosis metabólica (Horswill, Hickner, Scott, Costill y Gould, 1990). Todos estos efectos pueden poner en peligro la salud y el rendimiento físico del personal militar, bomberos, atletas entrenados y cualquier individuo que realice actividad física en ambiente caluroso, así como a los deportistas de modalidades de combate que se rigen por categorías de peso (e.g., lucha olímpica, boxeo, judo, taekwondo y halterofilia). En estos deportes, la pérdida de peso mediante la deshidratación es una estrategia muy común antes de la competición (Clark, Bartok, Sullivan y Schoeller, 2004). Un número importante de estudios han evidenciado que estas rápidas bajadas de peso afectan al rendimiento específico en los deportes de combate como el boxeo o la lucha olímpica (Smith, Dyson, Hale, Harrison y McManus, 2000; Webster, Rutt y Weltman, 1990). Además, cuando estas pérdidas de peso se recuperan rápidamente no está claro en la literatura

internacional los efectos que puede tener este “rebote” de masa corporal sobre el rendimiento de los atletas (Schoffstall, Branch, Leutholtz y Swain, 2001; Slater, Rice, Tanner, Sharpe, Gore, et al., 2006). Muchas técnicas están disponibles para evaluar el déficit de agua en el cuerpo, sin embargo, no está claro cuál es la mejor opción para utilizar en un entorno competitivo. Idealmente, el método escogido debería ser una técnica no invasiva, rápida, exacta, barata y fácil de usar.

Dentro de las técnicas disponibles para medir el estado de hidratación, la osmolaridad de la sangre está considerado el patrón de oro (Armstrong, 2007; Popowski, Oppliger, Patrick Lambert, Johnson, Kim Johnson, et al., 2001). Sin embargo, la medición de la osmolaridad de la sangre requiere una técnica invasiva, aparatos de medición costosos y personal cualificado para manejar la sangre. Todas estas condiciones rara vez están disponibles para los científicos y técnicos en mediciones de campo. El análisis de orina para evaluar el estado de hidratación se ha mosrado como una medición alternativa, ya que implica una evaluación no invasiva del fluido corporal (Zambraski, Tipton, Jordon, Palmer y Tchong, 1974). La principal crítica del uso de la orina como un índice de la deshidratación es que la orina no responde tan rápido ni de forma tan precisa como la sangre al déficit de líquido corporal (Popowski et al., 2001). Sin embargo, estudios recientes llevados a cabo en nuestro laboratorio nos indican que la osmolaridad de la orina tiene una respuesta paralela a la osmolaridad de la sangre durante una deshidratación progresiva inducida por el ejercicio (Hamouti, Del Coso, Avila, Mora-Rodriguez, 2010; Hamouti, Del Coso, Mora-Rodriguez, 2013). La orina puede ser analizada desde una amplia gama de índices de hidratación como el color, la densidad, la osmolaridad o su composición. Sin embargo, no todos los índices son adecuados, exactos o prácticos para realizar estas

determinaciones, además de que otros sean costosos y requieren de conocimientos técnicos elevados (Armstrong, Soto, Hacker, Casa, Kavouras, et al., 1998).

La osmolaridad urinaria ( $U_{OSM}$ ) está considerada como el método no invasivo sustitutivo de la osmolaridad de la sangre con mayores índices de validez (Popowski et al., 2001; Shirreffs 2003). Sin embargo, aunque no se invasivo, al igual que la osmolaridad de la sangre, esta técnica requiere de un análisis bioquímico costoso. Por el contrario, la evaluación de la gravedad específica de la orina ( $U_{SG}$ ) requiere un aparato más simple (i.e., un refractómetro). Algunos autores han encontrado que la  $U_{SG}$  (Hamouti et al., 2010; Hamouti et al., 2013; Oppliger, Magnes, Popowski y Gisolfi, 2005) y el color de la orina ( $U_{COL}$ ) (Armstrong, Maresh, Castellani, Bergeron, Kenefick, et al., 1994; Armstrong et al., 1998) presentan valores de correlación muy elevados con la osmolaridad urinaria ( $U_{OSM}$ ). Armstrong encontró una aceptable validez de  $U_{SG}$  y  $U_{COL}$  en diferentes poblaciones con niveles de deshidratación moderada (Armstrong, 2005), aunque este acuerdo entre medidas no se descrito convenientemente en los estados de deshidratación que acontecen en los deportes de combate durante las fases de rápida bajada de peso.

Por último, hay índices no invasivos que no implican la toma de muestras y análisis de orina. El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) (O'Brien, Baker-Fulco, Young y Sawka, 1999; Utter, McAnulty, Riha, Pratt y Grose 2012) y la escala de percepción de la sed (EPS) (Engell, Maller, Sawka, Francesconi, Drolet, et al., 1987; Young, Sawka, Epstein, Decristofano y Pandolf, 1987) se han propuesto como índices simples para detectar el déficit de líquido corporal. A pesar de todos estos estudios, hasta donde sabemos, no hay evidencias suficientes para decidir sobre la idoneidad del uso de estos índices para monitorizar con facilidad el estado de hidratación

corporal. Además, estas técnicas no han sido validadas en una muestra importante de atletas sometidos a diferentes grados de deshidratación. Creemos que una buena prueba para BIA y EPS será evaluar su correlación con  $U_{OSM}$  durante el pesaje oficial en los deportes de combate olímpicos.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue comparar varios índices no invasivos del estado de hidratación en un gran número de atletas de deportes de combate olímpicos sometidos a diferentes grados de pérdida de peso por deshidratación antes de una competición real. Nuestra intención es obtener muestras de una amplia gama de niveles de hipohidratación y analizar de esta forma en profundidad el grado de validez de diferentes indicadores no invasivos del estado de hidratación tomando como patrón de oro la  $U_{OSM}$ . Nuestra hipótesis es que las técnicas que implican el análisis de orina pueden tener altos niveles de validez, mientras que otras estimaciones doblemente indirectas no.

### **6.2.2. Material y Métodos**

#### *Muestra*

Trescientos cuarenta y cinco participantes, hombres ( $N = 244$ ; edad  $22,8 \pm 4,1$  años, masa corporal  $74,1 \pm 15,1$  kg, talla  $176,1 \pm 6,7$  cm, grasa corporal  $10,0 \pm 4,5$  %) y mujeres ( $N = 101$ ; años  $22,7 \pm 4,5$  años, masa corporal  $57,1 \pm 8,9$  kg, talla  $164,9 \pm 7,2$  cm, grasa corporal  $16,6 \pm 4,4$  %), especialistas de tres deportes olímpicos de combate diferentes [Lucha olímpica ( $N = 157$ ), taekwondo ( $N = 152$ ) y boxeo ( $N = 36$ )] se ofrecieron voluntariamente a participar en este estudio. Los 345 atletas tenían al menos 4 años de experiencia en el entrenamiento y competición, y todos ellos dieron el peso en

su categoría durante el pesaje oficial de su respectivo campeonato nacional de esta fase experimental. Los entrenadores y deportistas fueron informados sobre los procedimientos experimentales y los posibles riesgos y beneficios del proyecto. El estudio, que cumplió con la Declaración de Helsinki, fue aprobado por la Comisión de Bioética de la Universidad de Murcia (Anexo III), y se obtuvo un consentimiento informado de cada deportista antes de participar (Anexo IV).

### *Procedimiento*

El estado de hidratación de los atletas se evaluó a través de 5 técnicas diferentes (i.e.,  $U_{OSM}$ ,  $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , EPS y BIA) entre 60 y 5 minutos antes del pesaje oficial de su campeonato nacional respectivo. No se dieron instrucciones a los atletas o sus entrenadores para manipular su peso corporal en ningún momento de la temporada. Los participantes que reportaron estar ingiriendo algún tipo de suplemento multivitamínico u otros medicamentos que puedan alterar las características de la orina (p.e., color de la orina) fueron descartados (Amstrong et al., 1994). Las mujeres que se encontraban en fase de menstruación fueron excluidas de la investigación.

A la llegada a las instalaciones oficiales de pesaje, se obtuvo de cada deportista una muestra de orina de al menos 10 ml. Una vez entregada y codificada la muestra de cada participante, los sujetos cumplieron la encuesta sobre la escala de percepción de la sed (EPS) y se realizó en análisis de la impedancia corporal (BIA). Las muestras de orina se analizaron inmediatamente por duplicado para establecer la osmolaridad de la orina ( $U_{OSM}$ ), la gravedad específica de la orina ( $U_{SG}$ ), y el color de la orina ( $U_{COL}$ ), que siempre fueron evaluadas por el mismo investigador experimentado. La puntuación registrada para su posterior análisis en cada evaluación fue la media de las dos determinaciones.

*Instrumento*

**Osmolaridad de la orina.** La  $U_{OSM}$  es la medida del contenido total de soluto de la orina. Como se ha descrito en varias ocasiones previas (Popowski, Oppliger et al. 2001; Shirreffs 2003), para esta investigación se consideró a esta evaluación como el método Gold Standard o patrón de oro para determinar el estado de hidratación de los atletas. Un espécimen de cada muestra de orina (20  $\mu$ L) se analizó inmediatamente por duplicado, utilizando un osmómetro de análisis de depresión del punto de fusión (Modelo 3250, Advanced Instruments, EE.UU.) (Figura 1).



Figura 1. Osmómetro empleado para la determinación de la osmolaridad de la orina ( $U_{OSM}$ ).

**Gravedad específica de la orina.** La gravedad específica de la orina ( $U_{SG}$ ) es el análisis de comparación de la densidad de la orina con agua destilada (agua pura). La gravedad específica se puede medir con rapidez y precisión con un refractómetro de mano. Unas pocas gotas de una muestra de orina se colocan en el refractómetro y se

dirige hacia una fuente de luz intensa que pasa a través de la muestra. La orina de los atletas fue analizada inmediatamente por duplicado utilizando el refractómetro de mano URC-NE (Atago, Japón) (Figura 2).



Figura 2. Refractómetro empleado para la determinación de la gravedad específica de la orina ( $U_{SG}$ ).

**Color de la orina.** El color de la orina ( $U_{COL}$ ) está condicionado por la cantidad de urocromo presente en ella. Cuando se excretan grandes volúmenes de orina, ésta es diluida y los solutos se excretan en un gran volumen. En general, esto da a la orina un color muy pálido, similar al del agua. Cuando se excretan pequeñas cantidades de orina, ésta se concentra y los solutos se excretan en un pequeño volumen. En general, esto da a la orina un color oscuro (Shirreffs, 2003). Para esta investigación,  $U_{COL}$  se determinó siguiendo los protocolos de Armstrong et al (Armstrong, Maresh et al. 1994; Armstrong, Soto et al. 1998; Armstrong 2005; Armstrong 2007; Shirreffs 2003). Para ello se utilizó una escala de 8 números que va desde el amarillo muy pálido (número 1) a marrón verde (número 8).  $U_{COL}$  se determinó por duplicado mediante la aproximación de cada recipiente con la escala de colores validada y en una habitación bien iluminada (Figura 3).

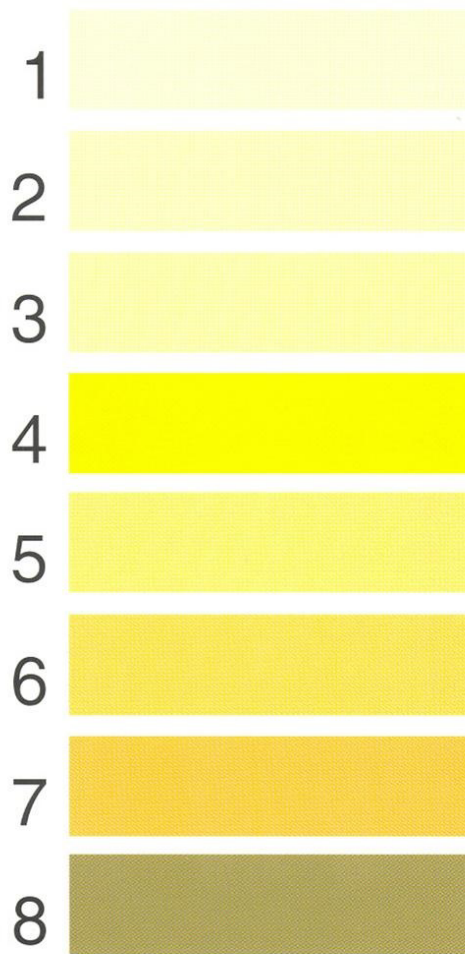


Figura 3. Escala de color empleada para la determinación del color de la orina validada por Armstrong et al. (1998) ( $U_{COL}$ ).

**Impedancia bioeléctrica.** El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) tiene el potencial de evaluar el estado de hidratación de un individuo por la estimación del agua corporal. El BIA de los atletas se determinó usando un analizador de bioimpedancia segmental monofrecuencia de 8 electrodos (Tanita BC-418, Tanita Corp., Tokio, Japón) mientras los participantes estaban descalzos y en pantalón corto (y top-deportivo en las mujeres) (Figura 4).

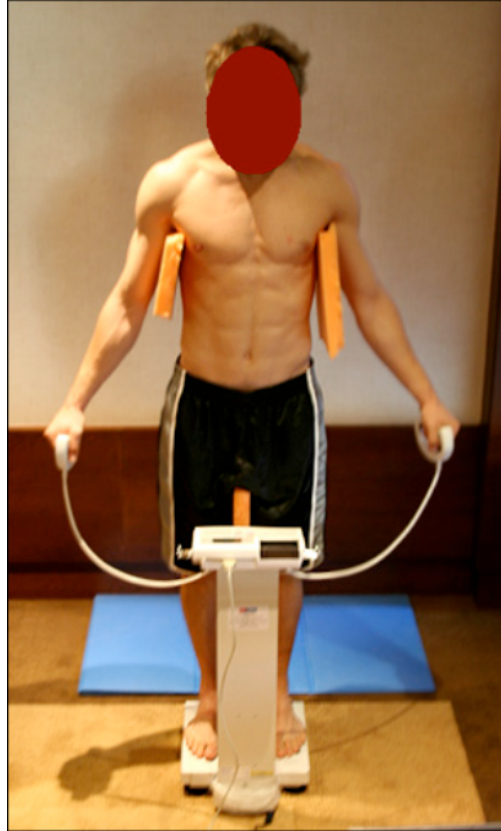


Figura 4. Bioimpedancia segmental monofrecuencia empleada para la estimación del agua corporal (BIA; Tanita BC-418, Tanita Corp., Tokio, Japón).

**Escala de percepción de la sed.** La percepción de la sed está fisiológicamente relacionada con el estado de hidratación de una persona que da lugar a que las hormonas que regulan los fluidos induzcan la "necesidad de beber" (Maresh, Gabaree-Boulant et al. 2004; Riebe et al., 1997). Se cuestionó a cada atleta sobre su percepción de sed en ese justo momento previo al pesaje, empleando una escala de 11 puntos en la que se numeraba la sed percibida desde 0 ("no se tiene sed en absoluto") a 10 ("muy, muy sediento") (Figura 5).

**Describe tu percepción de sed según la puntuación de 0-10**

| <b>PUNTUACIÓN</b> | <b>SENSACIÓN</b>                   |
|-------------------|------------------------------------|
| <b>0</b>          | <b>No se tiene sed en absoluto</b> |
| <b>1</b>          |                                    |
| <b>2</b>          |                                    |
| <b>3</b>          | <b>Tengo algo de sed</b>           |
| <b>4</b>          |                                    |
| <b>5</b>          | <b>Tengo sed</b>                   |
| <b>6</b>          |                                    |
| <b>7</b>          | <b>Mucha sed</b>                   |
| <b>8</b>          |                                    |
| <b>9</b>          | <b>Muy, muy sediento</b>           |
| <b>10</b>         |                                    |

Figura 5. Escala de la sed empleada para la estimación del nivel de deshidratación (EPS).

*Análisis estadístico*

Se proporcionaron los valores descriptivos de todas las variables estudiadas. Según la evaluación de la prueba Shapiro-Wilk test ( $p < 0,05$ ), todas las variables tuvieron una distribución no-normal. Se llevó a cabo un análisis de correlación de Spearman para evaluar el grado de relación entre la concentración de  $U_{OSM}$  y todo el resto de marcadores empleados para estimar el estado de hidratación de los deportistas. El tamaño de la correlación se evaluó siguiendo las indicaciones de Vincent (2005):  $r < 0,7$  baja;  $0,7 \leq r < 0,9$  moderada y  $\geq 0,9$  alta. Los sujetos fueron estratificados de acuerdo a su estado de hidratación según los valores  $U_{OSMO}$ . Un valor de  $700 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$  se ha descrito como el umbral o el límite fisiológico entre un estado de hidratación correcta y la deshidratación (Sawka, Burke et al. 2007). Por lo tanto, se establecieron tres intervalos de igual amplitud (de acuerdo con las unidades de medida) según los siguientes puntos de corte:  $250\text{-}700 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$  (euhidratado – G1), de 701 a 1.080

mOsm·L<sup>-1</sup> (deshidratado - G2) y de 1.080 a 1.500 mOsm·L<sup>-1</sup> (extremadamente deshidratado - G3). Además, se llevó a cabo una prueba de Kruskal-Wallis entre los grupos, realizándose la comparación por pares con el procedimiento de Dunn (1964), y con una corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

### 6.2.3. Resultados

Los índices del estado de hidratación no fueron diferentes al comparar los resultados de hombres y mujeres (prueba de U-Mann Whitney Wilcoxon,  $p > 0,05$ ) o entre modalidades deportivas (lucha olímpica, taekwondo y boxeo; prueba Kruskal-Wallis,  $p > 0,05$ ), por lo que se presentan los resultados de todos los atletas como un sólo grupo.

Se detectó una correlación lineal y positiva entre  $U_{SG}$  y  $U_{OSMO}$  en el total de la muestra ( $r = 0,89$ ,  $p = 0,000$ ,  $n = 345$ ), aunque esta relación se hace más débil a medida que aumenta el estado de deshidratación de los deportistas, pasando de grados de correlación altos (G1) a bajos (G3): G1:  $r = 0,92$ ,  $p = 0,000$ ; G2:  $r = 0,73$ ,  $p = 0,000$ ; G3:  $r = 0,65$ ,  $p = 0,000$  (Figura 6).

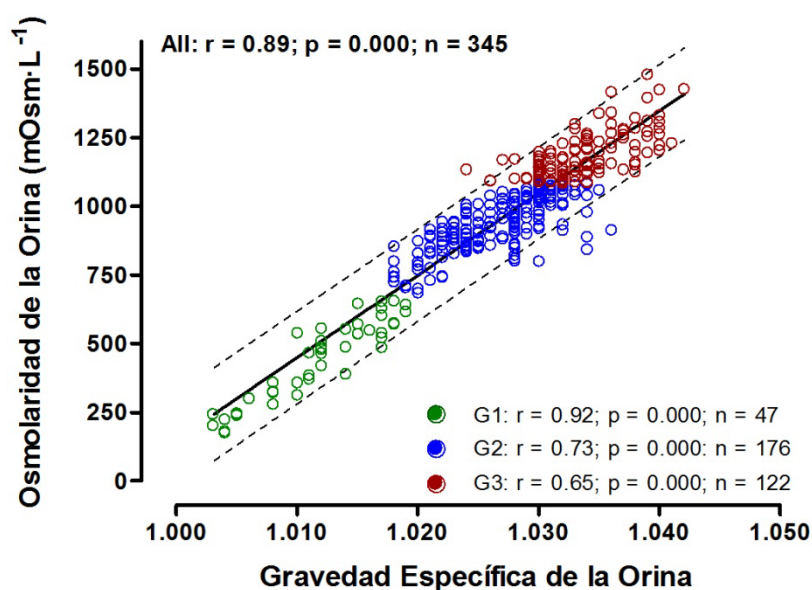


Figura 6. Correlación entre la Osmolaridad de la orina ( $U_{OSM}$ ) y la Gravedad Específica de la Orina ( $U_{SG}$ ) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación. G1:  $U_{OSM}$  250-700  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701-1,080  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G3.  $U_{OSM}$  1,081-1,500  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ .

La relación entre la  $U_{OSM}$  y otros marcadores de estado de hidratación fue débil o moderada.  $U_{COL}$  mostró una moderada correlación significativa cuando se consideraba el total de la muestra ( $r = 0,743$ ,  $p = 0,000$ ) o el grupo de euhidratación (G1:  $r = 0,702$ ,  $p = 0,000$ ). Sin embargo, la correlación fue baja para los dos grupos deshidratados (G2:  $r = 0,498$ ,  $p = 0,002$ ; G3:  $r = 0,398$ ,  $p = 0,004$ ) (Figura 7).

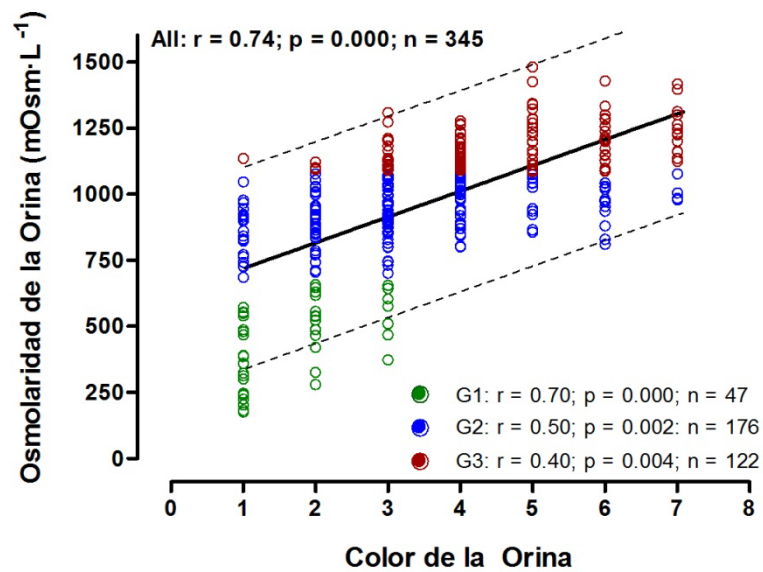


Figura 7. Correlación entre la Osmolaridad de la orina ( $U_{OSM}$ ) y el color de la orina ( $U_{COL}$ ) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación. G1:  $U_{OSM}$  250-700  $mOsm \cdot kg \ H_2O^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701-1,080  $mOsm \cdot kg \ H_2O^{-1}$ ; G3.  $U_{OSM}$  1,081-1,500  $mOsm \cdot kg \ H_2O^{-1}$ .

La escala de percepción de la sed (EPS) mostró una correlación significativa pero baja con la  $U_{OSM}$  en toda la muestra y para el grupo G3 ( $r = 0,298$  y  $r = 0,315$  respectivamente,  $p < 0,05$ ) (Figura 8).

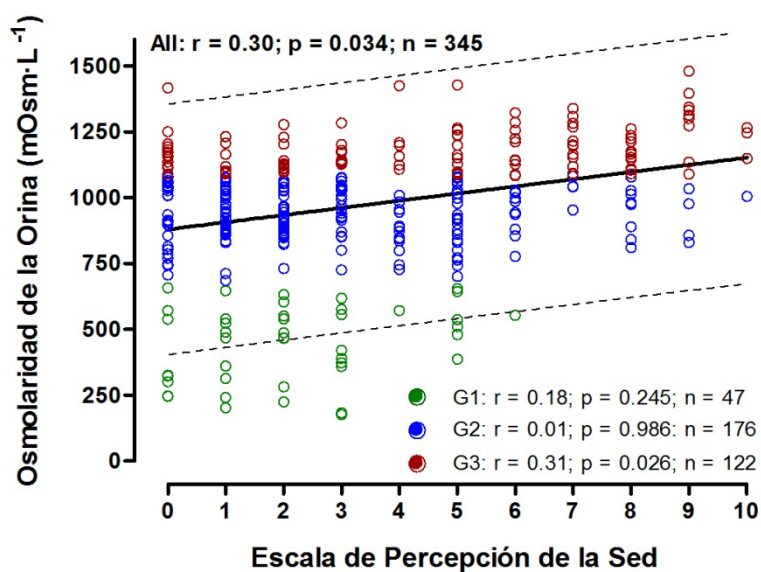


Figura 8. Correlación entre la Osmolaridad de la orina ( $U_{OSM}$ ) y la escala de percepción de la sed (EPS) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación.

G1:  $U_{OSM}$  250-700  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701-1,080  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ;

G3.  $U_{OSM}$  1,081-1,500  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ .

No se detectó ninguna correlación significativa ( $p > 0,05$ ) entre las evaluaciones de BIA y  $U_{OSM}$ , ni en total de la muestra, ni en ninguno de los segmentos de niveles de deshidratación estudiados (Figura 9).

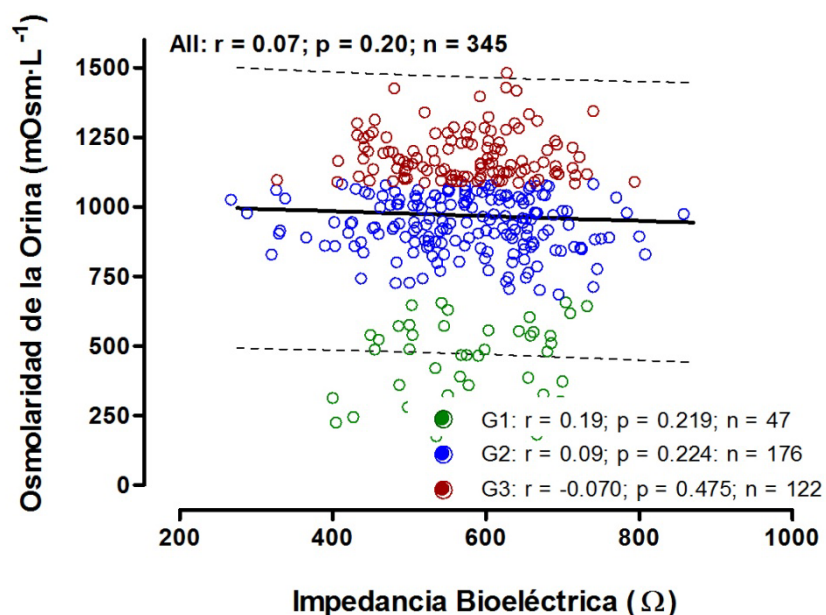


Figura 9. Correlación entre la Osmolaridad de la orina ( $U_{OSM}$ ) y el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación. G1:  $U_{OSM}$  250-700  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701-1,080  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G3.  $U_{OSM}$  1,081-1,500  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ .

Por último, un análisis complementario de Kruskal-Wallis (Figura 10) según el estado de deshidratación de los atletas (euhidratación – G1, deshidratada – G2, y extremadamente deshidratada - G3) revela diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los 3 grupos para los métodos de  $U_{SG}$  y  $U_{COL}$ . Sin embargo, la EPS (Figura 10 C) no puede diferenciar ( $p > 0,05$ ) entre los dos primeros grupos (G1 y G2), y el BIA (Figura 10 D) no puede distinguir ( $p > 0,05$ ) entre ninguno de los 3 grupos (G1, G2 y G3).

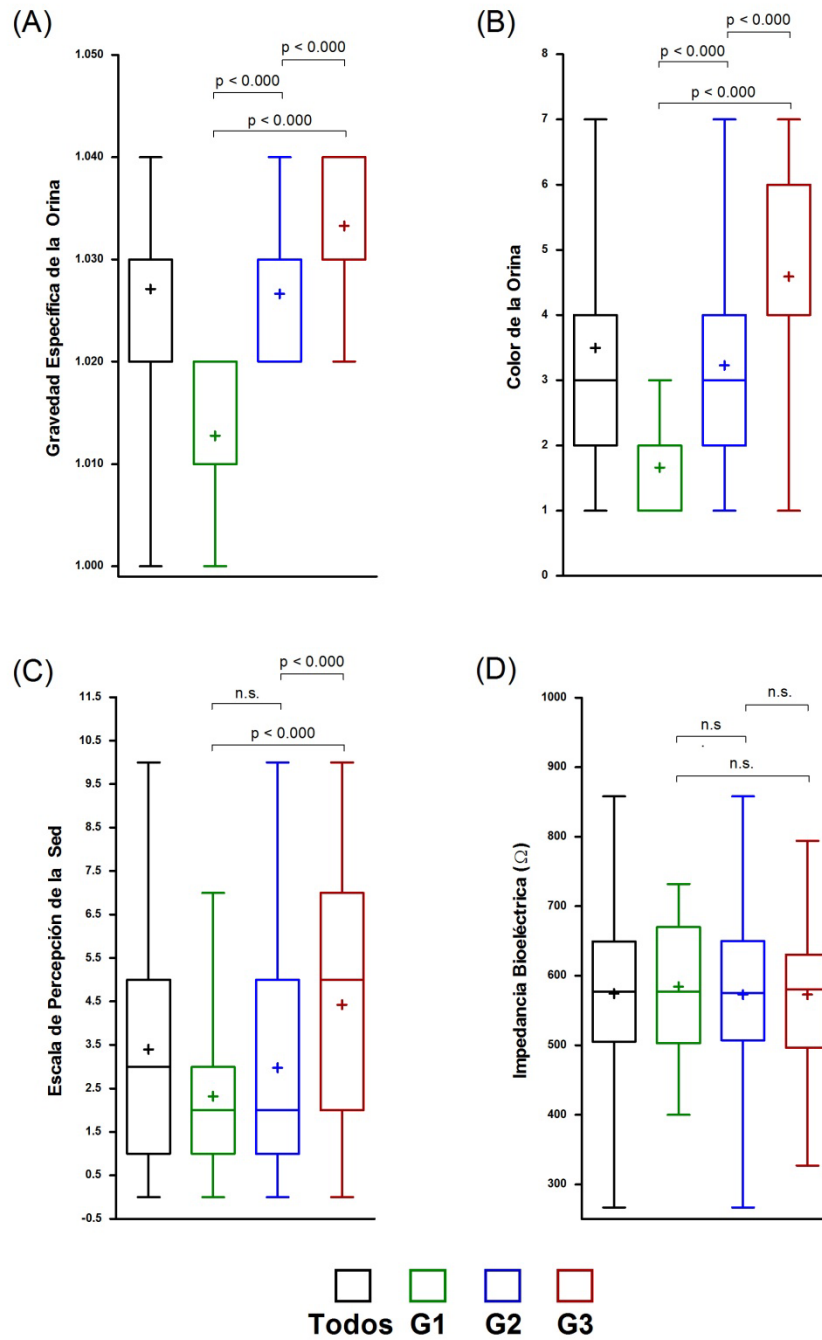


Figura 10: Valores descriptivos y diferencias entre los grupos según la clasificación del estado  $U_{OSMO}$ , así como las diferencias según la prueba de Kruskal-Wallis y las comparaciones por pares de Dunn (corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples). G1:  $U_{OSM}$  250-700  $mOsm \cdot kg H_2 O^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701-1,080  $mOsm \cdot kg H_2 O^{-1}$ ; G3.  $U_{OSM}$  1,081-1,500  $mOsm \cdot kg H_2 O^{-1}$ .

#### 6.2.4. Discusión

El presente estudio evaluó los índices de validez de diferentes técnicas para la estimación del estado de hidratación con la osmolaridad urinaria ( $U_{OSM}$ ), que está considerado como el patrón de oro de los marcadores del estado de hidratación no invasivos (Popowski et al., 2001; Shirreffs 2003). Esta comparación se realizó en una gran muestra de atletas de deportes de combate olímpicos (i.e., 345 atletas) durante el pesaje oficial de una competición real. Mientras que la rápida reducción en el peso corporal antes de la competición es el índice no invasivo más fácil de emplear durante el las fases de pérdida peso abrupta, este sistema requiere saber cuan normal es el peso del atleta. Los árbitros y el personal médico que evalúan el peso de los participantes durante el pesaje oficial no tienen esta información y por lo tanto requieren otro indicador del estado de deshidratación y pérdida de peso que sea preciso, rápido y no invasivo. Nuestro objetivo fue determinar cuál de los índices no invasivos disponibles ( $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , BIA y EPS) mostraba la mejor combinación de sensibilidad, precio y de sencillez en su uso. Estos resultados pueden ser de gran utilidad para los directivos de las federaciones deportivas interesadas en la prevención de los efectos nocivos que tienen las rápidas bajadas de peso en los deportes de combate. Los entrenadores y preparadores físicos pueden también beneficiarse de evaluar fácilmente el grado de hipohidratación en sus atletas de deportes de combate, tanto en entrenamiento como en competición. Creemos que la identificación rápida y precisa de la hipohidratación es el primer paso en la prevención de las prácticas de bajadas de peso no saludables.

Aunque una pregunta similar se ha abordado en estudios precedentes (Armstrong et al., 2005; Armstrong, 2007; Horswill et al., 1990; Shirreffs, 2003), para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que identifica el mejor índice de estado de hidratación no invasivo utilizando una amplia muestra, con una gran gama de estados de

hidratación en una situación real de competición. Como consecuencia de la situación real, hemos detectado un gran número de competidores con deshidratación severa (176 muestras con  $U_{OSM}$  por encima de  $701 \text{ mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$  y 122 muestras con  $U_{OSM}$  por encima de  $1.080 \text{ mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ), valores superiores a los que se han descrito anteriormente (Oopik, Timpmann, Burk y Hannus, 2013; Pettersson y Berg, 2013; Zambraski et al., 1974). Además, los resultados de este estudio confirman que, independientemente de la modalidad de combate y el sexo, la gran mayoría de los atletas llegan deshidratados o extremadamente deshidratados al pesaje oficial (Jetton, Lawrence, Meucci, Haines, Collier, et al., 2013; Oopik, et al., 2013), y que la pérdida de peso es una práctica ampliamente extendida en los deportes de combate Olímpicos.

Nuestros resultados indican que  $U_{SG}$  es el índice de hidratación que mejor se correlacionan con  $U_{OSM}$  ( $r = 0,89$ ,  $p = 0,000$ ; Figura 1), siendo la evaluación de  $U_{SG}$  notablemente más sencilla, barata y rápida que la de  $U_{OSM}$ . Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Popowski et al. (2001) quienes compararon la validez de  $U_{SG}$  y  $U_{OSM}$  con la osmolaridad del plasma, concluyendo que tanto la  $U_{SG}$  como la  $U_{OSM}$  son buenos indicadores del estado de hidratación. Estos datos también coinciden con los resultados de nuestro laboratorio (Hamouti et al., 2013), donde detallamos que la  $U_{SG}$  es tan sensible como la osmolaridad sérica para detectar estados de hipohidratación de un 2%-3%. En base a los resultados del presente estudio utilizando un importante tamaño muestral de atletas de élite en una amplia gama de estados de hidratación, concluimos que la  $U_{SG}$  es un índice muy recomendable para evaluar la hipohidratación. No obstante, cabe destacar que a medida que aumenta la deshidratación la  $U_{SG}$  presenta valores más bajos de correlación (G2:  $r = 0,75$ ; G3:  $r = 0,66$ ; ambos  $p = 0,000$ ; Figura 1). Este descenso de validez a medida que aumenta de la pérdida de agua corporal se ha observado previamente por Oppliger et al. (2005). Sin embargo, la

deshidratación generalmente se evalúa sobre la base de un valor de umbral que está muy por debajo de los valores donde la  $U_{SG}$  comienza a desviarse de  $U_{OSM}$ . Por lo tanto, una disminución en esta correlación rara vez va a afectar a la clasificación de un individuo como deshidratado o euhidratado.

Estudios precedentes coinciden en que  $U_{COL}$  presenta valores de precisión y exactitud menores para determinar el estado de hidratación en los seres humanos en comparación con  $U_{OSM}$  y  $U_{SG}$  (Armstrong et al., 1994; Armstrong et al., 2005; Armstrong, 2007). Sin embargo, diferentes investigadores consideran que  $U_{COL}$  sería de gran ayuda en el contexto de entrenamiento deportivo, militares o trabajadores de la industria en los que no se requiere una evaluación de alta precisión sobre el déficit de hidratación en el cuerpo (Armstrong et al., 1994; Armstrong et al., 1995; Armstrong, 2005). Del mismo modo, nuestros datos coinciden en que  $U_{COL}$  es eficaz para discriminar diferentes niveles de deshidratación (Figura 10) a pesar de su falta de precisión (G2:  $r = 0,498$ ,  $p = 0,002$ , G3:  $r = 0,398$ ,  $p = 0,004$ , Figura 7). Al igual que en estudios anteriores, podemos recomendar  $U_{COL}$  como un índice adecuado para estimar el estado de hidratación de los atletas de deportes de combate; especialmente cuando la pérdida de agua no es extrema. El bajo nivel de precisión de  $U_{COL}$  podría ser compensado por su simplicidad y bajo costo para evaluar el estado de hidratación en pruebas de campo.

Algunos estudios proponen que BIA es una herramienta válida para evaluar el estado de hidratación en diferentes poblaciones (O'Brien et al., 1999; Quiterio, Silva, Minderico, Carnero, Fields, et al., 2009; Utter et al., 2012). Sin embargo, nuestros datos sugieren que BIA no es un buen instrumento para estimar el nivel de hidratación de los atletas de deportes de combate (Figura 8). Coincidiendo con nuestros resultados, otros

estudios argumentaron que BIA puede ser un instrumento que no sea adecuado para evaluar la deshidratación inducida por el ejercicio (Berneis y Keller, 2000; Koulmann, Jimenez, Regal, Bolliet, Launay, et al., 2000; Saunders, Blevins y Broeder, 1998). Por otra parte, nuestros resultados muestran que la correlación con  $U_{OSM}$  durante la moderada y severa deshidratación (G2 y G3) empeoran en comparación con los niveles encontrados en euhidratación (G1) (Figura 8). Estos datos coinciden con la investigación de Asselin et al. (1998) quienes mostraron que con niveles de deshidratación de 2-3% de la masa corporal, la BIA no puede estimar cambios en el agua corporal total. Como una limitación al presente estudio debemos asumir que para estimar el estado de hidratación utilizamos un modelo de bioimpedancia segmental mono-frecuencia, ya que, según nuestra experiencia, este tipo de bioimpedancia es la única accesible a los entrenadores y responsables de la preparación de estos deportistas de combate. Sistemas novedosos de BIA multifrecuencia para determinar las características de los fluidos y tejidos del cuerpo han mostrado incluso niveles de validez menor que BIA monofrecuencia para estimar la composición corporal (Pateyjohns, Brinkworth, Buckley, Noakes y Clifton, 2006), aunque Utter et al. (2012) ha reportado recientemente que el BIA multifrecuencia puede ser una buena herramienta para monitorizar el estado de deshidratación aguda en los luchadores (Utter et al., 2012). Futuros estudios tendrán que profundizar sobre la correlación entre el BIA multifrecuencia y la  $U_{OSM}$  en una amplia muestra con diferentes niveles de deshidratación, incluida la extrema deshidratación.

Engell et al. (1987) registraron una alta correlación entre la percepción de la sed y el estado de hipohidratación antes y después del ejercicio en el calor. Young et al. (1987) se mostraron de acuerdo con esta afirmación y validaron el uso de una escala de 9 puntos (1 = nada sed; 9 = muy, muy sediento), afirmando que una puntuación entre 3

y 5 podría ser una buena indicación de que una persona está levemente deshidratada. Nuestros resultados sugieren que esta escala de percepción es un indicador válido del estado de hidratación, pero sólo para discriminar entre euhidratación y deshidratación extrema. Sin embargo, no distingue niveles bajos de deshidratación y una hidratación correcta (Figura 10). Maresh et al. (2001, 2004) proporcionaron datos que muestran una alta correlación entre el estado de hipohidratación y la sensación de sed cuando los sujetos están moderadamente deshidratados (i.e.,  $\sim 4\%$ ). Numerosos factores, además del déficit de agua en el cuerpo, pueden alterar la percepción de la sed como nuestro paladar ante diferentes líquidos, el tiempo transcurrido desde la última ingesta de líquidos, la distensión gástrica, la edad, el sexo y el estado de aclimatación al calor (Armstrong, 2005). Por lo tanto, mientras que la sensación de sed puede servir como un indicador de la deshidratación extrema, nuestros datos sugieren que el escala de percepción de la sed no es una herramienta lo suficientemente precisa para evaluar correctamente los niveles bajos y moderados de la hipohidratación durante la pérdida de peso en atletas de combate.

Los atletas que participan en deportes de combate (e.g., lucha olímpica, taekwondo y boxeo) habitualmente bajan su masa corporal mediante la deshidratación para alcanzar una categoría de peso inferior en el pesaje oficial antes de la competición. Nuestro estudio compara cuatro índices de hidratación no invasivos diferentes ( $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , EPS, y BIA) a  $U_{OSM}$  como nuestro estándar de oro como medida no invasiva en una amplia muestra de una competición oficial en deportes de combate olímpicos. El objetivo es encontrar una medida alternativa que, a diferencia de  $U_{OSM}$ , no implica el análisis bioquímico costoso y que puede ser utilizado fácilmente por los médicos de medicina deportiva, entrenadores y preparadores físicos en las disciplinas de combate. Nuestros datos sugieren que  $U_{SG}$  es una buena alternativa a  $U_{OSM}$ , ya que

correlaciona altamente con  $U_{OSM}$ , incluso en condiciones de moderada y severa deshidratación (es decir, G2 y G3). Igualmente,  $U_{COL}$  puede ser una herramienta alternativa y adecuada para evaluar la deshidratación, especialmente si el nivel de deshidratación no es extremo. Por el contrario, nuestros datos desalientan el uso de EPS y BIA para estimar el estado de hidratación después del pesaje oficial en atletas de deportes de combate olímpicos.

#### 6.2.5. Referencias Bibliográficas

- Armstrong, L.E. (2007). Assessing hydration status: the elusive gold standard. *The Journal of the American College of Nutrition*, 26, 575S–584S.
- Armstrong, L.E. (2005). Hydration assessment techniques. *Nutrition Reviews*, 63, S40–54.
- Armstrong, L.E., Soto, J.A., Hacker, F.T.Jr., Casa, D.J., Kavouras, S.A., et al. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *International Journal of Sport Nutrition*, 8, 345–355.
- Armstrong, L.E., Maresh, C.M., Castellani, J.W., Bergeron, M.F., Kenefick, R.W., et al. (1994). Urinary indices of hydration status. *International Journal of Sport Nutrition*, 4, 265–279.
- Asselin, M.C., Kriemler, S., Chettle, D.R., Webber, C.E., Bar-Or, O., et al. (1998). Hydration status assessed by multi-frequency bioimpedance analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 49, 495–497.
- Baker, L.B., Dougherty, K.A., Chow, M. & Kenney, W.L. (2007). Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1114–1123.

- Bartok, C., Schoeller, D.A., Randall, Clark. R., Sullivan, J.C. & Landry, G.L. (2004). The effect of dehydration on wrestling minimum weight assessment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 160–167.
- Berneis, K. & Keller, U. (2000). Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. *Clinical Nutrition*, 19, 361–366.
- Cheuvront, S.N., Carter, R., 3<sup>rd</sup> & Sawka, M.N. (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Current Sports Medicine Reports*, 2, 202–208.
- Clark, R.R., Bartok, C., Sullivan, J.C. & Schoeller, D.A. (2004). Minimum weight prediction methods cross-validated by the four-component model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 639–647.
- Dougherty, K.A., Baker, L.B., Chow, M. & Kenney, W.L. (2006). Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1650–1658.
- Dunn, O.J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6, 241– 252.
- Engell, D.B., Maller, O., Sawka, M.N., Francesconi, R.N., Drolet, L., et al. (1987). Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiology & Behavior*, 40, 229–236.
- Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S.L., Jensen, F.B., Hyldig, T., et al. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology* (1985), 86, 1032–1039.
- Hamouti, N., Del Coso, J. & Mora-Rodriguez, R. (2013). Comparison between blood and urinary fluid balance indices during dehydrating exercise and the subsequent hypohydration when fluid is not restored. *European Journal of Applied Physiology*, 113, 611–620.

- Hamouti, N., Del Coso, J., Avila, A. & Mora-Rodriguez, R. (2010). Effects of athletes' muscle mass on urinary markers of hydration status. *European Journal of Applied Physiology*, 109, 213–219.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14, 114-143.
- Horswill, C.A., Hickner, R.C., Scott, J.R., Costill, D.L. & Gould, D. (1990). Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 470–476.
- Houston, M.E., Marin, D.A., Green, H.J. & Thomson, J.A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 9, 73–78.
- Howe, A.S. & Boden, B.P. (2007). Heat-related illness in athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 35, 1384–1395.
- Jetton, A.M., Lawrence, M.M., Meucci, M., Haines, T.L., Collier, S.R., et al. (2013). Dehydration and acute weight gain in mixed martial arts fighters before competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27, 1322–1326.
- Koulmann, N., Jimenez, C., Regal, D., Bolliet, P., Launay, J.C., et al. (2000). Use of bioelectrical impedance analysis to estimate body fluid compartments after acute variations of the body hydration level. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 857–864.
- Maresh, C.M., Gabaree-Boulant, C.L., Armstrong, L.E., Judelson, D.A., Hoffman, J.R., et al. (2004). Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 97, 39–44.

- Maresh, C.M., Herrera-Soto, J.A., Armstrong, L.E., Casa, D.J., Kavouras, S.A., et al. (2001). Perceptual responses in the heat after brief intravenous versus oral rehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1039–1045.
- Murray, B. (2007). Hydration and physical performance. *The Journal of the American College of Nutrition*, 26, 542S–548S.
- Nybo, L. & Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology* (1985), 91, 1055–1060.
- O'Brien, C., Baker-Fulco, C.J., Young, A.J. & Sawka, M.N. (1999). Bioimpedance assessment of hypohydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 1466–1471.
- Oopik, V., Timpmann, S., Burk, A. & Hannus, I. (2013). Hydration status of Greco-Roman wrestlers in an authentic precompetition situation. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 38, 621–625.
- Oppliger, R.A., Magnes, S.A., Popowski, L.A. & Gisolfi, C.V. (2005). Accuracy of urine specific gravity and osmolality as indicators of hydration status. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15, 236–251.
- Pateyjohns, I.R., Brinkworth, G.D., Buckley, J.D., Noakes, M. & Clifton, P.M. (2006). Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity (Silver Spring)*, 14, 2064–2070.
- Pettersson, S. & Berg, C.M. (2013). Hydration Status in Elite Wrestlers, Judokas, Boxers and Taekwondo Athletes on Competition Day. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*.

- Pettersson, S., Ekstrom, M.P. & Berg, C.M. (2013). Practices of weight regulation among elite athletes in combat sports: a matter of mental advantage?. *Journal of Athletic Training*, 48, 99–108.
- Popowski, L.A., Oppliger, R.A., Patrick Lambert, G., Johnson, R.F., Kim Johnson, A., et al. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 747–753.
- Quiterio, A.L., Silva, A.M., Minderico, C.S., Carnero, E.A., Fields, D.A., et al. (2009). Total body water measurements in adolescent athletes: a comparison of six field methods with deuterium dilution. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1225–1237.
- Riebe, D., Maresh, C.M., Armstrong, L.E., Kenefick, R.W., Castellani, J.W., et al. (1997). Effects of oral and intravenous rehydration on ratings of perceived exertion and thirst. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 117–124.
- Saunders, M.J., Blevins, J.E. & Broeder, C.E. (1998). Effects of hydration changes on bioelectrical impedance in endurance trained individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 885–892.
- Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J., et al. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 377–390.
- Schoffstall, J.E., Branch, J.D., Leutholtz, B.C. & Swain, D.E. (2001). Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 102–108.
- Shirreffs, S.M. (2003). Markers of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition* 57 Suppl, 2, S6–9.

- Slater, G., Rice, A.J., Tanner, R., Sharpe, K., Gore, C.J., et al. (2006). Acute weight loss followed by an aggressive nutritional recovery strategy has little impact on onwater rowing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 55–59.
- Smith, M.S., Dyson, R., Hale, T., Harrison, J.H. & McManus, P. (2000). The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 34–39.
- Utter, A.C., McAnulty, S.R., Riha, B.F., Pratt, B.A. & Grose, J.M. (2012). The validity of multifrequency bioelectrical impedance measures to detect changes in the hydration status of wrestlers during acute dehydration and rehydration. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 9–15.
- Vincent, J.W. (2005). Statistics in Kinesiology: Human Kinetics
- Webster, S., Rutt, R. & Weltman, A. (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22, 229–234.
- Young, A.J., Sawka, M.N., Epstein, Y., Decristofano, B. & Pandolf, K.B. (1987). Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise. *Journal of Applied Physiology*, 63, 1218–1223.
- Zambraski, E.J., Tipton, C.M., Jordon, H.R., Palmer, W.K. & Tchong, T.K. (1974). Iowa wrestling study: urinary profiles of state finalists prior to competition. *Medicine Science Sports*, 6, 129–132.



### **6.3. Estudio III: EFECTO DE LA BAJADA DE PESO Y LA COMPETICIÓN SOBRE EL PERFIL DE ESTADO DE ÁNIMO EN DEPORTES DE COMBATE**

#### **6.3.1. Introducción**

La inmensa mayoría de los deportes de combate se rigen por un sistema de categorías por pesos que trata de equilibrar el potencial físico entre rivales, y de esta forma aumentar el porcentaje del rendimiento que depende de las habilidades técnico-tácticas y psicológicas que demuestre cada atleta durante el combate (Burke y Cox, 2009; García-Pallarés, López-Gullón, Muriel, Díaz e Izquierdo 2011; García-Pallarés, López-Gullón, Torres-Bonete e Izquierdo, 2012; Langan-Evans, Close y Morton, 2011; López-Gullón, Muriel, Torres-Bonete, Izquierdo, García-Pallarés, 2011; Martínez-Abellán, 2013). Como principal consecuencia de esta característica del reglamento, la masa corporal de estos deportistas se verifica unas pocas horas antes del comienzo de cada torneo en el denominado “pesaje oficial”, a partir del cual se establecen los diferentes cuadros de competición en cada una de las categorías de peso. Por ello, durante las fases de puesta punto de los principales eventos competitivos de la temporada (2-6 semanas previas), la mayoría de los deportistas de combate reducen su masa corporal para tratar de alcanzar una categoría de peso inferior donde obtener alguna ventaja física frente a sus rivales. Esta aproximación a la competición, conocida internacionalmente como “Weight Cutting” y sus consecuencias sobre el propio rendimiento específico, fisiológico, neuromuscular y cognitivo han sido ampliamente estudiadas en la literatura (García-Pallarés, De la Cruz-Sánchez, Torres-Bonete, Muriel y Díaz 2011; Horswill, 1992; Marttinen, Judelson, Wiersma y Coburn, 2011).

Para estas disciplinas de combate, las pérdidas de peso están incluidas en su filosofía como deporte y son llevadas a cabo por la mayoría de atletas de forma

tradicional, sin platearse la peligrosidad que pueden causar hacia su salud (Horswill, 1989). Además, varios estudios han demostrado que las bajadas de peso realizadas por estos deportistas, en ocasiones de forma extrema, pueden tener efectos en el rendimiento deportivo, ya sea desde el punto de vista fisiológico, neuromuscular o psicológico. En relación a los aspectos psicológicos, un grupo numeroso de estudios han demostrado que la rápida pérdida de peso ocasiona alteraciones en el vigor, la concentración, la autoestima o en la disminución de la memoria a corto plazo, así como también, el aumento de la confusión, la ira, la fatiga, la depresión y el aislamiento (Degoutte, Jouanel, Begue, Colombier, Lac, Pequignot y Filaire, 2006; Filaire, Maso, Degoutte, Jouanel y Lac, 2001; Steen y Brownell, 1990; Umeda, Nakaji, Shimoyama, Yamamoto, Totsuka, y Sugawara, 2004).

Concretamente, un estudio reciente llevado a cabo con deportistas de combate señala que la falta de concentración afecta al competidor en torneos oficiales, pudiendo provocar una disminución de la memoria a corto plazo, rabia excesiva, autoestima baja, depresión y aislamiento (Franchini, Brito y Artioli, 2012). Todo esto puede condicionar al deportista a seguir o no las instrucciones de su entrenador antes y durante el combate, tomar decisiones anticipadas o erróneas, así como acciones ilegales, para en definitiva determinar la posibilidad de ganar o perder un enfrentamiento.

En relación a los estados de ánimo, la literatura científica señala la íntima relación que existe entre el estado de ánimo y el rendimiento deportivo, de manera que las percepciones que los atletas tienen sobre sus estados anímicos pueden influir directamente sobre diferentes habilidades técnico-tácticas (Lazarus, 2000; Ruiz y Hanin, 2004). El manejo incorrecto de los estados de ánimo puede fomentar en el atleta estrategias de afrontamiento erróneas y la aparición de niveles de activación inadecuados (De la Vega, Ruiz, Tejero y Rivera, 2014).

Una de las herramientas más utilizadas para recoger la información psicológica es el POMS (Profile of Mood States). Este instrumento fue creado para el ámbito clínico, ampliando su aplicación a otros contextos como la actividad física y el deporte. El POMS fue diseñado por McNair, Lorr y Droppleman en 1971, con el fin de medir los efectos de la psicoterapia y la medición psicotrópica en pacientes de centros o instituciones psiquiátricas. En un principio el cuestionario constaba de 65 ítems con escalas sobre el Vigor, la Tensión, la Depresión, el Cólera, la Fatiga y la Confusión.

El POMS tuvo una gran acogida por parte de los psicólogos deportivos como una alternativa a las tradicionales pruebas de personalidad, encontrándose varias publicaciones que emplean este cuestionario en deportes como lucha olímpica, atletismo, natación, remo, etc. (LeUnes y Burger, 1998; LeUnes, Hayward y Daiss, 1988; Snow y LeUnes, 1994). De esta forma, en los últimos 20 años, el cuestionario creado por McNair y colaboradores (1971) ha sido probado en numerosos estudios deportivos, tanto de carácter formativo (Arruza, Arribas, Otaegi, González, Irazusta, y Ruiz, 2011), como en deporte de alto nivel (De la Vega, Ruiz, García y Del Valle, 2011; De la vega, Ruiz, Tejero y Rivera, 2014; Hoffman, Bar-Eli y Tenenbaum, 1999).

Uno de los impulsores de este cuestionario, fue Morgan, quien utilizó el POMS para el estudio de las diferencias en los estados de ánimo entre deportistas y sedentarios, así como entre deportistas de éxito con deportistas de menos palmarés. Morgan (1980, 1985) identificó lo que denominó el “Perfil Iceberg” en los deportistas de élite. Este estado diferenciaba a los deportistas sobre el resto de población, ya que poseían una escala de valor superior en Vigor e inferiores en Tensión, Depresión, Cólera, Fatiga y Confusión. En base a estos resultados, Morgan (1980, 1985) dedujo que el “Perfil Iceberg” correspondía a una persona psicológicamente sana, y señaló al POMS como el

cuestionario más efectivo, de todos los que él y sus investigadores habían analizado, para predecir el éxito o fracaso de los deportistas.

Existen numerosos estudios que han utilizado el cuestionario POMS como instrumento para evaluar los estados de ánimo en competidores de diferentes modalidades deportivas como atletismo, deportes de equipo, remo, deportes de combate, etc. (Arruza, Balagué y Arrieta, 1998; Hoffman et al., 1999; Macedo, Sinim y Noce, 2007; Morgan y Johnson, 1977; Morgan y Johnson, 1978; Morgan y Pollock, 1977). Igualmente, esta escala ha sido de gran utilidad cuando se aplica periódicamente, permitiendo examinar los estados de ánimo ante una situación concreta (Kumae, Suzukawa y Ishii, 2012; Torres, Hernández, Olmedilla, Ortega y Garatachea, 2013).

La traducción del POMS al español corresponde al Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallés, en Barcelona (Pérez-Recio y Marí, 1991), donde se recogen 58 ítems referidos a los factores de Tensión, Depresión, Cólera, Vigor, Fatiga y Confusión. Posteriormente Balaguer et al. (1993), mediante varias investigaciones con estudiantes valencianos, redujeron el cuestionario a 51 ítems y 5 factores, eliminando la Confusión. De esta adaptación del cuestionario POMS también se han derivado otros dos informes más abreviados, uno con 15 ítems (Fuentes, García-Merita, Meliá y Balaguer, 1994) y otro con 29 ítems (Fuentes, Balaguer, Meliá y García-Merita, 1995).

En base a esta información, el objetivo de este estudio fue cuantificar los cambios que sufre el estado de ánimo que presentan los deportistas de combate de alto nivel durante las fases de bajada de masa corporal precompetitivas, y su posterior recuperación durante el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del principal evento competitivo de la temporada. Nuestra hipótesis fue que existen diversas dimensiones del estado de ánimo como la Fatiga, Depresión y Tensión que se ven negativamente afectadas por estas rápidas bajadas de peso.

### 6.3.2. Material y Métodos

#### *Muestra*

La muestra para este estudio estuvo compuesta por un total de 105 participantes, 75 hombres (edad  $22,8 \pm 4,1$  años, masa corporal  $74,1 \pm 15,1$  kg, talla  $176,1 \pm 6,7$  cm, grasa corporal  $10,0 \pm 4,5$  %) y 30 mujeres (edad  $22,7 \pm 4,5$  años, masa corporal  $57,1 \pm 8,9$  kg, talla  $164,9 \pm 7,2$  cm, grasa corporal  $16,6 \pm 4,4$  %), especialistas de tres deportes olímpicos de combate diferentes (lucha olímpica, taekwondo y boxeo) que se ofrecieron voluntariamente a participar en este estudio. Esta muestra puede considerarse perfectamente representativa de la población a estudio, no sólo por su tamaño en valor absoluto, sino porque estos 105 participantes representan el 40,1% del total de los deportistas que compitieron en los campeonatos nacionales de la temporada 2012/2013 en estas tres modalidades de combate olímpicas.

Los 105 atletas tenían al menos 4 años de experiencia en el entrenamiento y competición en sus respectivas modalidades, y todos ellos alcanzaron el peso requerido por su categoría durante el pesaje oficial de su respectivo campeonato nacional en el que se realizó la fase experimental de esta investigación. Los entrenadores y deportistas fueron informados sobre los procedimientos experimentales y los posibles riesgos y beneficios del proyecto. El estudio, que cumplió con la Declaración de Helsinki, fue aprobado por la Comisión de Bioética de la Universidad de Murcia (Anexo III), y se obtuvo un consentimiento informado de cada deportista antes de participar (Anexo IV).

*Procedimiento*

La recogida de los datos fue realizada por psicólogos del deporte, que ayudaron en todo momento a los deportistas en la explicación y forma de rellenar el cuestionario POMS (Anexo II), haciendo comprender a los competidores la importancia de cumplimentar cada ítem según las sensaciones en las que se encontraban. Estos especialistas explicaron a los atletas la confidencialidad de los datos recogidos, asegurando que los resultados sólo serían utilizados con fines de investigación, para obtener una mayor implicación por parte de los sujetos. Los participantes completaron el cuestionario en dos ocasiones: i) entre 30 y 60 minutos antes del pesaje oficial (PRE) y ii) entre 30 y 60 minutos antes del comienzo del primer combate (POST) de sus respectivos campeonatos nacionales. Este lapso de tiempo que separaba ambas medidas PRE y POST osciló entre 12-18 h, dependiendo el propio reglamento de competición de cada modalidad deportiva.

*Instrumento*

Para realizar la medición a los deportistas de los estados de ánimo se utilizó el test *Profile of Mood States* (Morgan, 1980), ya que es uno de los instrumentos más utilizados en psicología deportiva para valorar los estados de ánimo de los competidores, así como sus sentimientos y simpatías. En este estudio se utilizó la versión traducida al español en su formato abreviado (Fuentes et al., 1995). Este cuestionario consta de 29 adjetivos, en los cuales el sujeto debe informar sobre su propio estado de ánimo durante la jornada del pesaje (PRE) y el día de la competición (POST). Cada una de estas cualidades debe establecerse con una escala numérica de 0 a 4 (siendo 0 nada, 1 un poco, 2 moderadamente, 3 bastante y 4 muchísimo). Los ítems recogen los estados anímicos de depresión, vigor, cólera, tensión y fatiga.

*Análisis estadístico*

Se proporcionan los estadísticos descriptivos básicos de todas las variables estudiadas (media y desviación típica). La distribución de todas las variables descritas resultó no normal, según la prueba de Komogorov-Smirnov ( $p < 0,01$ ), por lo que se utilizó una prueba de rangos con signo de Wilcoxon para variables relacionadas, con el objeto de describir la variación en las diferentes dimensiones analizadas durante la fase de bajada de peso. Se empleó una correlación de Spearman para analizar la relación entre el porcentaje de peso ganado y la variación de las diferentes dimensiones establecidas en el perfil de estados de ánimo. Todos los análisis fueron realizados empleando el paquete estadístico SPSS 18.0.

**6.3.3. Resultados**

El periodo de tiempo que separó el pesaje oficial (PRE) del comienzo del torneo (POST) propició un aumento significativo de la masa corporal de los participantes ( $p < 0,001$ ), así como descensos significativos en las dimensiones de Cólera ( $p < 0,001$ ), Fatiga ( $p < 0,001$ ) y Depresión ( $p < 0,001$ ), no encontrándose diferencias significativas en las dimensiones de Vigor ( $p = 0,124$ ) y Tensión ( $p = 0,146$ ) (Tabla 6).

Tabla 6. Descriptivos básicos (media y desviación típica) y análisis del efecto de la bajada de peso (prueba de rangos con signo de Wilcoxon).

| n = 105          | <b>Pesaje PRE<br/>(M ± DT)</b> | <b>Pesaje POST<br/>(M ± DT)</b> | <b>Diferencia (%)<br/>(M ± DT)</b> | <b>Z</b> | <b>p</b> |
|------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
| <b>Peso (kg)</b> | 67,8 ± 13,5                    | 68,8 ± 13,2                     | 1,0 ± 1,2                          | -6,487   | 0,000    |
| <b>Vigor</b>     | 15,8 ± 4,4                     | 16,7 ± 4,3                      | 0,9 ± 4,1                          | -1,538   | 0,124    |
| <b>Cólera</b>    | 3,8 ± 4,2                      | 2,6 ± 3,3                       | 1,2 ± 2,8                          | -3,841   | 0,000    |
| <b>Fatiga</b>    | 5,0 ± 3,7                      | 3,0 ± 3,0                       | 2,0 ± 3,2                          | -5,190   | 0,000    |
| <b>Depresión</b> | 2,0 ± 3,4                      | 1,1 ± 2,6                       | 0,9 ± 2,0                          | -3,941   | 0,000    |
| <b>Tensión</b>   | 4,9 ± 5,0                      | 5,4 ± 4,8                       | 0,5 ± 3,8                          | -1,452   | 0,146    |

La tabla 7 muestra el análisis de la relación entre el porcentaje de peso ganado PRE vs. POST), así como el cambio observado en las diferentes dimensiones del perfil de estados de ánimo de la muestra estudiada. Los resultados apuntan, en líneas generales, a que el cambio en las dimensiones del perfil de estados de ánimo no guarda una relación directa con la variación porcentual de la masa corporal.

Tabla 7. Coeficiente de correlación (Rho de Spearman) entre la variación en las diferentes variables estudiadas durante la fase de recuperación post pesaje (calculadas como la diferencia entre pre y post; se señalan las relaciones estadísticamente significativas).

|                  | <b>Depresión</b> | <b>Vigor</b> | <b>Cólera</b> | <b>Tensión</b> | <b>Fatiga</b> | <b>% Peso</b> |
|------------------|------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>Depresión</b> | <b>1,000</b>     | -,082        | ,440**        | ,095           | ,256*         | -,190         |
| <b>Vigor</b>     | -,082            | <b>1,000</b> | -,016         | ,027           | -,132         | -,261*        |
| <b>Cólera</b>    | ,440**           | -,016        | <b>1,000</b>  | ,159           | ,342**        | -,016         |
| <b>Tensión</b>   | ,095             | ,027         | ,159          | <b>1,000</b>   | ,096          | -,012         |
| <b>Fatiga</b>    | ,256*            | -,132        | ,342**        | ,096           | <b>1,000</b>  | ,073          |
| <b>% Peso</b>    | -,190            | -,261*       | -,016         | -,012          | ,073          | <b>1,000</b>  |

\*p < 0,05; \*\*p < 0,001

Como resultado aislado, sólo en el caso de la dimensión Vigor se observa una relación estadísticamente significativa, aunque con una correlación relativamente débil ( $r = -0,261$ ,  $p = 0,014$ ; Figura 11).

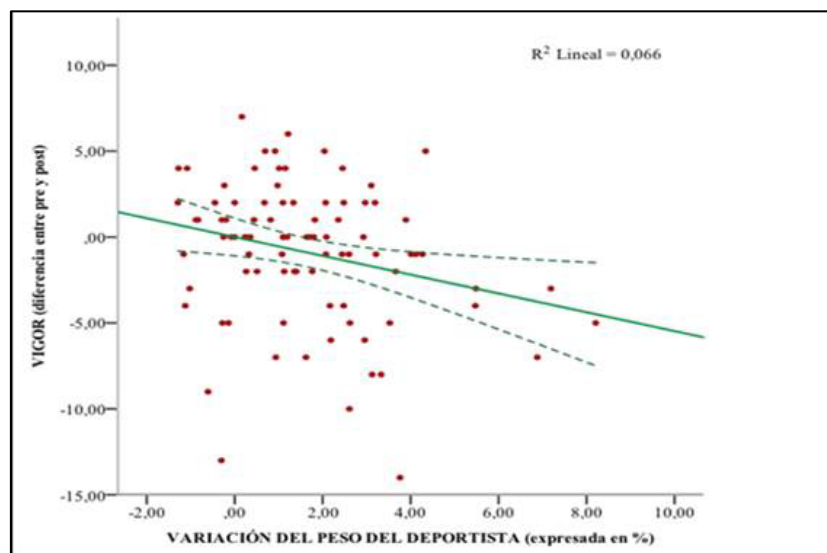


Figura 11. Representación de la correlación entre la variación porcentual del peso ganado (%) y el Vigor antes del pesaje (PRE) y justo antes de comenzar el torneo oficial (POST).

#### **6.3.4. Discusión**

En primer lugar, hay que destacar la importancia de las características muestrales de los deportistas que han tomado parte en esta investigación ya que todos ellos son competidores de carácter nacional, incluso algunos de ellos de carácter internacional con participaciones en campeonatos europeos y mundiales. Por lo tanto, está recogida de datos y análisis posterior pueden ejercer un importante peso en las líneas de investigación de los deportes de combate olímpicos, ayudar a los técnicos y entrenadores en aspectos relacionados con los estados de ánimo de sus deportistas, profundizando y conociendo las sensaciones que pueden desarrollar los competidores el día previo a la competición e incluso el mismo día del torneo. Otro aspecto de gran interés para los entrenadores puede ser la predicción de las fluctuaciones que sufren sus deportistas con respecto a sus estados de ánimo en el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo.

Todos estos conceptos podrán ser utilizados por los miembros del cuerpo técnico durante la preparación de los principales eventos competitivos de la temporada, ya que esta información puede ser clave para conocer la preparación mental de los deportistas y poder optimizarla en competiciones futuras. El entrenamiento psicológico se ha mostrado efectivo para ayudar a los competidores a afrontar los torneos desde un punto de vista más anímico y diferenciar entre dos deportistas con iguales condiciones físicas. La falta de concentración puede afectar al rendimiento del atleta en una competición de alto nivel para hacer frente a las diferentes distracciones del entorno y acciones técnico-tácticas del rival. La disminución de la memoria a corto plazo puede perturbar la capacidad de un deportista para seguir sus instrucciones o las del entrenador antes o durante un combate. Así mismo, la autoestima baja puede determinar la posibilidad de ganar un combate, sobre todo contra rivales de alto nivel (Franchini et al., 2012).

Los resultados de este estudio evidencian que algunas de las dimensiones de los estados de ánimo, examinados con el POMS, han sufrido mejoras considerables desde el momento del pesaje oficial hasta el comienzo del torneo. Si analizamos con más atención las cinco dimensiones del cuestionario se puede observar que existen cambios significativos en los estados de Cólera, Fatiga y Depresión con respecto al tiempo transcurrido entre las dos mediciones (PRE y POST). En cambio, no se pueden apreciar diferencias significativas con respecto al Vigor y la Tensión (Tabla 6). Una posible línea de investigación futura para adentrarse más detalladamente sobre las sensaciones de los deportistas de combate, podría ser mediante el modelo tridimensional de respuesta emocional (POMS-VIC), donde se evalúa el estado de ánimo del competidor mediante tres ejes: intensidad, valencia y control (De la Vega, Ruiz, Borges, Tejero, 2014a).

Todos estos cambios descritos en el estado de ánimo pueden deberse a que los participantes, el día del pesaje oficial, se encuentran cansados y exhaustos debido a las pérdidas de peso realizadas los días antes de la competición. Normalmente, los deportistas que se encuentran con un peso natural situado en la mitad de dos categorías tienden a reducir su masa corporal para competir en la categoría inferior (Franchini et al., 2012). Algunos estudios han demostrado que en los últimos siete días para una competición internacional los deportistas de modalidades de combate olímpicas pueden llegar a reducir su peso más de un 8% (Houston, Marin, Green y Thomson, 1981), e incluso pueden llegar a perder un 4% en las tres horas previas al pesaje (Smith, 1998). Por lo tanto, esto ocasiona en los competidores mucha fatiga física, pero también de carácter mental, propiciando un descenso anímico en algunas dimensiones del estado de ánimo.

En estas modalidades olímpicas, tras el pesaje oficial, los atletas tienen un tiempo determinado (6-18 horas) para poder recuperar, al menos en parte, los depósitos de

sustrato energético y especialmente el estado de euhidratación que tenían antes de la fase de bajada de peso (Martínez-Abellán, 2013). Por lo tanto es comprensible que los deportistas aumenten su estado anímico en las dimensiones de Vigor y Tensión el día de la competición. Estudios recientes han podido demostrar que el 68% de los sujetos medidos aumentaron un  $2,2 \pm 1,7\%$  de su masa corporal en el tiempo transcurrido entre el pesaje y después de la primera ronda de combates de lucha olímpica (Kordi, Nourian, Rostami y Wallance, 2012). Estos cambios puede reflejar que los competidores se sienten más vigorosos el día de la competición, ya que han podido alimentarse e hidratarse después de ser aptos en el pesaje oficial. En cuanto a la dimensión Tensión es normal que vaya aumentando conforme se acerque más a la hora del combate, por eso el día del pesaje es menor que el día de la competición.

Otro aspecto a analizar son los cambios producidos en los estados de ánimo con respecto al porcentaje de masa corporal ganada en el tiempo transcurrido entre los dos test (PRE y POST). Los resultados de este estudio indican que no ha habido relación entre los cambios en las diferentes dimensiones de los estados de ánimo testados con el POMS y la fluctuación de los niveles de masa corporal total (Tabla 7). Cabe destacar que no todos los sujetos analizados han perdido el mismo peso corporal, evidenciado por las diferentes ganancias de masa corporal entre las dos medidas (PRE y POST). Al analizar el porcentaje de subida de peso de forma global no se han podido apreciar las variaciones producidas en los estados de ánimo en aquellos deportistas que realmente han realizado una bajada de peso corporal significativa. En un estudio específico, los deportistas que obtuvieron mejores resultados en el torneo, fueron aquellos que realizaron una mayor pérdida de peso (Wroble y Moxley, 1998). En otro estudio se observó que tras una deshidratación de aproximadamente 5% de pérdida de peso corporal, y tras una recuperación de 4 horas con alimentos y líquidos, no se vieron

afectados los resultados del rendimiento específico, capacidad anaeróbica, glucosa y lactato (Artioli, et al., 2010). Futuros estudios deberán analizar la relación entre el peso relativo perdido durante la bajada de peso y el estado de ánimo.

En definitiva, la información que nos puede transmitir este sencillo test es de gran ayuda para el cuerpo técnico de estas modalidades olímpicas, y sobre todo para el entrenador, que en ocasiones toma decisiones subjetivas de los estados anímicos de sus competidores, simplemente por sus apreciaciones o conductas de los deportistas. Por lo tanto, sería aconsejable que algún componente del cuerpo técnico pudiese manejar la información y sensaciones de los deportistas desde una perspectiva más objetiva, mediante este instrumento, y poder transmitirle la información al entrenador. Todos estos datos podrán ser recogidos periódicamente y trabajar los aspectos anímicos con aquellos deportistas que más lo necesiten.

### 6.3.5. Referencias Bibliográficas

Arruza, J.A., Arribas, S., Otaegi, O., González, O., Irazusta, S. y Ruiz, L.M. (2011).

Perception of competence, mood state and stress tolerance in young high performance athletes. *Anales de Psicología*, 27(2), 536-543.

Arruza, J. Balagué, G. y Arrieta, M. (1998). Rendimiento deportivo e influencia del estado de ánimo, de la dificultad percibida y de la autoeficacia en el deporte de alta competición. *Revista de Psicología del Deporte*, 7, (2), 193-204.

Artioli, G.G., Iglesias, R.T., Franchini, E., Gualano, B., Kashiwagura, D.B., Solis, M. Y., Benatti, F.B., Fuchs, M. y Lancha Junior, A.H. (2010). Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of Sport Science*, 28(1), 21-32.

- Balaguer, I., Fuentes, I., Meliá, J.L., García-Merita, M.L. y Pérez Recio, G. (1993). El Perfil de los Estados de Ánimo (POMS): Baremo para estudiantes valencianos y su aplicación en el contexto deportivo. *Revista de Psicología del Deporte*, 4, 39-52.
- Burke, L.M. y Cox, G.R. (2009). Nutrition in combat sports. *In Combat Sports Medicine*, 1-20.
- Degoutte, F., Jouanel, P., Begue, 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.
- De la Vega R., Ruiz R., Borges P.J. y Tejero C.M. (2014a). Una nueva medida tridimensional del estado de ánimo deportivo: el POMS-VIC. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 37-46.
- De la Vega, R., Ruiz, R., Tejero, C. y Rivera, M. (2014b). Relación entre estados de ánimo y rendimiento en voleibol masculino de alto nivel. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 49-56.
- De la Vega, R., Ruiz, R., García, G.D. y del Valle, S. (2011). El estado de ánimo precompetitivo en un equipo de fútbol profesional: un estudio entre jugadores titulares y suplentes. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 107-117.
- Filaire, E., Maso, F., Degoutte, F., Jouanel, P. y Lac G. (2001). Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 454–459.
- Franchini, E., C.J. Brito y G.G. Artioli (2012) Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 52.

- Fuentes, I., Balaguer, I., Meliá, J. L. y García-Merita, M. L. (1995). Forma abreviada del Perfil de los Estados de Ánimo (POMS). *Actas del V Congreso Nacional de Psicología de la Actividad Física y el Deporte*, (pp. 29-39). Valencia: Universitat de València.
- Fuentes, I., García-Merita, M., Meliá, J. L. y Balaguer, I. (1994). Trabajo presentado al *IV Congreso de Evaluación Psicológica*. Santiago de Compostela.
- García-Pallarés, J., López-Gullón, J. M., Muriel, X., Díaz, A., y Izquierdo, M. (2011). Physical fitness factors to predict male Olympic wrestling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1747-1758.
- García Pallarés, J., López-Gullón, J. M., Torres-Bonete, M. D., y Izquierdo, M. (2012). Physical fitness factors to predict female Olympic wrestling performance and sex differences. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 26(3), 794-803.
- Hoffman, J. R., Bar-Eli, M. y Tenenbaum, G. (1999). An examination of mood changes and performance in a professional basketball team. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 74-79.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14, 114-143.
- Houston, M.E., Marin, D.A., Green, H.J. y Thomson, J.A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 9(11), 73-78.
- Kordi, R., Nourian, R., Rostami, M. y Wallance, W.A. (2012). Percentage of body fat and weight gain in participants in the tehran high school wrestling championship. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(2), 119-25.

- Kumae, T., Suzukawa, K. y Ishii, T. (2012). Effects of 6 months of endurance training on neurotrophil functions to produce reactive oxygen species and mental states in male long-distance runners. *Luminiscence*.
- Langan-Evans, C., Close, G.L. y Morton, J.P. (2011). Making Weight in Combat Sports. *Strength and Conditioning Journal*, 33, 25–39.
- Lazarus, R. S. (2000). How emotions influence performance in competitive sport. *The Sport Psychologist*, 229-252.
- LeUnes, A. y Burger, J. (1998). Bibliography on the Profile of Mood States in Sport and Exercise Psychology Research, 1971-1998. *Journal of Sport Behavior*, 21, 53-70.
- LeUnes, A., Hayward, S. A. y Daiss, S. (1988). Annotated bibliography on the Profile of Mood States in sport, 1975-1988. *Journal of Sport Behavior*, 11, 213-239.
- Lopez-Gullon, J. M., Muriel, X., Torres-Bonete, M. D., Izquierdo, M., y Garcia-Pallares, J. (2011). Physical fitness differences between Freestyle and Greco-Roman elite wrestlers. *Archives of Budo*, 7(4), 217-225.
- Macedo, I. O., Sinim, M. A. y Noce, F. (2007). Utilização do POMS do monitoramento dos estados de humor antes de competição nas diferentes provas do atletismo. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 7, 1, 85-96.
- Martinen, R. H., Judelson, D. A., Wiersma, L. D., y Coburn, J. W. (2011). Effects of self-selected mass loss on performance and mood in collegiate wrestlers. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 25(4), 1010-1015.
- Martínez-Abellán A. (2013). Efectos de las pérdidas de peso y la deshidratación en deportes de combate: una revisión. *Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*, 3:59-68.

- McNair, D. M., Lorr, M. y Droppleman, L. F. (1971). *Manual for the Profile of Mood States*. San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Service.
- Morgan, W. P. (1985). Selected Psychological factors limiting performance: A mental health model. En D.H. Clarke y H. M. Eckertt (Eds.), *Limits of Human Performance* (pp. 70-80). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Morgan, W. P. (1980). Test of champions. *Psychology Today*, Julio, 92-99.
- Morgan, W. P. y Johnson, R. W. (1978). Personality characteristics of successful and unsuccessful oarsmen. *International Journal of Sport Psychology*, 9, 119-133.
- Morgan, W. P. y Johnson, R. W. (1977). Psychologic characterization of the elite wrestler: A mental health model. *Medicine and Science in Sports*, 9, 55-56.
- Morgan, W. P. y Pollock, M. L. (1977). Psychologic characterization of the elite distance runner. *Annals of the New York Academy of Science*, 301, 382-403.
- Pérez-Recio, G. y Marí, J. (1991). *Protocolo de la Prueba POMS*. Sant Cugat del Vallés, Barcelona: Centre d'Alt Rendiment.
- Ruiz, M.C. y Hanin, Y.L. (2004). Athlete's self-perceptions of optimal states in Karate: an application of the IZOF model. *Revista de Psicología del Deporte*, 13, (2), 229-244.
- Smith, M.S. (1998). Sport specific ergometry and the physiological demands of amateur boxing. *Thesis, University College, Chichester*.
- Snow, A. y LeUnes, A. (1994). Characteristics of sports research using the Profile of Mood States. *Journal of Sport Behavior*, 17, 207-211.
- Steen, S.N. y Brownell, K.D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 22(6), 762-768.

- Torres, G., Hernández, R., Olmedilla, A., Ortega, E. y Garatachea, N. (2013). Fluctuación del Perfil de Estados de Ánimo (POMS) en un periodo competitivo en judokas de élite. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(2), 313-320.
- Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Yamamoto, Y., Totsuka, M. y Sugawara, K (2004). Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists. *Journal of Sports Sciences* 22, 329-338.
- Wroble, R.R. y Moxley, D.P. (1998). Weight loss patterns and success rates in high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 625–628.

#### **6.4. Estudio IV: EFECTOS DE LA DESHIDRATACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO NEUROMUSCULAR Y COMPETITIVO EN DEPORTES DE COMBATE**

##### **6.4.1. Introducción**

Los deportes de combate olímpicos que se rigen por categorías de peso (lucha olímpica, boxeo, judo y taekwondo) dividen a sus atletas antes de la competición por sexo y categoría de peso. Estas divisiones de peso tienen el propósito de hacer justa la competición, equilibrando a los oponentes en masa muscular y similares niveles de fuerza, al tiempo que se reduce sustancialmente el riesgo de lesiones (Garcia-Pallares, Lopez-Gullon, Muriel, Diaz, e Izquierdo, 2011). Sin embargo, el tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo de la competición puede convertir este noble propósito en una regla perversa. El pesaje oficial de estas modalidades de combate se lleva a cabo normalmente entre 12 y 24 horas antes del comienzo de la competición, tanto para los deportistas aficionados o categorías inferiores, como para los atletas de élite. Esta particularidad incita a la mayoría de los atletas a usar prácticas de pérdidas de masa corporal agresivas para bajar de peso y entrar en una categoría de peso inferior, ya que después del pesaje disponen de una ventana temporal suficientemente amplia como para recuperar una parte importante del peso perdido, de sus reservas energéticas y de un estado de hidratación próximo a la normalidad (Horswill, 1992; Lambert y Jones, 2010).

En 1997 unos episodios de deshidratación severa (entre el 7-10% de pérdida de masa corporal) contribuyeron a la muerte de tres luchadores universitarios estadounidenses. En respuesta a estos dramáticos acontecimientos, la National Collegiate Athletic Association (NCAA) modificó el reglamento de sus competiciones universitarias para exigir que el pesaje oficial se celebrase a escasas 1-2 horas antes del

comienzo de la competición (Oppliger, Utter, Scott, Dick, y Klossner, 2006). Por desgracia, esta regla no se ha extendido en el resto de federaciones internacionales de los diferentes deporte de combate, por lo que las prácticas de rápida bajada de peso parecen prevalecer en todos ellos (Fernández-Elías, Martínez-Abellán, López-Gullón, Morán-Navarro, Pallarés, De la Cruz-Sánchez y Mora-Rodríguez, 2014). Desde hace cuatro décadas el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recomienda que los atletas en deportes de combate no reduzcan su grasa corporal a valores inferiores al 5% (ACSM, 1976). Diferentes estudios han constatado que el peso mínimo al que puede bajar un atleta antes del pesaje oficial sin poner en riesgo su salud podría establecerse con elevados índices de validez en base a estimaciones de la grasa corporal, bien sea mediante pliegues cutáneos o por bioimpedancia (Oppliger, Nielsen, y Vance, 1991; Thorland, Tipton, Lohman, Bowers, Housh, Johnson, Kelly, Oppliger y Tcheng, 1991; Utter y Lambeth, 2010), lo que permitiría implantar programas educativos que promuevan la prevención de prácticas de rápida pérdida de peso que incluyan una deshidratación severa (Oppliger, Harms, Herrmann, Streich, y Clark, 1995). No obstante, el éxito de estos programas educativos piloto parece ser limitado (Tipton y Tcheng, 1970), ya que aproximadamente un tercio de los luchadores compiten por debajo de su peso mínimo estimado, siendo paradójicamente este grupo el que más probabilidad de éxito tiene en competición (Wroble y Moxley, 1998).

Reducciones extremas en la ingesta de líquidos y alimentos, la exposición a sauna, fármacos diuréticos y ejercicio con prendas de plástico no transpirables son medios comunes utilizados por los atletas de deportes de combate para reducir la masa corporal en los días previos al pesaje oficial (Horswill, 1992; Tipton y Tcheng, 1970). Atendiendo a que las pérdidas de grasa requieren semanas de dieta, y las pérdidas de las reservas de hidratos de carbono sólo representan  $\sim 0,5$  kg de pérdida de peso corporal,

resulta evidente que la mayor parte de la bajada de peso alcanzada por estos atletas es debido a la pérdida de agua corporal. Este estado de hipohidratación tiene un impacto negativo en la capacidad del cuerpo para regular la temperatura central durante el ejercicio (Montain, Latzka, y Sawka, 1995), lo que facilita la aparición prematura de la fatiga durante el ejercicio aeróbico intenso (González-Alonso Teller, Andersen, Jensen, Hyldig, et al., 1999; Saltin, 1964). Además, la hipohidratación y la hipertermia producen la deriva cardiovascular que se ha asociado en numerosas ocasiones con descensos del rendimiento en diferentes tipos de esfuerzos como potencia anaeróbica (Fritzsche y Coyle, 2000), la transición aeróbica-anaeróbica (Webster, Rutt, y Weltman, 1990) o la capacidad aeróbica máxima (Lafrenz, Wingo, Ganio, y Cureton, 2008).

Además de una gran destreza técnico-táctica, el rendimiento en los deportes de combate olímpicos se puede considerar multifactorial ya que tienen grandes requerimientos de fuerza, potencia, velocidad, equilibrio y coordinación. Entre estas capacidades físicas, la potencia muscular (i.e., la capacidad para desplazar una carga a una alta velocidad) es uno de los principales factores que afectan el rendimiento en estas especialidades (García-Pallares, López-Gullón, Torres-Bonete, e Izquierdo, 2012; García-Pallares, Lopez-Gullon, Muriel, Díaz, e Izquierdo, 2011). No obstante, los efectos de la deshidratación y la rápida rehidratación en el rendimiento neuromuscular (fuerza y potencia muscular) no están claros. La rápida pérdida de peso por deshidratación se ha demostrado que afecta negativamente al rendimiento específico en boxeo y en lucha olímpica (Smith, Dyson, Hale, Harrison, y McManus, 2000; Webster et al., 1990). Sin embargo, si los atletas se recuperan rápidamente de esta pérdida de peso, los efectos sobre su rendimiento específico y neuromuscular no parecen ser tan evidentes (Schoffstall, Rama, Leutholtz, y Swain, 2001; Slater, Rice, Tanner, Sharpe, Gore, et al., 2006). Así por ejemplo, algunos investigadores han descrito descensos del

rendimiento sobre la fuerza isométrica máxima tras rápidas bajadas de peso (Bosco, Terjung, y Greenleaf, 1968; Kraemer, Fry, Rubin, Triplett-McBride, Gordon, Koziris, Lynch, Volek, Meuffels, Newton y Fleck, 2001), mientras que otros no han encontrado ningún efecto en esta manifestación de la fuerza (Martinen, Judelson, Wiersma, y Coburn, 2011; Montain et al., 1998).

Por todo ello, el propósito de este estudio fue describir los efectos que los diferentes grados de deshidratación y pérdida peso tienen sobre la recuperación del rendimiento neuromuscular que acontece durante la ventana temporal que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo. Además, el diseño de este estudio nos permite conocer la relación existente entre la capacidad de estos deportistas para realizar rápidas bajadas y subidas de peso con su propio rendimiento específico en el tapiz y el nivel competitivo. Nuestra hipótesis fue que los deportistas con una mayor recuperación de peso y del estado de hidratación entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo alcanzan a su vez una mayor recuperación del rendimiento neuromuscular, y que, atendiendo al reglamento actual, estos atletas son los que mayores probabilidades tienen de obtener buenos resultados en combate.

#### **6.4.2. Material y Métodos**

##### *Muestra*

Un total de 163 participantes, 124 hombres (edad  $22,4 \pm 4,3$  años, masa corporal  $75,1 \pm 14,7$  kg, talla  $177,1 \pm 7,1$  cm, grasa corporal  $10,0 \pm 4,5$  %) y 39 mujeres (N = 43; años  $22,7 \pm 4,4$  años, masa corporal  $56,9 \pm 8,8$  kg, talla  $164,7 \pm 7,0$  cm, grasa corporal  $16,6 \pm 4,4$  %), especialistas de tres deportes olímpicos de combate diferentes [Lucha olímpica (N = 76), taekwondo (N = 62) y boxeo (N = 24)] se ofrecieron

voluntariamente a participar en este estudio. Esta muestra puede considerarse perfectamente representativa de la población a estudio, no sólo por su tamaño en valor absoluto, sino porque estos 163 participantes representan el 61,7% del total de los deportistas que compitieron en los campeonatos nacionales de una misma temporada en estas tres modalidades de combate olímpicas.

Los 163 atletas tenían al menos 4 años de experiencia en el entrenamiento y competición en sus respectivas modalidades, y todos ellos dieron el peso en su categoría durante el pesaje oficial de su respectivo campeonato nacional en el que se realizó la fase experimental de esta investigación. Los entrenadores y deportistas fueron informados sobre los procedimientos experimentales y los posibles riesgos y beneficios del proyecto. El estudio, que cumplió con la Declaración de Helsinki, fue aprobado por la Comisión de Bioética de la Universidad de Murcia (Anexo III), y se obtuvo un consentimiento informado de cada deportista antes de participar (Anexo IV).

Para posteriores análisis entre los estados de hidratación de los diferentes niveles competitivos, los 4 medallistas de cada categoría de peso (1º, 2º y los dos 3º clasificados) en sus respectivos Campeonatos Nacionales celebrados durante la fase experimental fueron asignados al grupo Élite. El resto de participante (i.e., de los 5º clasificados en adelante se asignaron al grupo no-Élite (García-Pallarés et al., 2012).

### *Procedimiento*

La masa corporal, el estado de hidratación y el rendimiento neuromuscular de los atletas se evaluó en dos ocasiones: i) entre 60 y 5 minutos antes del pesaje oficial (PRE) y ii) entre 60 y 5 min antes del comienzo del primer combate del torneo de sus respectivos Campeonatos Nacionales (POST). De acuerdo con los reglamentos de sus respectivas Federaciones Internacionales, las valoraciones PRE se llevaron a cabo entre

las 16:00 h y las 19:00 h, mientras que las valoraciones POST se realizaron entre las 8:00 h y las 10:00 del día siguiente. No se dieron instrucciones a los atletas o sus entrenadores para manipular su peso corporal en ningún momento de la temporada. Los participantes que reportaron estar ingiriendo algún tipo de suplemento multivitamínico u otros medicamentos que puedan alterar las características de la orina (p.e., color de la orina) fueron descartados (Amstrong, Soto, Hacker, Casa, Kavouras y Maresh, 1998). Las mujeres que se encontraban en fase de menstruación fueron excluidas de la investigación.

A la llegada al laboratorio, se obtuvo de cada atleta una muestra de 10 ml de orina. Tras la entrega de la muestra de orina fue codificada y se determinó la masa corporal de los sujetos mediante una báscula calibrada (Tanita BC-418, Tanita Corp., Tokyo, Japan). Las muestras de orina fueron analizadas por duplicado, utilizando un osmómetro de análisis de depresión del punto de fusión (Modelo 3250, Advanced Instruments, EE.UU.).

Todos los participantes se sometieron a una batería de test del rendimiento neuromusculares (descrita en la sección 2,3 en detalle) entre 5 y 60 minutos antes del pesaje oficial (PRE) y entre 5 y 60 minutos antes del comienzo del primer combate (POST) de sus respectivos campeonatos nacionales, evento competitivo considerado por todos ellos como prioritario de la temporada. Al finalizar ambas baterías de test (PRE y POST) se obtuvieron sendas muestra de orina (10 ml) en cada participante, que una vez codificadas se refrigeraron (0-2 °C) para su posterior análisis de la osmolaridad de la orina. Antes de abandonar las instalaciones del laboratorio se midió la masa corporal de cada participante mediante una báscula calibrada y con precisión de 50 gr (Tanita BC-418, Tanita Corp., Tokio, Japón).

*Protocolos de valoración*

Todos los participantes fueron sometidos a una completa batería de test físicos seleccionados para analizar los efectos del nivel de deshidratación sobre la fuerza y la potencia muscular. Dadas las extremas condiciones en las que se llevaron a cabo estas pruebas de rendimiento, los participantes no fueron sometidos a otras valoraciones de la resistencia cardiorrespiratoria que hubiesen exigido llevar a cabo protocolos de testaje que indujesen una fatiga importante en los participantes. Además de poner en riesgo la salud de los atletas, realizar estas valoraciones no podría considerarse ético, ya que estos esfuerzos estarían afectando negativamente a su rendimiento en la competición inminente (Kraemer, 2005). Debido al contexto temporal en el que se llevó a cabo el estudio, los participantes no realizaron una fase previa de familiarización con los protocolos de valoración en las mismas instalaciones donde se realizó la recogida de datos. No obstante, todos los ejercicios y técnicas escogidas para realizar las mediciones formaban parte de sus respectivos programas de entrenamiento y valoración de la fuerza muscular, por lo que todos ellos estaban perfectamente habituados y familiarizados con las técnicas de ejecución.

Antes de comenzar la batería de test físicos los deportistas realizaron un breve calentamiento estandarizado que consistió en 5 minutos de carrera continua a baja intensidad, 5 minutos de estiramientos y ejercicios de movilidad articular del tren superior e inferior, seguidos por una serie de 5 repeticiones en los ejercicios de press-banca con una carga fija de 20 kg.

**Test de salto con contramovimiento (CMJ).** Todos los participantes realizaron un salto vertical con contramovimiento (CMJ) estándar en el que debían flexionar las rodillas hasta la profundidad que cada sujeto estimó óptima antes de realizar la fase

concéntrica del salto a la mayor brevedad posible. Los sujetos fueron instruidos para mantener sus manos en las caderas en todo momento y a mantener la misma posición del cuerpo en el despegue y aterrizaje (Figura 12). Los tiempos de vuelo se midieron mediante una plataforma de infrarrojos (Optojump Next, Roma, Italia). Se registró para su posterior análisis la media de la altura de vuelo obtenidas de tres intentos.



Figura 12. Test de salto con contramovimiento (CMJ) en plataforma de contacto.

**Test Curva Carga-Velocidad y Carga-Potencia en Press-Banca.** Una vez concluido el test de CMJ, todos los sujetos realizaron un test con cargas incremental en el ejercicios de press banca, empleando para ello una máquina Smith (cargas guiadas) y discos de peso calibrados. Se determinó la relación carga-velocidad del test incremental empleando un sistema dinámico de medida (T-Force System, Ergotech, Murcia, España; precisión 1000Hz). Todos los sujetos fueron cuidadosamente instruidos para realizar cada fase concéntrica del movimiento a la mayor velocidad posible. Además de ofrecer un feedback constante de la velocidad de ejecución de cada repetición, todos los sujetos

fueron motivados verbalmente para realizar el mayor esfuerzo posible. Una descripción detallada del test de fuerza en el ejercicio de press banca realizado en este estudio ha sido recientemente descrito por González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) y Sánchez-Medina, Pérez y González-Badillo (2010). La carga inicial se estableció en 20 kg para todos los participantes, con incrementos de 20 kg en los hombres y 10 kg para las mujeres, hasta que la velocidad media propulsiva fue menor a  $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $\sim 70\%$  1RM, Pallares, López-Samanes, Moreno, Fernández-Elías, Ortega, y Mora-Rodríguez, 2014), lo que supuso que cada participante ejecutase este ejercicio ante 3-5 cargas. Los sujetos fueron instruidos para realizar 3 repeticiones ante las cargas bajas ( $< 50\%$  1RM) y 2 ante las cargas medias ( $50\text{-}70\%$  1RM), tomándose para su posterior análisis el mejor valor de velocidad media propulsiva de cada serie. Se respetó en todo momento una recuperación entre series de 3 min.

Durante la valoración POST (i.e., antes del primer combate), cada participante realizó el mismo protocolo y desplazó las mismas cargas en valor absoluto (kg) que había ejecutado en la valoración (PRE). Dada la estrecha relación que existe entre la velocidad media de la barra durante la fase concéntrica y la intensidad ( $\%1\text{RM}$ ) del esfuerzo ( $r > 0,995$ ; González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Pallarés et al., 2014), no fue necesario llegar a la carga máxima (1RM) para cuantificar los efectos del lapso de tiempo que separó ambas baterías de test (PRE y POST), sino que se cuantificó la diferencia de la velocidad media propulsiva ante la carga más pesada ( $\%1\text{RM}$ ) que desplazó cada participante (i.e.,  $\text{VMP}_{\text{PRE}} - \text{VMP}_{\text{POST}}$ ).

Los participantes se tumbarán supino en un banco plano, con los pies elevados por encima del suelo hasta una altura que les permitía mantener el raquis y sus curvaturas de acuerdo a su posición anatómica, con las manos agarrando la barra a una anchura ligeramente superior (5-7 cm) a la de los hombros. La posición de la espalda en el banco

se ajustó hasta que la proyección vertical de la barra coincidía con la línea intermamaria del participante.

Dos sistemas de retención o soportes telescópicos con una escala de precisión ( $\pm 1$  cm) se colocaron a cada lado de la Multipower. Estos sistemas de retención permitieron: 1) replicar el rango de movimiento excéntrico y concéntrico entre repeticiones para un mismo participante; 2) imponer una pausa momentánea entre la fase concéntrica y excéntrica que elimine el efecto del ciclo estiramiento acortamiento. El sistema de retención se colocó a una altura que detuviese la barra exactamente a 1 cm del pecho del participante (Figura 13).

Estudios recientes (Pallarés et al., 2014) indican mejoras significativas de la reproducibilidad de la medida (CV, ICC y Bland-Altman) cuando se usa esta técnica de parada en comparación con la técnica de rebote que involucra el ciclo estiramiento acortamiento.



Figura 13. Posición inicial (a) y final (b) del ejercicio Press Banca en Multipower.

### **Test de fuerza isométrica máxima de agarre**

Se midió la fuerza isométrica máxima de agarre en cada sujeto, tanto para la mano dominante (GripD) como la no dominante (GripND) mediante un dinamómetro hidráulico (Country Technology Inc; Gays Mills, Wisconsin, EEUU). Los sujetos

fueron dispuestos en sedentación, con el hombro a una flexión de 0 grados, codo en flexión de 90 grados y con el antebrazo en posición neutral. La media de los resultados de dos intentos para cada mano se registró para su posterior análisis (Figura 14).



Figura 14. Evaluación de la fuerza isométrica máxima de agarre.

### **Osmolaridad de la orina.**

La osmolaridad de la orina es la medida del contenido total de soluto de la orina. Tal y como se ha confirmado en estudios previos (Popowski, Oppliger, Patrick Lambert, Johnson, Kim Johnson y Gisolfi, 2001; Shirreffs 2003), para esta investigación se consideró a esta determinación como el método *Gold Standard* o patrón de oro para determinar el estado de hidratación de los atletas. Un espécimen de cada muestra de orina de los atletas (20  $\mu$ L) se analizó por duplicado utilizando un osmómetro de análisis de depresión del punto de fusión (Modelo 3250, Advanced Instruments, EE.UU.), tomándose para su posterior análisis la media de las determinaciones.

*Análisis estadístico*

Se emplearon métodos estadísticos estándar para el cálculo de los promedios, la desviación estándar (DE), el error estándar de la media (EEM) y porcentaje de diferencia ( $\% \text{ Diferencia} = \text{Promedio1} - \text{Promedio2} / \text{Promedio2} * 100$ ). Se calculó el tamaño del efecto mediante la fórmula de Cohen ( $\text{TE} = \text{Promedio1} - \text{Promedio2} / \text{Promedio entre DE1 y DE2}$ ), y los resultados se interpretaron según el siguiente criterio:  $\geq 0,70$  efecto alto;  $0,30-0,69$  efecto moderado;  $\leq 0,30$  efecto bajo (Cohen 1988). Se confirmó la normalidad de la distribución de la muestra mediante la prueba Shapiro–Wilk.

Los sujetos fueron estratificados de acuerdo a su estado de hidratación empleando los valores PRE de  $U_{\text{OSM}}$ . Un valor de  $700 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$  marca el límite entre una correcta hidratación y el estado de deshidratación (Sawka, Eichener, Maughan, Montain y Stachenfeld, 2007). Por ello, tal y como se ha descrito recientemente (Fernández-Elías et al., 2014) se establecieron tres intervalos de igual amplitud de acuerdo a los siguientes puntos de corte: entre 250 y  $700 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$  (euhidratado - G1;  $n = 26$ ), entre 701 y  $1,080 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$  (deshidratado - G2;  $n = 69$ ) y entre  $1,081$  y  $1,500 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$  (extremadamente deshidratado - G3;  $n = 68$ ).

Las diferencias en resultados del estado de hidratación, masa corporal y rendimiento neuromuscular entre los tres grupos (G1, G2 y G3) se analizaron mediante una prueba ANOVA de una vía. Una vez registrado una interacción F significativa, las diferencias entre medias se analizaron mediante el post-hoc de Bonferroni. Además, una prueba T para muestras independientes se empleó para examinar las diferencias en el estado de hidratación y rendimiento en luchadores Élite y no-Élite. Se estableció un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ . Para este análisis estadístico se empleó el paquete

informático IBM SPSS Statistics para Mac OS X (versión 22.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, EEUU)

### 6.4.3. Resultados

#### *Masa corporal y osmolaridad de la orina*

El estado de hidratación fue significativamente diferente entre las valoraciones PRE y POST para los tres grupos. El grupo euhidratado (G1) incrementó significativamente su osmolaridad en las 12-18 h de tiempo que separaron el pesaje oficial del comienzo del torneo (21,2 %; ES = 0,61;  $p < 0,01$ ). Por el contrario, el grupo de deshidratación moderada (G2) y el extremadamente deshidratado (G3) redujeron significativamente su osmolaridad de la orina en este mismo periodo de tiempo (G2 = -9,5%, ES = 0,61;  $p < 0,00$ ; G3 = -17,7, ES = 1,53;  $p < 0,01$ ) (Figura 15B).

Cuando se compararon los resultados de  $U_{OSM}$  de las tres medidas PRE, el grupo G3 mostró valores significativamente superiores que G2 (24,6%; ES = 2,74;  $p < 0,001$ ) y G1 (96,4%; ES = 4,22;  $p < 0,001$ ), así como valores significativamente superiores en G2 comparado con G1 (57,7%; ES = 2,67;  $p < 0,001$ ). Cuando se comparó el estado de hidratación de los tres grupos antes de comenzar el torneo (POST), G3 evidenció valores significativamente mayores que G2 (13,3%; ES = 0,57;  $p < 0,02$ ) y G1 (33,5%; ES = 1,18;  $p < 0,001$ ), así como valores significativamente superiores en G2 comparado con G1 (17,8%; ES = 0,58;  $p < 0,001$ ) (Figura 15).

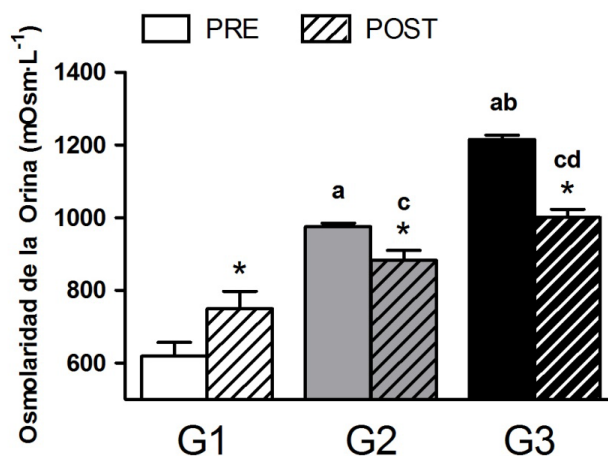


Figura 15. Cambios en la osmolaridad de la orina entre las mediciones PRE y POST para cada grupo (G1, G2 y G3). Los datos se presentan como media  $\pm$  EEM. Diferencias significativas \*comparado con su respectivo valor PRE; <sup>a</sup> comparado con G1<sub>PRE</sub>; <sup>b</sup> comparado con G2<sub>PRE</sub>; <sup>c</sup> comparado con G1<sub>POST</sub>; <sup>d</sup> comparado con G2<sub>POST</sub>.

Los cambios relativos entre PRE y POST en la masa corporal fueron significativamente diferentes entre los tres grupos (G1 = 0,4 %; G2 = 1,2 %; G3 = 3,1 %; ES = 0,49 – 1,41;  $p < 0,05$ ) (Figura 16).

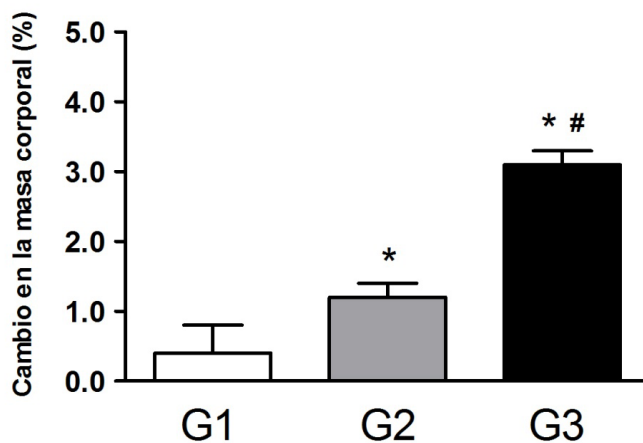


Figura 16. Cambios relativos en la masa corporal para cada grupo (G1, G2 y G3). Los datos se presentan como media  $\pm$  EEM. Diferencias significativas \*comparado con G1; #comparado con G2.

*Valoraciones del rendimiento neuromuscular*

Los cambios relativos entre PRE y POST para la VMP fueron significativamente superiores en el grupo G3 ( $7,3 \pm 2,6 \%$ ) comparado con el G1 ( $-3,4 \pm 2,6 \%$ ; ES = 0,73;  $p < 0,001$ ) y G2 ( $0,2 \pm 1,4 \%$ ; ES = 0,50;  $p < 0,02$ ) (Figura 17A). Así mismo, también se registraron cambios significativamente superiores en la potencia de salto CMJ para el G3 ( $2,8 \pm 3,9 \%$ ), comparado con el G1 ( $-0,6 \pm 4,7 \%$ ; ES = 0,79;  $p < 0,001$ ), y tendencia a la significación con el G2 ( $1,1 \pm 3,1 \%$ ; ES = 0,49;  $p = 0,08$ ) (Figura 17B). No se registraron diferencias significativas en los cambios relativos que acontecieron en ninguno de los 3 grupos para su fuerza máxima de agarre, ni para la mano dominante ni para no dominante (Figura 17C).

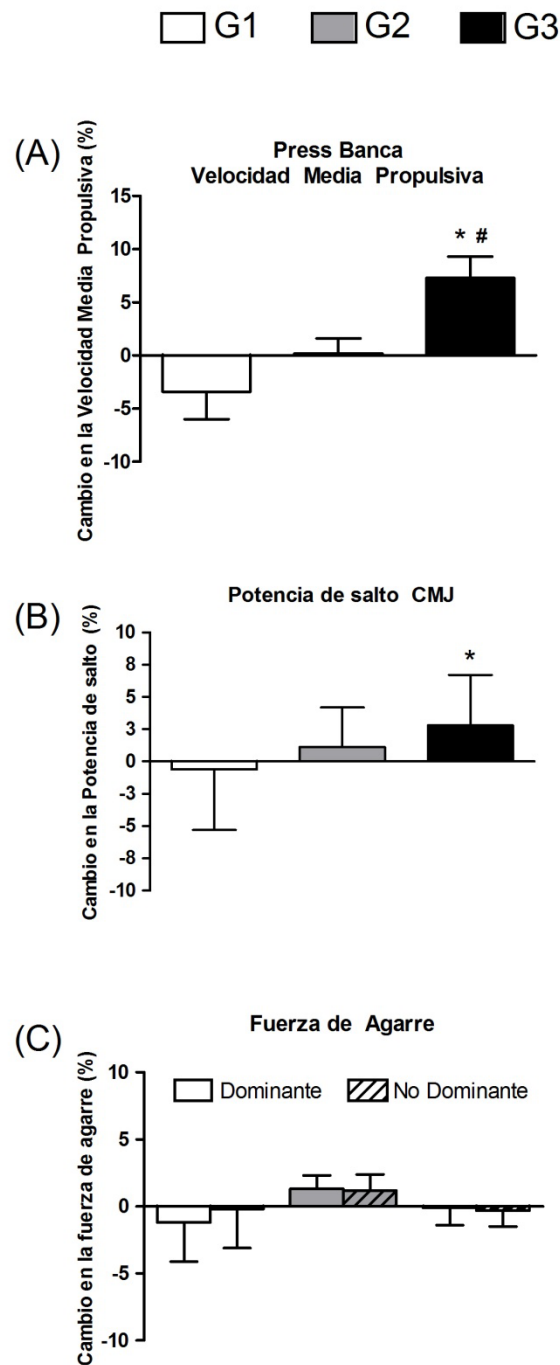


Figura 17. Cambios relativos en la velocidad media propulsiva del ejercicio press banca (A), en la potencia de salto con contramovimiento (B) y en la fuerza de agarre (C) entre los momentos PRE y POST para cada grupo estudiado (G1, G2 and G3). Los datos se presentan como media  $\pm$  EEM. Diferencias significativas \*comparado con G1; #comparado con G2.

*Estado de hidratación, ganancia de masa corporal y nivel competitivo*

Los valores  $U_{OSM}$  PRE de los medallistas en sus respectivos Campeonatos Nacionales fueron significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) a los registrados en el grupo no-Élite (Élite =  $1034,3 \pm 27,6 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$ ; no-Élite =  $955,8 \pm 23,4 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$ ). Por el contrario, no se registraron diferencias significativas en los valores de osmolaridad de la orina en las muestras recogidas momentos antes de comenzar el torneo (POST: Elite =  $906,6 \pm 27,9 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$ ; no-Élite =  $888,5 \pm 23,4 \text{ mOsm} \cdot \text{L}^{-1}$ ). Se registraron cambios significativamente superiores en la VMP entre PRE y POST para el grupo Élite en comparación con sus rivales no-Élite ( $3,4 \pm 2,6 \%$  vs.  $1,4 \pm 2,5$ ;  $p < 0,05$ ; Figure 18A). Igualmente, se registraron cambio significativamente superiores en los valores de potencia CMJ en el grupo de Élite comparado con el no-Élite ( $3,4 \pm 4,7 \%$  vs.  $1,5 \pm 4,1$ ;  $p < 0,05$ ; Figure 18B).

Si el pesaje oficial se hubiese llevado a cabo unos pocos minutos antes del comienzo del torneo (i.e., POST), el 11.5 % de los atletas incluidos en el G1, el 52.2 % del G2 y el 92.6 % del G3 no hubiesen dado el peso en su respectiva categoría. En el total de los 163 participantes en este estudio, 102 sujetos (i.e., el 62.6 %) se presentaron al primer combate del torneo con una masa corporal superior a la permitida en su categoría de peso, de los cuales 70 participantes (i.e., 68.6 %) fueron considerados atletas de Elite, es decir, alcanzaron una medalla en su respectivo Campeonato Nacional. Más concretamente, los resultados de este estudio indican que el 88.6 % de los atletas de Elite hubiesen sido descalificados por no dar el peso de su categoría si el pesaje se hubiese realizado momentos antes del primer combate del torneo. Por contra, sólo el 44,0% de los atletas no-Élite hubiesen sido descalificados con este cambio del reglamento.

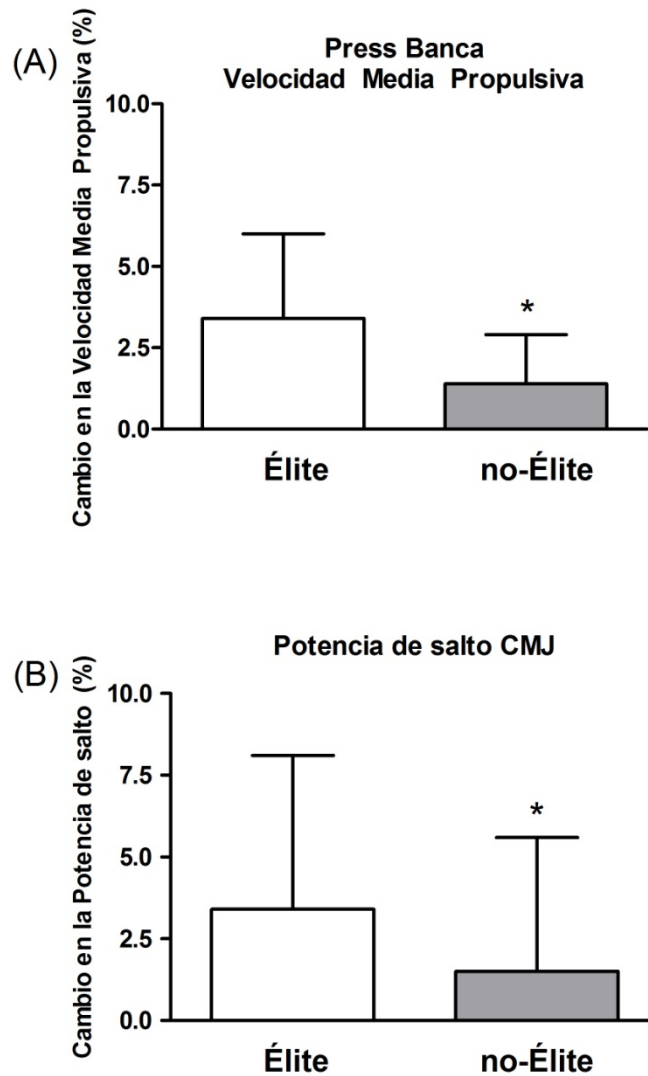


Figura 18. Cambios relativos en la velocidad media propulsiva del ejercicio press banca (A), en la potencia de salto con contramovimiento (B) entre los momentos PRE y POST para los medallistas de sus respectivos Campeonatos Nacionales (Élite) y el resto de participantes (no-Élite). Los datos se presentan como media  $\pm$  SD. Diferencias significativas \*comparado con el grupo Élite.

#### 6.4.4. Discusión

Este estudio se diseñó para describir los efectos que pueden tener sobre el rendimiento neuromuscular de los atletas de combate los diferentes grados de

deshidratación y pérdida de peso que acontecen durante las fases de puesta a punto para los principales eventos competitivos de la temporada, así como cuantificar la capacidad del organismo para "rebotar" el rendimiento físico en el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo. Finalmente, el diseño de esta investigación nos permitió esclarecer si el nivel de deshidratación alcanzado por los atletas en el pesaje oficial es un predictor de su nivel competitivo.

Los principales hallazgos de esta investigación fueron que únicamente aquellos deportistas que han sufrido una severa deshidratación y pérdida de peso antes del pesaje oficial (G3; Figura 15 y Figura 16) tienen disminuido su rendimiento neuromuscular, y que las 12-18 horas que separan este pesaje del comienzo del torneo son suficientes para recuperar, al menos en parte, los niveles de fuerza y velocidad de contracción muscular (Figura 17) que ostentaban antes de someterse a la fase de bajada de peso. Otras capacidades neuromusculares estudiadas como la fuerza isométrica de agarre no parecen confirmar estos hallazgos, aunque diferentes variables contaminantes y los importantes errores asociados a la medida de estos test pueden estar detrás de la ausencia de correspondencia en los resultados.

Los resultados de esta investigación indican que en el momento del pesaje oficial, el 42,3% de los atletas estaban modernamente deshidratados (osmolaridad de la orina 700-1080 mOsm·kg<sup>-1</sup>; G2), que el 41,7% estaba extremadamente deshidratado (osmolaridad de la orina 1081 - 1500 mOsm·kg<sup>-1</sup>; G3), y que únicamente el 16,0% tenía un estado de euhidratación (osmolaridad de la orina < 700 mOsm·kg<sup>-1</sup>; G1). En los dos grupos deshidratados (G2 y G3), su masa corporal se incrementó en 1,2% y en 3,1% respectivamente tras las 12-18 horas POST pesaje. Esta ganancia de peso en tan corto periodo de tiempo es atribuible casi en su totalidad a la recuperación de agua corporal. Esta rehidratación no afectó a la fuerza máxima de agarre, aunque sí tuvo un efecto

positivo sobre la potencia muscular del tren inferior (i.e., potencia de salto CMJ) y del tren superior (i.e., press banca) de aquellos atletas que mayor nivel de deshidratación alcanzaron en el momento del pesaje oficial (G3). Por ello, la deshidratación severa, aunque permite a los atletas competir en categorías de peso inferiores, reduce notablemente su rendimiento neuromuscular. No obstante, la ventana temporal que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo permite a estos deportistas que en mayor medida han reducido su masa corporal (G3) recuperar una parte muy importante de su fuerza y potencia muscular.

Los efectos de la deshidratación sobre el rendimiento muscular se han estudiado empleando diferentes protocolos y técnicas de medida. Estas investigaciones difieren en cuanto al grado de deshidratación inducido a los participantes (i.e., entre el 1.5% y 5.0% de la masa corporal; Bosco et al., 1968; Montain, Smith, Mattot, Zientara, Jolesz y Sawka, 1998; Saltin, 1964; Webster et al., 1990), los métodos empleados para ello (mediante diuréticos o deshidratación pasiva y activa; Bigard, Sanchez, Claveyrolas, Martin, Thimonier, y Arnaud, 2001; Viitasalo, Kyröläinen, Bosco y Alen, 1987; Yoshida, Takanishi, Nakai, Yorimoto y Morimoto, 2002), así como la manifestación del rendimiento neuromuscular que se ha medido (1 repetición máxima, repeticiones hasta el fallo muscular, fuerza isométrica e isométrica (Webster et al., 1990; Houston et al., 1981; Bosco et al., 1968). Recientemente, Judelson y colaboradores (Judelson et al., 2007) han revisado la literatura científica sobre esta cuestión para concluir que estados de moderada y severa deshidratación (entre un 2.5% y un 5.0% de la masa corporal) producen descensos significativos de la fuerza y la potencia muscular de aproximadamente un 2% y un 3% respectivamente. Algunos autores han especulado que el origen de estas reducciones del rendimiento neuromuscular reside en la deriva cardiovascular o en alteraciones metabólicas y del sistema del tamponamiento de la

acidosis metabólica (Horswill, 1992; Hickner et al., 1991), aunque estudios recientes sugieren que estos déficits de aplicación de fuerza puede tener su origen en el funcionamiento del sistema nervioso central (Judelson et al., 2007).

Nuestra valoración del ejercicio de press banca es un protocolo normalizado con elevados índices de reproducibilidad (Pallarés, Sanchez-Medina, Pérez, De La Cruz-Sanchez, y Mora-Rodríguez, 2014) y sensibilidad (Mora-Rodríguez, Pallarés, López-Gullón, López-Samanes, Fernández-Elías, y Ortega, 2014; Pallarés, Fernández-Elías, Ortega, Muñoz, Muñoz-Guerra, y Mora-Rodríguez, 2013; Pallarés, López-Samanes, Fernández-Elías, Aguado-Jiménez, Ortega, Gómez, Ventura, Segura, y Mora-Rodríguez, 2015). No obstante, este protocolo está influenciado por el ritmo circadiano (Mora-Rodríguez, Garcia-Pallares, Lopez-Samanes, Fernando Ortega, & Fernandez-Elias, 2012; Mora-Rodríguez et al., 2014). En diferentes estudios de nuestro laboratorio hemos encontrado entre un 5.6% y un 8.6% de reducción de la potencia en el ejercicio de press banca por las mañanas (8:00 h) en comparación a las tardes (18:00 h) (Mora-Rodríguez et al., 2012; Mora-Rodríguez et al., 2014). Por ello, la ausencia de incrementos significativos en la potencia de salto CMJ y en el press banca del grupo que recuperó una media de 1.2% de peso corporal (G2) puede ser debido a al hecho de que el testaje POST se llevó a cabo por la mañana (entre las 8:00 h y las 10:00 h), mientras que la medición PRE, justo antes del pesaje oficial, se realizó por la tarde (entre las 16:00 h y 19:00 h). Del mismo modo, el porcentaje de cambio hallado en el rendimiento neuromuscular de los atletas que componen el G3 (i.e., 2.8 - 7.3%) podría haber sido incluso superior si las dos valoraciones (PRE y POST) se hubiesen realizado a la misma hora del día. Además, los sujetos del G3 incrementaron significativamente su potencia muscular en la medición POST, a pesar de que habían recuperado sólo una parte de su masa corporal habitual y continuaba modernamente deshidratados ( $1000,4 \pm 23,0$

mOsm·kg H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>; Figura 15). De acuerdo a sus niveles de osmolaridad de la orina, ni lo sujetos que componían G2 ni los sujetos de G3 retornaron a un estado de euhidratación tras las 12-18 h que separaron el pesaje oficial del comienzo del torneo. Es muy posible que una rehidratación completa hubiese resultado en una mayor ganancia de rendimiento neuromuscular.

El contexto tan particular en el que se realizaron las mediciones (i.e., Campeonatos Nacionales absolutos de tres modalidades de combate olímpicas), el importante tamaño de la muestra que tomó parte en este estudio (n=163) de ambos sexos (hombres = 124; mujeres = 39), los diferentes niveles competitivos (Élite vs. no-Élite), y especialmente los diferentes grados de deshidratación y pérdida de peso que se indujeron estos atletas (G1, G2 y G3), nos permiten reflexionar sobre los efectos que los diferentes reglamentos de las Federaciones Internacionales en deportes de combate están teniendo en la práctica deportiva de estas modalidades. Los resultados de este estudio no indican que los medallistas de sus respectivos Campeonatos Nacionales (Élite) ostentaban durante el pesaje (PRE) un nivel de deshidratación significativamente superior al de sus rivales con menor nivel competitivo (no-Élite). Sin embargo, la osmolaridad de la orina tras la recuperación (POST) no fue diferente entre ambos niveles competitivos (907 vs. 888 mOsm·kg H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>). Estos resultados sugieren que los deportistas de combate de Élite son capaces de deshidratarse más que sus rivales, y sobre todo que son capaces de recuperar una buena parte del agua corporal durante las 12-18 horas que separan el pesaje oficial del comienzo del torneo. Igualmente, los resultados de las variables neuromusculares nos indican que los atletas de élite son capaces de recuperar un mayor porcentaje del rendimiento en potencia muscular, tanto del tren superior como del inferior, en el tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo (Figura 18). Estos resultados son coincidentes con los hallazgos de

Wroble y Moxley (1998), quienes evidenciaron en 159 luchadores que aquellos atletas que eran capaces de bajar de categoría de peso antes de un evento competitivo tenían mayor probabilidad de obtener una posición superior en el ranking del campeonato.

Un cambio en el reglamento de competición de estas modalidades de combate retrasando el pesaje oficial a unos pocos minutos antes de comienzo del torneo, tal y como ya se ha implantado en la liga universitaria estadounidense de deportes de combate (NCAA; Oppliger et al., 2006), o incluso mejor, confirmando el peso de cada participante unos pocos minutos antes de cada combate del torneo, reduciría drásticamente las bajadas de peso y extremas deshidrataciones que actualmente están realizando los atletas. Resulta evidente que en caso de ser así, los deportistas de combate no podría competir con el estado de forma físico ni de salud que se ha descrito en este trabajo antes del pesaje oficial (PRE). Además, una vez confirmado que el reglamento actual no consigue equilibrar la masa corporal de los participantes durante el combate (el 62.6% de los participantes hubiesen sido descalificados si el pesaje se hubiese realizado justo antes del comienzo del torneo), y una vez constatado que el simple hecho de tener la capacidad de reducir tu masa corporal y deshidratarse más que el resto de los rivales es un gran predictor del éxito en combate (el 88.6% de los atletas de Élite vs. el 44.0% de no-Élite hubiesen sido descalificados por no dar el peso si se hubiese realizado justo antes del torneo), podemos concluir que el reglamento actual está evitando que sean las habilidades técnico-tácticas las verdaderas protagonistas del éxito o el fracaso en estos deportes de combate.

En su conjunto, estos resultados nos sugieren que el reglamento actual de las federaciones internacionales de deportes de combate olímpicos, especialmente en los referido a la norma del tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo, es cuanto menos perverso, ya que está promoviendo que los atletas se infrinjan severas

pérdidas de peso y extremas deshidrataciones antes del pesaje oficial sin conseguir equilibrar el potencial físico entre rivales dentro de una misma categoría. Parece por tanto necesario un cambio en el reglamento de estas disciplinas, trasladando el pesaje oficial a unas pocas horas o minutos antes del comienzo del torneo, o incluso unos pocos minutos antes de cada combate del torneo.

#### 6.4.5. Referencias Bibliográficas

- Armstrong, L.E., Soto, J.A., Hacker, F.T. Jr, Casa, J.R., Kavouras S.A. & Maresh C.M. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *International Journal of Sport Nutrition*, 8, 345–355.
- Bigard, A.X., Sanchez, H., Claveyrolas, G., Martin, S., Thimonier, B. & Arnaud, M.J. (2001). Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(10), 1694-700.
- Bosco, J.S., Terjung, R.L. & Greenleaf, J.E. (1986). Effects of progressive hypohydration on maximal isometric muscular strength. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 8 (2), 81-6.
- Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, p. 569.
- Fernández-Elías, V.E., Martínez-Abellán, A, López-Gullón, J.M., Morán-Navarro R, Pallarés, J.G., De la Cruz-Sánchez, E., Mora-Rodriguez, R. (2014). Validity of hydration non-invasive indices during the weightcutting and official weigh-in for Olympic combat sports. *PLoS One*. 16, 9(4):e95336. doi: 10.1371/journal.pone.0095336. eCollection 2014.

- Fritzsche, R.G. & Coyle, E.F. (2000). Cutaneous blood flow during exercise is higher in endurance-trained humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 738-44.
- García-Pallarés, J., López-Gullón, J.M., Torres-Bonete, M.D. e Izquierdo, M. (2012). Physical fitness factors to predict female Olympic wrestling performance and sex differences. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 794-803.
- García-Pallarés, J., López-Gullón, J.M., Muriel, X., Díaz, A. e Izquierdo, M. (2011). Physical fitness factors to predict male Olympic wrestling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1747-1758.
- García-Pallarés, J., de la Cruz, E., Torres-Bonete, M.D., Muriel, X. & Díaz, A. (2011). Metodologías y efectos de las caídas de peso en lucha olímpica: una revisión. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 7, 81-89.
- Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S.L., Jensen, F.B., Hyldig, T., et al. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology* (1985), 86, 1032–1039.
- González-Badillo, J.J. & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-52.
- Hickner, R.C., Horswill, C.A., Welker, J.M., Scott, J., Roemmich, J. N. & Costill, D.L. (1991). Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. *International Journal of Sports Medicine*, 12 (6), 557-562.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14 (2), 114-143.

- Houston, M.E., Marin, D.A., Green, H.J. & Thomson, J.A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 9 (11), 73-78.
- Judelson, D.A., Maresh, C.M., Anderson, J.M., Armstrong, L.E., Casa, D.J., Kraemer, W.J., & Volek, J.S. (2007). Hydration and muscular performance. *Sports Medicine*, 37(10), 907-921.
- Kraemer, W.J. (2005). The body of knowledge: Use and professionalism. *Strength and Conditioning*, 27, 33–35.
- Kraemer, W.J., Fry, A.C., Rubin, M.R., Triplett-McBride, T., Gordon, S.E., Koziris, L.P., Lynch, J.M., Volek, J.S., Meuffels, D.E., Newton, R.U. & Fleck, S.J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (8), 1367-1378.
- Lafrenz, A.J., Wingo, J.E., Ganio, M.S. & Cureton, K.J. (2008). Effect of ambient temperature on cardiovascular drift and maximal oxygen uptake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1065-71.
- Lambert, C. & Jones, B. (2010). Alternatives to rapid weight loss in US wrestling. *Journal of Sports Science and Medicine*, 31 (8), 523-528.
- Marttinen, R.H., Judelson, D.A., Wiersma, L.D. y Coburn, J.W. (2011). Effects of self-selected mass loss on performance and mood in collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Condition Research*, 25(4), 1010-1015.

- Mora-Rodríguez, R., Pallarés, J.G., López-Gullón, J.M., López-Samanes, A., Fernández-Elías, V.E. & Ortega, J.F. (2014). Improvements on neuromuscular performance with caffeine ingestion depend on the time-of-day. *Journal of Science and Medicine in Sport*, S1440-2440(14), 00079-6.
- Mora-Rodríguez, R., Pallarés, J.G., López-Samanes, Á., Ortega, J.F., & Fernández-Elías, V.E. (2012). Caffeine ingestion reverses the circadian rhythm effects on neuromuscular performance in highly resistance-trained men. *PloS one*, 7(4), e33807.
- Montain, S.J., Latzka, W.A. & Sawka, M.N. (1985). Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *Journal of Applied Physiology*, 79(5), 1434-9.
- Montain, S.J., Smith, S.A., Mattot, R.P., Zientara, G.P., Jolesz, F.A. & Sawka, M.N. (1998). Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a <sup>31</sup>P-MRS study. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 1889-94.
- Oppliger, R.A., Harms, R.D., Herrmann, D.E., Streich, C.M. & Clark, R.R. (1995). The Wisconsin wrestling minimum weight project: a model for weight control among high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1220-4.
- Oppliger, R.A., Nielsen, D.H. & Vance, C.G. (1991). Wrestlers' minimal weight: anthropometry, bioimpedance, and hydrostatic weighing compared. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(2), 247-53.
- Oppliger, R.A., Utter, A.C., Scott, J.R., Dick, R.W. & Klossner, D. (2006). NCAA rule change improves weight loss among national championship wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(5), 963-70.

- Pallarés, J.G., Fernández-Elías, V.E., Ortega, J.F., Muñoz, G., Muñoz-Guerra, J. & Mora-Rodríguez, R. (2013). Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: performance and side effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(11), 2184-92.
- Pallarés, J.G., López-Samanes, A., Fernández-Elías, V.E., Aguado-Jiménez, R., Ortega, J.F., Gómez, C., Ventura, R., Segura, J. & Mora-Rodríguez, R. (2015). Pseudoephedrine and circadian rhythm interaction on neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. In Press
- Pallarés, J.G., López-Samanes, Á., Moreno, J., Fernández-Elías, V.E., Ortega, J.F., & Mora-Rodríguez, R. (2014). Circadian rhythm effects on neuromuscular and sprint swimming performance. *Biological Rhythm Research*, 45(1), 51-60.
- Popowski, L.A., Oppliger, R.A., Patrick Lambert, G., Johnson, R.F., Kim Johnson, A. & Gisolfi, C.V. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute hydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 747-753.
- Saltin, B. (1964). Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 19, 1125-32.
- Sanchez-Medina, L., Perez, C.E., & Gonzalez-Badillo, J.J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123-9.
- Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J. & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39 (2), 377-90.
- Schoffstall, J.E., Branch, J.D., Leutholtz, B.C., & Swain, D.P. (2001). Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of

- weight-trained males. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 102-108.
- Shirreffs, S.M. (2003). Markers of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57 (Suppl 2), 6–9.
- Slater, G., Rice, A.J., Tanner, R., Sharpe, K., Gore, C.J., et al. (2006). Acute weight loss followed by an aggressive nutritional recovery strategy has little impact on onwater rowing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 55–59.
- Smith, M.S., Dyson, R., Hole, T., Harrison, J.H. & McManus P. (2000). The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *European Journal of Physiology*, 83, 34-39.
- Thorland, W.G., Tipton, C.M., Lohman, T.G., Bowers, R.W., Housh, T.J., Johnson, G.O., Kelly, J.M., Oppliger, R.A. & Tcheng, T.K. (1991). Midwest wrestling study: prediction of minimal weight for high school wrestlers. *Science in Sports and Exercise*, 23, (9), 1102-10.
- Tipton, C.M. & Tcheng, T. K. (1970). Iowa Wrestling Study. Weight Loss in High School Students. *The Journal of the American medical Association*, 214, N7, 1269-1274.
- Utter, A.C. & Lamberth, P.G. (2010). Evaluation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in assessing body composition of wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 361-367.
- Viitasalo, J.T., Kyröläinen, H., Bosco, C. & Alen, M. (1987). Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *International Journal of Sports Medicine*, 8(4), 281-5.

- Webster, S., Rutt, R. & Weltman, A. (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (2), 229-234.
- Wroble, R.R. & Moxley, D.P. (1998). Weight loss patterns and success rates in high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 625–628.
- Yoshida, T., Takanishi, T., Nakai, S., Yorimoto, A. & Morimoto, T. (2002). The critical level of water deficit causing a decrease in human exercise performance: a practical field study. *European Journal of Applied Physiology*, 87(6):529-34.

## **7.- CONCLUSIONES GENERALES**



---

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

---

En base a las hipótesis planteadas para esta Tesis Doctoral se formulan a continuación las conclusiones generales alcanzadas en los cuatro estudios realizados.

*1º Hipótesis.- Es posible diseñar un cuestionario que reúna adecuados índices de validez y reproducibilidad y que pueda permitir a los técnicos relacionados con los deportes de combate monitorizar las estrategias de pérdida de peso de sus atletas previas al pesaje oficial de un torneo prioritario. Así mismo, es posible conocer con esta herramienta los medios y métodos que están empleando para recuperar su rendimiento físico y psíquico a la mayor brevedad posible antes del comienzo del primer combate.*

CONCLUSIÓN. – El Cuestionario sobre Pérdida de Peso en Deportes de Combate (PPDC) validado en esta investigación permite conocer las estrategias, medios y métodos que están empleando los deportistas de combate para manipular su masa corporal y dar el peso en el pesaje oficial de los principales eventos de la temporada, así como para recuperar, en la medida de lo posible, su estado habitual de rendimiento físico y psicológico antes del comienzo del torneo.

*2º Hipótesis.- Las técnicas e instrumentos descritos en la literatura científica para la determinación del estado de hidratación que implica el análisis de muestras orina pueden tener altos niveles de validez, mientras que otras estimaciones doblemente indirectas pierden notablemente esta cualidad de la medida.*

CONCLUSIÓN. – Algunas técnicas y protocolos de estimación del nivel de hidratación como el color de la orina, y especialmente la gravedad específica de la orina, muestran índices aceptables de validez para predecir el estado de deshidratación de los atletas, aunque esta validez empeora en las muestras de mayor deshidratación.

CONCLUSIÓN. – Otros métodos o instrumentos de estimación de la deshidratación como la impedancia bioeléctrica o la escala de percepción de la sed no son recomendables ya que sus índices de validez son bajos o muy bajos.

*3º Hipótesis.- Las técnicas empleadas para predecir el estado de hidratación pierden validez a medida que los índices de deshidratación aumentan, siendo esto especialmente patente en los niveles extremos de deshidratación que presentan algunos deportistas de combate en el pesaje oficial de las competiciones principales de la temporada.*

CONCLUSIÓN. – Los índices de validez que presentan las técnicas de evaluación del estado de hidratación empeoran progresivamente a medida que aumenta el nivel de deshidratación de la muestra.

*4º Hipótesis.- Existen diferentes dimensiones del estado de ánimo como la Fatiga, Depresión y Tensión que se ven negativamente afectadas por las rápidas bajadas de peso en deportes de combate, aunque el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo permiten recuperar, al menos en parte, su estado de ánimo habitual.*

CONCLUSIÓN. – El lapso de tiempo que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo permite a los deportistas de combate recuperar significativamente el estado habitual de las dimensiones de Cólera, Fatiga y Depresión, aunque no se aprecia ninguna evolución en las dimensiones de Vigor y Tensión.

*5º Hipótesis.- Los deportistas con una mayor recuperación de peso y del estado de hidratación entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo presentan a su vez una recuperación significativamente mayor del rendimiento neuromuscular en comparación con los atletas que menos deshidratados llegan al pesaje oficial.*

CONCLUSIÓN. – El grado de recuperación del rendimiento neuromuscular que pueden alcanzar los deportistas en la ventana temporal que separa el pesaje oficial del

comienzo del torneo está relacionado con el grado de deshidratación y pérdida de peso que presentaron los deportistas en el momento del pesaje oficial.

*6° Hipótesis.- Los deportistas de combate que alcanzan mayores niveles de deshidratación antes del pesaje oficial alcanzan mayor nivel competitivo en los principales eventos de la temporada.*

CONCLUSIÓN. – Los medallistas de los diferentes Campeonatos Nacionales en deportes de combate presentan valores significativamente superiores de deshidratación durante el pesaje oficial en comparación con los rivales de menor nivel competitivo.

*7° Hipótesis.- Se requieren protocolos de valoración con elevados índices de reproducibilidad intra-sujeto e instrumentales de alta precisión para registrar los efectos que los diferentes grados de deshidratación pueden tener sobre el rendimiento neuromuscular.*

CONCLUSIÓN. – Únicamente el protocolo de medición de la velocidad de contracción muscular, y parcialmente el protocolo de salto vertical con contramovimiento, son valoraciones suficientemente sensibles y reproducibles como para registrar los efectos que los diferentes grados de deshidratación tienen en el rendimiento neuromuscular.



## **8.- PROSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN**



---

## 8. PROSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN

---

Tras la conclusión de los estudios que han conformado esta Tesis Doctoral, y una vez validado herramientas para monitorizar los efectos fisiológicos y psicológicos que pueden estar teniendo los diferentes tipos de estrategias de pérdida de peso y la evolución de estas variables durante los principales eventos competitivos de la temporada, se plantean una serie de nuevas cuestiones que deben ser resueltas a través de la investigación y el método científico.

Entre todas ellas, cabe destacar:

- Utilizar el cuestionario sobre pérdida de peso en deportes de combate validado en esta Tesis Doctoral para monitorizar los hábitos y estrategias que están empleando los diferentes atletas para afrontar competiciones principales y secundarias, estudiar la relación entre los medios y métodos empleados de bajada de peso con su efecto físico y psicológico, así como describir un perfil de hábitos empleados en las fases de bajada de peso especialmente relacionado con los deportistas más exitosos.
- Emplear la gravedad específica de la orina como el método de referencia para conocer los efectos que estas bajadas de peso pueden tener sobre el estado de hidratación de los deportistas, y diseñar programas de implantación de esta técnica válida, accesible y económica en todos los centro de entrenamiento de modalidades de combate.
- Confirmar los hallazgos alcanzados en esta Tesis Doctoral sobre los efectos que tienen el manejo de la masa corporal de estos atletas sobre el

rendimiento físico y psicológico atendiendo, no sólo a las fases de puesta a punto para un evento competitivo prioritario, sino monitorizando todo el proceso de entrenamiento y competición de una temporada en deportistas de diferentes niveles competitivos.

## **9.- ÍNDICE DE FIGURAS**



## 9. ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURAS                                                                                                                                                                                                | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Figura 1:</b> Osmómetro empleado para la determinación de la osmolaridad de la orina (U <sub>OSM</sub> ).                                                                                           | 78   |
| <b>Figura 2:</b> Refractómetro empleado para la determinación de la gravedad específica de la orina (U <sub>SG</sub> ).                                                                                | 79   |
| <b>Figura 3:</b> Escala de color empleada para la determinación del color de la orina validada por Armstrong et al. (1998) (U <sub>COL</sub> ).                                                        | 80   |
| <b>Figura 4:</b> Bioimpedancia segmental monofrecuencia empleada para la estimación del agua corporal (BIA).                                                                                           | 81   |
| <b>Figura 5:</b> Escala de la sed empleada para la estimación del nivel de deshidratación (EPS).                                                                                                       | 82   |
| <b>Figura 6:</b> Correlación entre la Osmolaridad de la orina (U <sub>OSM</sub> ) y la Gravedad Específica de la Orina (U <sub>SG</sub> ) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación. | 84   |
| <b>Figura 7:</b> Correlación entre la Osmolaridad de la orina (U <sub>OSM</sub> ) y el color de la orina (U <sub>COL</sub> ) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación.              | 85   |
| <b>Figura 8:</b> Correlación entre la Osmolaridad de la orina (U <sub>OSM</sub> ) y la escala de percepción de la sed (EPS) en el total de la muestra y en cada grupo de deshidratación.               | 86   |
| <b>Figura 9:</b> Correlación entre la Osmolaridad de la orina (U <sub>OSM</sub> ) y el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) en el total de la muestra y en cada grupo de                          | 87   |

deshidratación.

**Figura 10:** Valores descriptivos y diferencias entre los grupos según la clasificación del estado  $U_{OSMO}$ . 88

**Figura 11.** Representación de la correlación entre la variación porcentual del peso ganado (%) y el Vigor antes del pesaje (PRE) y justo antes de comenzar el torneo oficial (POST). 109

**Figura 12:** Test de salto con contramovimiento (CMJ) en plataforma de contacto. 126

**Figura 13:** Posición inicial (a) y final (b) del ejercicio Press Banca en Multipower. 128

**Figura 14:** Evaluación de la fuerza isométrica máxima de agarre. 129

**Figura 15:** Cambios en la osmolaridad de la orina entre las mediciones PRE y POST para cada grupo (G1, G2 y G3). 132

**Figura 16:** Cambios relativos en la masa corporal para cada grupo (G1, G2 y G3). 132

**Figura 17:** Cambios relativos en la velocidad media propulsiva del ejercicio press banca (A), en la potencia de salto con contramovimiento (B) y en la fuerza de agarre (C) entre los momentos PRE y POST para cada grupo estudiado (G1, G2 and G3). 134

**Figura 18:** Cambios relativos en la velocidad media propulsiva del ejercicio press banca (A), en la potencia de salto con contramovimiento (B) entre los momentos PRE y POST para los medallistas de sus respectivos Campeonatos Nacionales (Élite) y el resto de participantes (no-Élite). 136

## **10.- ÍNDICE DE TABLAS**



## 10. ÍNDICE DE TABLAS

| <b>TABLAS</b>                                                                                                                                                                                                       | <b>Pág.</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tabla 1:</b> Estudios sobre los efectos de la pérdida de peso (deshidratación) en el rendimiento.                                                                                                                | 15          |
| <b>Tabla 2:</b> Resumen de los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica para los diferentes grados de pérdida de masa corporal.                                                 | 19          |
| <b>Tabla 3:</b> Resumen de los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica en las fases de recuperación o “rebote” que acontecen entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo. | 20          |
| <b>Tabla 4:</b> Valores obtenidos en el análisis de la comprensión por parte de los deportistas.                                                                                                                    | 64          |
| <b>Tabla 5:</b> Valores obtenidos en el análisis de fiabilidad por parte de los deportistas                                                                                                                         | 65          |
| <b>Tabla 6:</b> Descriptivos básicos (media y desviación típica) y análisis del efecto de la bajada de peso (prueba de rangos con signo de Wilcoxon).                                                               | 108         |
| <b>Tabla 7:</b> Coeficiente de correlación (Rho de Spearman) entre la variación en las diferentes variables estudiadas durante la fase de recuperación post pesaje                                                  | 109         |



## **11.- ANEXOS**



**11.1. Anexo I:**

**Cuestionario sobre pérdida de peso en deportes  
de combate (PPDC)**



## **VERSIÓN FINAL DEL CUESTIONARIO SOBRE PÉRDIDA DE PESO EN DEPORTES DE COMBATE (WEIGHT CUTTING).**

### **CUESTIONARIO WEIGTH CUTTING – (60 minutos antes del Pesaje)**

El presente cuestionario busca conocer los hábitos del control y pérdida de peso que utiliza para preparar una competición. Por favor, responda en los espacios habilitados para ello, le rogamos sea sincero a la hora de contestar las preguntas, pues con ello nos ayudará al estudio y mejora del Deporte.

**1. Código de sujeto:** \_\_\_\_\_

**2. Federación/Equipo:** \_\_\_\_\_

**3. Género:** 1. Hombre 2. Mujer

**4. Fecha de Nacimiento:** Día \_\_\_\_ / Mes \_\_\_\_ / Año \_\_\_\_\_

**5. ¿Cuál de los siguientes estudios ha completado?.**

- 1) No sabe leer ni escribir
- 2) Sin estudios
- 3) Estudios primarios incompletos
- 4) Estudios primarios (equivalente a EGB)
- 5) Estudios de graduado escolar o bachiller elemental
- 6) Bachiller superior, BUP, FP, o similar
- 7) Estudios universitarios medios (perito, ingeniería técnica, escuela universitaria)
- 8) Estudios universitarios superiores (ingeniería superior, licenciatura o doctorado)

**6. ¿Qué modalidad de combate practica?.** Marque la opción elegida.

1. Lucha Olímpica 2. Taekwondo 3. Judo 4. Boxeo 5. Otros

**7. ¿Cuál es su categoría de peso en este campeonato? (kg):** \_\_\_\_\_ Kg

**8. ¿Cuántos años de experiencia tiene en este deporte? (años):** \_\_\_\_\_ Años

**9. ¿Cuántas horas semanales dedica a la practicar de este deporte?**

1. Entre 0 y 3 horas 2. Entre 4 y 6 horas 3. Entre 7 y 10 horas 4. 10 o más horas

**10. ¿Cuáles han sido sus resultados nacionales e internacionales anteriores?**

**10.0.** N° de veces participación en Campeonato Nacional:\_\_\_\_\_

**10.1.** N° de veces Campeón Nacional Absoluto\_\_ Medalla Plata\_\_ Medalla Bronce\_\_

**10.2** N° de veces internacional en Campeonato Continental:\_\_\_\_\_

**10.3** N° de veces internacional en Campeonato del Mundo o Juegos Olímpicos:\_\_\_\_\_

**11. ¿Cuánto peso ha perdido o ganado para preparar esta competición (kg)?**

**Pierde** - \_\_\_\_ **Gana** +\_\_\_\_\_ (Si gana peso, pasa directamente a pregunta 15)

**12. ¿Cuánto peso ha perdido o ganado en estos periodos de tiempo?:** Marque también con una “X” los métodos utilizados y, en caso afirmativo, marque la frecuencia con que los ha utilizado

Frecuencias:

**A:** Todos los días; **B:** Entre 3 y 4 veces por semana; **C:** 2 días por semana; **D:** 1 día a la semana.

|                              | Hoy, desde<br>que desperté<br>_____Kg. | 2-3 días antes del<br>Campeonato<br>_____Kg. | Días 4º-7º antes del<br>Campeonato<br>_____Kg. | Días 8º-30º antes<br>del Campeonato.<br>_____Kg. |
|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Entrenar más                 | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Comer menos                  | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Comidas bajas en<br>calorías | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Ayunar totalmente            | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Beber menos                  | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Dejar de beber               | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Sauna                        | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Traje goma/plástico          | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Vomitara                     | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Mascar chicle y<br>escupir   | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |
| Usar laxantes<br>naturales   | SI - NO                                | SI (A - B - C - D)<br>NO                     | SI (A - B - C - D)<br>NO                       | SI (A - B - C - D)<br>NO                         |

|                                      |         |                          |                          |                          |
|--------------------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Usar fármacos laxantes               | SI - NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO |
| Usar diuréticos naturales (té, café) | SI - NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO |
| Usar Fármacos diuréticos             | SI - NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO |
| Otros                                | SI - NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO | SI (A - B - C - D)<br>NO |

**13. ¿Ha tenido alguna supervisión o recomendación en este proceso de pérdida de peso?**

- |                  |                  |                      |
|------------------|------------------|----------------------|
| 1. Ninguno       | 2. Mi entrenador | 3. Otros deportistas |
| 4. Nutricionista | 5. Médico        | 6. Otros             |

**14. ¿Qué ha notado durante la pérdida de peso en estos periodos de tiempo? Marque con una "X" todos los efectos que haya notado.**

|                                                  | Hoy, desde<br>que desperté<br>_____Kg. | 2-3 días antes<br>del<br>Campeonato<br>_____Kg. | Días 4-7 antes<br>del<br>Campeonato<br>_____Kg. | Días 8-30 antes<br>del<br>Campeonato<br>_____Kg. |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Perdida de concentración en entrenamiento        | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Perdida de concentración fuera del entrenamiento | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Dolor muscular                                   | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Dolor de cabeza                                  | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Pérdida de Fuerza                                | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Pérdida de Resistencia                           | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Irritabilidad                                    | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Agresividad                                      | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Alteración del sueño                             | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Mareos                                           | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Otros                                            | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |
| Ninguno                                          | SI - NO                                | SI - NO                                         | SI - NO                                         | SI - NO                                          |

**15. ¿Quién decide la categoría de peso en la que compite...?**

1. Me lo indica mi Equipo Técnico      2. Lo decido yo junto a mi Equipo Técnico  
3. Es sólo decisión mía      4. Me lo indican otras personas

**16. ¿Alguien le ha influido para cambiar de peso (por sus comentarios, recomendaciones, etc...)?**

1. Mi entrenador      2. Padres      3. Hermanos      4. Otros familiares      5. TV  
6. Libros y revistas      7. Pareja      8. Otros Luchadores      9. Otros      10. Nadie

**17. ¿Percibe que come sin control....?**

**17.1 Días antes del torneo:**

- 1) Nunca o raramente    2) Algunas veces    3) Siempre o casi siempre

**17.2 Después del pesaje:**

- 1) Nunca o raramente    2) Algunas veces    3) Siempre o casi siempre

**17.3 Fuera de temporada competitiva:**

- 1) Nunca o raramente    2) Algunas veces    3) Siempre o casi siempre

**18. ¿Le preocupa la alimentación?**

**18.1 En vacaciones:**

- 1) Nunca o raramente    2) Algunas veces    3) Siempre o casi siempre

**18.2 Dentro de temporada:**

- 1) Nunca o raramente    2) Algunas veces    3) Siempre o casi siempre

**19. ¿A qué edad empezó a controlar su peso para competir? \_\_\_\_ años**

**21. ¿Cuál es su peso habitual en vacaciones? \_\_\_\_kg**

**22. ¿Cuál es su peso habitual durante los entrenamientos en temporada? \_\_\_\_kg**

**23. ¿Con qué frecuencia se controla el peso?**

**Frecuencias:**

**A:** No suelo controlar el peso; **B:** 1 ó 2 veces al mes; **C:** 1 ó 2 veces por semana; **D:** Todos los días

**23.1 Normalmente\_\_\_\_\_**

**23.2 Cuando estoy bajando peso\_\_\_\_\_**

**CUESTIONARIO WEIGHT CUTTING – (60 minutos antes del Torneo)**

**24. ¿Qué efectos ha percibido durante esta recuperación Post-Pesaje?**

- |                |                    |              |                                |                  |
|----------------|--------------------|--------------|--------------------------------|------------------|
| 1. Vómitos     | 2. Dolor de cabeza | 3. Diarrea   | 4. Dolor muscular              | 5. Irritabilidad |
| 6. Agresividad | 7. Desmotivación   | 8. Cansancio | 9. Otros (indíquelos<br>_____) | 10. Ninguno      |

**25. ¿Ha tenido dificultades para conciliar el sueño? SI - NO**

**26. ¿Cuántas horas ha dormido esta noche? \_\_\_\_\_h**

**27. ¿Quién le ha supervisado o recomendado en este proceso de recuperación después del pesaje?**

- |                      |           |                     |                     |           |
|----------------------|-----------|---------------------|---------------------|-----------|
| 1. Mi entrenador     | 2. Padres | 3. Hermanos         | 4. Otros familiares | 5. TV     |
| 6. Libros y revistas | 7. Pareja | 8. Otros Luchadores | 9. Otros            | 10. Nadie |

**28. Toma regularmente algún tipo de ayuda ergogénica (proteínas, creatina, aminoácidos, glutamina, carnitina, etc.) o algún complejo vitamínico durante el entrenamiento o la competición?**

SI - NO



**11.2. Anexo II:**  
**Cuestionario POMS**



## PERFIL DE ESTADOS DE ANIMO (POMS). FORMA ABREVIADA

|          |        |
|----------|--------|
| NOMBRE:  | FECHA: |
| DEPORTE: | EDAD:  |

Más abajo hay una lista de palabras que describen sensaciones que tiene la gente. Por favor, lea cada una cuidadosamente. Después rodea con un círculo, o tache con una X uno de los números que hay al lado, el que mejor describa como se ha sentido usted durante la semana pasada incluyendo el día de hoy.

Los números significan:

0 = Nada; 1 = Un poco; 2 = Moderadamente; 3 = Bastante; 4 = Muchísimo.

|                     |   |   |   |   |   |
|---------------------|---|---|---|---|---|
| 1. Intranquilo      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2. Enérgico         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3. Desamparado      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4. Furioso          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5. Sin fuerzas      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6. Deprimido        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7. Lleno de energía | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8. Inquieto         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9. Molesto          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10. Agotado         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11. Agitado         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12. Luchador        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13. Desdichado      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14. Irritable       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15. Cansado         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16. Amargado        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17. Animado         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18. Nervioso        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19. Enfadado        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20. Exhausto        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21. Tenso           | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 22. Vigoroso        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 23. Triste          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 24. Enojado         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 25. Fatigado        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 26. Infeliz         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 27. Activo          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 28. Relajado        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 29. De mal genio    | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |



### **11.3. Anexo III:**

## **Informe de la Comisión de Ética de la Universidad de Murcia**



**INFORME DE LA COMISIÓN DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE MURCIA**

Jaime Peris Riera, Catedrático de Universidad y Secretario de la Comisión de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia

**CERTIFICA:**

Que D. José María López Gullón ha presentado el proyecto titulado *"Efectos de la recuperación tras la fase de bajada de peso o "weighin" sobre la composición corporal, la deshidratación y el rendimiento neuromuscular en deportes de combate"*, financiado con fondos propios, a la Comisión de Ética de Investigación de la Universidad de Murcia.

Que dicha Comisión analizó toda la documentación presentada, y de conformidad con lo acordado el día 11 de marzo de 2013<sup>1</sup>, por unanimidad se emite informe FAVORABLE desde el punto de vista ético de la investigación.

Y para que conste y tenga los efectos que correspondan, firmo esta certificación, con el visto bueno del Presidente de la Comisión, en Murcia 11 de marzo de 2013.

Vº Bº  
EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN  
DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN  
DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA

Fdo.: Gaspar Ros Berruezo

<sup>1</sup> A los efectos de lo establecido en el art. 27.5 de la Ley 30/1992 de 26 de noviembre de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del P.A.C. (B.O.E. 27-11), se advierte que el acta de la sesión citada está pendiente de aprobación.



**11.4. Anexo IV:**  
**Consentimiento Informado**



### HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

**Nombre y Apellidos** \_\_\_\_\_

Fecha Nacimiento \_\_\_\_\_

DNI \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_

Email \_\_\_\_\_

**NOMBRE INVESTIGADOR PRINCIPAL:** JOSÉ MARÍA LÓPEZ GULLÓN

1. He leído la hoja de información del proyecto y he tenido la posibilidad de discutir los detalles con el investigador principal y preguntarle cualquier tipo de dudas. El responsable del proyecto me ha explicado el propósito de las pruebas que van a realizarme y he entendido completamente todo lo que se me ha explicado.
2. Estoy de acuerdo en tomar parte de este estudio de forma voluntaria, y entiendo que soy completamente libre para abandonarlo en cualquier momento que desee o negarme a la realización de alguno de los procedimientos de medición.
3. Entiendo que las pruebas realizadas son parte de un proyecto de investigación que no me aportará ningún lucro personal, sino que están destinados a promover el conocimiento en Ciencias Biomédicas, cuyo protocolo ha sido aprobado por un comité de ética médica.
4. Estoy de acuerdo en que mis datos se guarden por el investigador principal, de forma confidencial, para su posterior análisis, y que los resultados de esta investigación, en caso de publicarse, no estarán nunca referidos a mi persona, respetándose la confidencialidad de los mismos y mi intimidad.
5. He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos e incluidos en un fichero que deberá estar sometido a y con las garantías de la ley 15/1999 de 13 de diciembre.

**Consiento total y libremente a participar** en el proyecto titulado: *“Efectos de la recuperación tras la fase de bajada de peso o “weigh-in” sobre la composición corporal, la deshidratación y el rendimiento neuromuscular en deportes de combate”*, el cual me ha sido detalladamente explicado.

Los Alcáceres a 17 de mayo de 2013

**Firma del voluntario** \_\_\_\_\_

**Confirmo que he explicado al voluntario (arriba nombrado) el propósito y riesgos de las pruebas que van a realizársele.**

Los Alcáceres a 17 de mayo de 2013

**Firma del Investigador** \_\_\_\_\_

**11.5. Anexo V:**

**Informe sobre la investigación para participantes  
y responsables federativos**



**Título del Estudio:** *Efectos de la recuperación tras la fase de bajada de peso o “weigh-in” sobre la composición corporal, la deshidratación y el rendimiento neuromuscular en deportes de combate*

**Objetivos del Estudio:**

1. Conocer las diferentes metodologías empleadas por los luchadores durante las fases de pérdidas de peso características de los deportes de combate y las consecuencias que éstas tienen sobre el rendimiento deportivo.
2. Determinar la tasa de recuperación del rendimiento fisiológico y neuromuscular que acontece en el lapso de tiempo que existe entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo (12-18 horas) como resultado de la rápida ingesta de alimentos y bebidas, y la consiguiente hidratación y rellenado de los depósitos energéticos
3. Establecer unas recomendaciones que, en base a evidencias científicas, permitan a los entrenadores y sus deportistas llevar a cabo las mencionadas caídas de peso minimizando los descensos del rendimiento deportivo y salvaguardando en la medida de lo posible la salud física y psicológica del deportista.
4. Proponer modificaciones reglamentarias que limiten las pérdidas de masa corporal de los deportistas en especialidades de combate.

**Hipótesis**

- El lapso de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo es suficiente para recuperar la masa corporal y el estado de hidratación que tenían los deportistas antes del comienzo de la bajada de peso (2-4 semanas antes del torneo).
- Esta rehidratación y reposición del sustrato energético no es suficiente para recuperar el rendimiento fisiológico y neuromuscular que ostentaban los deportistas antes del comienzo de la bajada de peso (2-4 semanas antes del torneo).

## Descripción de la muestra

En este estudio podrán tomar parte todos los participantes (hombres y mujeres) del Campeonato de España Senior de Luchas Olímpicas que, voluntariamente y tras firmar el consentimiento informado, se someterán a una batería de valoraciones de la composición corporal, estado de hidratación, y rendimiento neuromuscular.

## Metodología

### *Diseño experimental general*

Todos los participantes se someterán a diferentes valoraciones de sus composición corporal, estado de hidratación y rendimiento neuromuscular una hora antes del pesaje oficial (T1) y una hora antes del comienzo del torneo (T2). Estas dos valoraciones estarán separadas, según el reglamento oficial de la Federación Internacional de Lucha (FILA), la Federación Española de Luchas Olímpicas y Disciplinas Asociadas (FELODA), así como por el propio programa de competición, por 18-20 horas según la categoría de peso y la especialidad de competición.

### *Estado de Hidratación y Composición Corporal*

El estado de hidratación se valorará en T1 y T2 por medio de tres pruebas no invasivas previamente validadas en la literatura internacional:

- Impedancia: por medio de una bioimpedancia segmental (Tanita BC-418, Tanita Corp., Tokyo, Japan) se estimará la composición de agua y la impedancia total de los participantes. Esta valoración permitirá igualmente determinar la masa corporal de los luchadores con una precisión de  $\pm 50$ gr.
- Osmolaridad de la Orina: una vez almacenadas y refrigeradas (4-5 °C) todas las muestras, y en un lapso de tiempo no superior a 24 h, se determinará individualmente la Osmolaridad de la orina por medio de un osmómetro (Modelo 3300, Advanced Instruments, USA).
- Gravedad Específica de la Orina: por duplicado y en un espécimen de estas mismas muestras de orina se determinará la gravedad específica de la orina mediante un refractómetro portátil (URC-NE, Atago, Japan).

### *Rendimiento Neuromuscular*

Tanto en T1 como en T2 se realizarán valoraciones en todos los participantes de fuerza y potencia muscular no invasivas y no fatigantes, de forma que se anule cualquier tipo de efecto adverso de estos test sobre el rendimiento del deportista en el torneo.

- Test de salto con Contramovimiento (CMJ): Todos los participantes realizarán 3 intentos de saltos CMJ con recuperación de 1 min entre intentos. El tiempo de vuelo se medirá mediante una plataforma de infrarrojos (Optojump, Microgate, Italy)
- Fuerza de Agarre: la fuerza prensil de los dedos de la mano se medirá para la mano dominante y no dominante en un test de fuerza isométrica máxima de agarre (Grip) mediante un dinamómetro hidráulico (Country Technology Inc; Gays Mills, Wisconsin, EEUU).
- Fuerza y Potencia muscular isoinercial en Press Banca: los participantes realizarán 1 repetición en el ejercicio de Press Banca ante 3-5 cargas submáximas individualizadas según su especialidad y categoría de peso. En estas ejecuciones se monitorizará la velocidad, fuerza y potencia generada en el desplazamiento de la barra mediante un transductor lineal de velocidad (T-Force System, Ergotech, España).
  - o Libre Olímpica y Lucha Greco-romana en categorías de peso **55-66 kg**: 1 repetición con 20-35-50 kg
  - o Libre Olímpica y Lucha Greco-romana en categorías de peso **74-120 kg**: 1 repetición con 20-50-70 kg
  - o Libre femenina en categorías de peso **48-72 kg**: 1 repetición con 20-30-40 kg

Estas valoraciones serán en todo caso de carácter submáximo (cargas inferiores al 80% 1RM). El tiempo necesario para completar esta batería de test neuromusculares no será superior a 7-8 min.

*Estrategias y metodologías empleadas para la pérdida de peso.*

Todos los participantes cumplimentarán un cuestionario en el que se responderá a diferentes preguntas relacionadas con las estrategias y metodologías que han empleado para alcanzar la masa corporal requerida en su categoría de peso durante las 2-4 semanas previas al pesaje oficial del torneo. Este cuestionario sólo se contestará en una ocasión, y el tiempo necesario para completarlo no será superior a 5 min.

Las pruebas o valoraciones que se han detallado anteriormente no suponen ningún riesgo para la salud o el rendimiento deportivo de los participantes.

Confidencialidad: todos los datos obtenidos en el ensayo con relación a los deportistas serán custodiados, garantizando discreción y confidencialidad sobre su identificación, utilizando en la documentación generada en el estudio clínico únicamente las iniciales de sus nombres y apellidos. Además, el equipo investigador garantiza que las muestras de orina únicamente se emplearán para la determinación de su estado de hidratación mediante las dos técnicas anteriormente descritas, eliminándose inmediatamente dicha muestra una vez concluido este análisis de forma anónima.

Atentamente,

*Dr. José María López Gullón*  
*Facultad de Ciencias del Deporte*  
*Universidad de Murcia*

**11.6. Anexo VI:**  
**Publicaciones Originales**



**SPORT**  
**TK**  
REVISTA EUROAMERICANA  
**DECIENCIAS**  
**DEL DEPORTE**  
[www.um.es/sportk](http://www.um.es/sportk)

# EFFECTOS DE LAS PÉRDIDAS DE PESO Y LA DESHIDRATACIÓN EN DEPORTES DE COMBATE: UNA REVISIÓN

## WEIGHT CUTTING AND DEHYDRATION EFFECTS ON COMBAT SPORTS: A REVIEW

Martínez Abellán, A.<sup>1</sup>

alberto.martinez.abellan@gmail.com

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de Deporte. Universidad de Murcia. España.

Recibido: Octubre/2013 - Aceptado: Noviembre/2013.

### Resumen

La inmensa mayoría de los deportistas de combate realizan diferentes estrategias de rápida reducción de su peso unas pocas semanas o días antes del torneo. Mediante un amplio abanico de técnicas y métodos poco estudiados en la literatura científica, los deportistas realizan en un primer momento estas bajadas de peso basadas en la pérdida de masa grasa y masa muscular, retrasando hasta los últimos días u horas antes del pesaje oficial una extrema deshidratación. En esta revisión se analizan i) los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica para los diferentes grados de pérdida de masa corporal antes del pesaje oficial, ii) el efecto de recuperación o "rebote" que acontece entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo y iii) la validez de los indicadores no invasivos del estado de hidratación que pueden emplear los entrenadores para monitorizar convenientemente los efectos de estas bajadas de peso.

**Palabras clave:** Deportes de combate, pérdida de peso, estado de hidratación, fuerza muscular, resistencia.

### Abstract

The vast majority of combat athletes carry out several weight cutting strategies few weeks or days before their competition events. Through a wide range of techniques and methods poorly studied in the scientific literature, the athletes perform at first these weight cuts focused on fat and muscle mass losses, delaying until the last days or hours before the start of tournament an extreme dehydration. In this review we discuss i) the physiological and neuromuscular effects described in the literature for different degrees of body mass loss before the official weigh in, ii) the recovery or "rebound" effect that occurs between the official weigh-in and the beginning tournament and, iii) the validity of non invasive markers to estimate hydration status that coaches may use to monitor the effects of these weight cuttings.

**Keywords:** Combat Sports, weight loss effects, hydration status, muscle strength, endurance.

## INTRODUCCIÓN

Durante esta revisión se analizará la literatura internacional que ha estudiado los efectos que sufren los deportistas de combate sobre su rendimiento físico durante las pérdidas de peso previas a las competiciones, así como la poca información científica disponible hasta la fecha sobre la rápida recuperación de sustratos energéticos y rehidratación que acontece durante las escasas horas que separa el pesaje oficial del comienzo del torneo. Se analizará igualmente la validez de las diferentes técnicas empleadas comúnmente para conocer el estado de hidratación de estos deportistas, así como las herramientas disponibles en la actualidad para conocer los hábitos y estrategias de pérdida de peso y su posterior recuperación en los deportes de combate.

Las disciplinas olímpicas que engloban los deportes de combate son la lucha olímpica, el judo, el taekwondo, el boxeo y la esgrima. Estas modalidades representan aproximadamente el 25% de las medallas olímpicas y algunas de ellas son seguidas por millones de aficionados (Kim, Greenwell, Andrew y Mahony, 2008; Ko, Kim y Valacich, 2010).

La mayoría de estos deportes se rigen por categorías de peso (excepto la esgrima), agrupando a los deportistas de acuerdo a la masa corporal. Este protocolo se realiza para que los enfrentamientos entre los competidores sean lo más equilibrados posible, en cuanto a fuerza, agilidad y tamaño corporal (Burke y Cox, 2009; Langan-Evans, Close y Morton, 2011), permitiendo de esta

forma que las habilidades técnico-tácticas de los deportistas sean los verdaderos protagonistas. No obstante, esta característica hace que la gran mayoría de atletas de estas modalidades reduzcan su peso corporal con la intención de conseguir mejoras en su rendimiento físico y obtener ventaja con respecto a los oponentes de las categorías inferiores más ligeros y de menor tamaño (Horswill, 1992; Artioli, Gualano, Franchini, Scagliusi, Takesian, Fuchs y Lancha, 2010a; Langan-Evans et al., 2011). Para estas disciplinas de combate, las pérdidas de peso están incluidas en su filosofía como deporte y, dentro de este ámbito deportivo, son ejecutadas por la mayoría de deportistas de forma tradicional, sin platearse los efectos adversos que puedan tener sobre su salud. Esta metodología es tan usual que también es llevada a cabo por adolescentes y niños que practican estos deportes, pudiendo provocar alteraciones hormonales del crecimiento (Roemmich y Sinning, 1997; Sansone y Sawyer, 2005).

Las federaciones internacionales de estas disciplinas olímpicas (lucha olímpica, judo, taekwondo y boxeo) establecen una evaluación del peso corporal unas horas previas al inicio de la competición, que podrá variar entre 6 y 18 horas dependiendo de la modalidad deportiva. Estas características reglamentarias hacen que los deportistas intenten maximizar los niveles de masa muscular, minimizar los de masa grasa e inducirse una severa deshidratación para, como objetivo final, minimizar su masa corporal total, durante las fases de

puesta a punto o afinamiento para las competiciones más importantes (2-6 semanas) (García-Pallarés, de la Cruz, Torres-Bonete, Muriel & Díaz, 2011). Entre todas las manipulaciones de composición corporal que realizan estos deportistas, la pérdida neta de agua corporal es el principal mecanismo utilizado por los deportistas de combate durante las últimas horas o incluso días antes del torneo para lograr una rápida bajada de la masa corporal (Wilmore, 2000).

La mayoría de estas metodologías de pérdidas de peso empleadas por los especialistas de deportes de combate antes de las competiciones están consideradas en la literatura científica y divulgativa como “agresivas” y perjudiciales para su salud. Esta aproximación a la competición es conocida internacionalmente como “Weight Cutting”, y es practicada en la totalidad de los deportes de combate olímpicos que se rigen por categorías de peso. Según Artioli et al. (2010a) en su investigación realizada con judocas, el 86% de los participantes había perdido peso para la competición, con reducciones de hasta el 5% de su peso corporal. Steen y Brownell (1990) detectaron en los luchadores estadounidenses que el 41% de los universitarios habían tenido fluctuaciones de su peso corporal entre 5,0 y 9,1 kg en algunas semanas de la temporada, y que el 23% de luchadores de secundaria habían perdido entre 2,7 y 4,5 kg por semana. Para llevar a cabo estas reducciones corporales realizaban métodos muy agresivos, como por ejemplo la deshidratación severa, la restricción de alimentos, el ayuno e incluso en algunos casos vómitos, laxantes y diuréticos. En esta misma línea, Kiningham y Gorenflo (2001) afirman que más del 50% de los luchadores de secundaria investigados perdían más de 2.0 kg en las semanas previas a la competición. La investigación realizada por Kazemi et al. (2005) afirma que el 54% de los atletas de taekwondo analizados realizaron una dieta previa a la competición para reducir su masa corporal. En la modalidad del boxeo, Jako (1986) afirmaba que los púgiles manipulaban su masa corporal antes de las competiciones para ganar ventajas fisiológicas y psicológicas sobre sus oponentes. En esta misma línea, Smith (1998) documenta que en los últimos siete días para una competición internacional los boxeadores pueden reducir su peso en un 5% aproximadamente, e incluso pueden llegar a perder un 4% en las tres horas previas al pesaje.

En la mayoría de los casos, los deportistas que se encuentran con un peso natural situado en la mitad de dos categorías, tienden a reducir su masa corporal para competir en la categoría inferior (Franchini, Brito y Artioli, 2012). No obstante, en la práctica real de algunas de estas

especialidades, los deportistas llegan a descender dos categorías de la que podría considerarse su categoría natural, especialmente en la preparación de eventos prioritarios como Campeonatos del Mundo y Juegos Olímpicos. Para diferentes autores resulta destacable que la gran mayoría de estos deportistas reducen el grueso de su masa corporal en la última semana previa a la competición (Steen y Brownell, 1990; Oppliger, Steen y Scott, 2003; Artioli et al., 2010a).

Los métodos más utilizados por los competidores de los deportes de combate para realizar rápida pérdida de su masa corporal son la reducción de la ingesta energética, reducción de hidratos de carbono y grasas, reducción de la ingesta de líquidos, aumento del ejercicio físico, deshidratación, uso de saunas y trajes de plástico, ayuno parcial o total, etc. (Short y Short, 1983; Woods, Wilson y Masland, 1988; Steen y Brownell, 1990; Weissinger, Housh, Johnson y Evans, 1991; Oppliger et al., 2003; ; Artioli et al., 2010a; Artioli, Scagliusi, Kashiwagura, Franchini, Gualano y Junior, 2010b; Brito, Roas, Brito, Marins, Cordova y Franchini, 2012). Hay varios estudios que analizan estos protocolos de rápida bajadas de peso. En el estudio realizado por Oppliger et al. (2003) con luchadores universitarios se analizaban las preferencias de métodos de estos deportistas para realizar las bajadas de peso, destacando como los principales elecciones la dieta gradual y el aumento del ejercicio con 79,4% y 75,2% de prevalencia respectivamente. También se recogió un 54,8% que realizaban ayuno, más del 26% utilizaban saunas y trajes de plástico, al menos una vez al mes, y muy rara vez se aplicaron vómitos para reducir su peso. Para Brito et al. (2012), el 60% de sus atletas cuestionados utilizaban el aumento del gasto de energía mediante ejercicio aeróbico como principal método de rápida pérdida de peso, el 50% utilizaba las saunas y las prendas de plástico, y sólo el 26,1% estaban asesorados por nutricionistas. En algunos casos se han registrado métodos más violentos y cruentos como los laxantes, diuréticos, píldoras de dietas, sustancias farmacológicas que aceleran los procesos de deshidratación, etc. (Woods et al., 1988; Steen y Brownell, 1990; Weissinger et al., 1991; Filaire, Rouveix, Pannafieux Y Ferrand, 2007). Algunos deportistas incluso han realizado extracciones de sangre antes del pesaje oficial en un torneo, para realizar una posterior re-infusión nada más cumplido este trámite (Horswill, 1992). Estos protocolos tan agresivos están prohibidos por la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) y pueden causar positivos en los controles realizados a los competidores de los deportes de combate (Cadwallader, de la Torre, Tieri y Botre, 2010). Todo ello ha provocado que los deportistas eviten algunas de estas metodologías extremas

pesaje oficial y el lapso de tiempo que existe con el comienzo de la competición, sigue motivando a los competidores a realizar estrategias de descenso de su masa corporal ciertamente extremas. Además, los deportistas utilizan este periodo entre el pesaje oficial y el primer combate de la competición para realizar una rápida rehidratación y rellenado de las reservas energéticas (principalmente glucógeno hepático y muscular), permitiendo llegar en un estado significativamente mejor de salud y de rendimiento físico a la competición del que se encontraban durante el periodo precompetitivo de Weight Cutting. A pesar de que el perfil de los deportistas de combate se caracteriza por una alta potencia anaeróbica, alta capacidad anaeróbica, alta resistencia muscular, etc., siempre ha de tenerse en cuenta las respuestas individuales que generan las caídas de peso, así como la posterior recuperación tras el pesaje oficial (Horswill, 1992).

### EFFECTOS DE LAS PÉRDIDAS DE PESO

Las rápidas pérdidas de peso que realizan los deportistas de combate en las fases precompetitivas producen diferentes efectos adversos sobre el rendimiento que han sido examinados por numerosos investigadores en la literatura internacional. La mayoría de autores se centraron en analizar los efectos que se producían durante estas fases de pérdida de masa corporal en el rendimiento de diferentes manifestaciones de la fuerza (isométrica, isocinética e isoinercial), en la resistencia muscular, en la potencia muscular, la capacidad anaeróbica y en el consumo máximo de oxígeno (Kelly, Gorney y Kalm, 1978; Jacobs, 1980; Houston Marin, Green y Thomson, 1981; Wideman y Hagan, 1982; Caldwell, Ahonen y Nousiainen, 1984; Horswill, Hickner, Scott, Costill, y Gould, 1990; Park, Roemmich y Horswill, 1990; Webster, Rutt y Weltman, 1990; Hickner, Horswill, Welker, Scott, Roemmich y Costill, 1991; McMurray, Proctor y Wilson, 1991; Kraemer, Fry, Rubin, Triplett-McBride, Gordon, Koziris, Lynch, Volek, Meuffels, Newton y Fleck, 2001).

En estos artículos se contemplan varios efectos perjudiciales para el rendimiento físico como pueden ser la disminución del volumen plasmático, el aumento del ritmo cardíaco, las alteraciones de la termorregulación, el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular, la reducción de la capacidad de almacenamiento del sistema buffer, la hipoglucemia y la pérdida de proteínas, electrolitos y vitaminas (Horswill et al., 1990; Webster et al., 1990; Hickner et al., 1991; Kraemer et al., 2001; Umeda, Nakaji, Shimoyama, Yamamoto, Totsuka y Sugawara, 2004). Todos estos cambios pueden reducir el rendimiento aeróbico y anaeróbico de los deportistas de las modalidades de combate. También podemos

decir que la deshidratación muy continuada y repetida en el tiempo puede conllevar diferentes patologías en el atleta (Armstrong, 2012).

Estudios anteriores han demostrado que incluso con niveles de deshidratación inferiores al 2% del peso corporal, la capacidad del rendimiento físico en ejercicio de alta intensidad puede verse afectada (Burge, Carey y Payne, 1993; Walsh, Noakes, Hawley y Dennis, 1994). Wester et al. (1990), en un estudio de referencia, analizaron los parámetros fisiológicos de siete luchadores que perdieron un 4,9% de su peso corporal en las 36 horas previas a la ceremonia del pesaje, concluyendo que estos protocolos tan repentinos utilizados por los competidores tenían efectos nefastos sobre la fuerza, la potencia anaeróbica, la capacidad anaeróbica, la potencia aeróbica y el umbral de lactato. Los protocolos realizados por los atletas para reducir su masa corporal en tan poco tiempo también puede ocasionar lesiones. Umeda et al. (2004), en un estudio realizado a judocas, concluye que la restricción de energía y el ejercicio intenso antes de un torneo pueden tener efectos desfavorables sobre la potencia anaeróbica y la función muscular, ocasionando posibilidades de lesiones del tejido musculoesquelético.

La concentración de glucógeno muscular puede verse perturbada por la rápida pérdida de peso (5-8% de la masa corporal), produciendo una depleción significativa de sus reservas (36-54%) (Houston et al., 1981; Burge et al., 1993; Tarnopolsky, Cipriano, Woodcroft, Pulkkinen, Robinson, Henderson y MacDougall, 1996). Esta caída de las reservas de glucógeno puede darse por el menor consumo de carbohidratos durante la fase de bajada de peso, disminuyendo de esta forma la capacidad de resistencia muscular en los ejercicios de intensidad intermitente. Los efectos producidos en las actividades de altas intensidad intermitente son los más estudiados por los investigadores relacionados con los deportes de combate. Así, Hickner et al. (1991) y Rankin et al. (1996) recurrieron a un test intermitente de 6 y 5 minutos que consistía en una ergometría de brazos de alta intensidad, donde pudieron apreciar estas pérdidas de rendimiento físico con las bajadas de peso. Timpmann et al. (2008) también coincide con estos autores, aunque es este caso, realizaron un test de resistencia muscular de tan sólo 3 minutos, donde observaron que el rendimiento físico durante periodos cortos de alta intensidad se ve afectado por la rápida pérdida de peso. Este estudio demuestra que la vertiginosa caída de la masa corporal de los deportistas de combate que este comprendida entre 3,3 y 5,1%, son perjudiciales para la función muscular en ejercicios de alta intensidad e intermitentes (Timpmann et

Tamman y Thompson (2012) en un estudio muy específico, donde aislaron la deshidratación utilizando la estimulación eléctrica, pudieron concretar que la producción de la fuerza se mantenía igual, independientemente del estado de hidratación. Kraemer et al., (2001) en un estudio donde evaluaron los cambios neuromusculares, fisiológicos y de rendimiento durante el periodo entre el pesaje oficial y el comienzo de la competición, pudo destacar la gran capacidad del organismo de estos competidores para “rebotar” de los descensos de rendimiento neuromuscular y del metabolismo anaeróbico que se producen durante la fase de la caída de peso. En este escaso periodo de tiempo (6-18 horas) los deportistas aumentan significativamente su rendimiento, siendo tal este cambio que recuperan una buena parte del estado de forma que ostentaban antes de comenzar el periodo de bajada de masa corporal. Todo esto parece indicar que el peso de los competidores al comienzo del torneo es muy similar al que poseían antes del comienzo de la fase de pérdida de peso, produciendo una disminución significativa del rendimiento deportivo durante la competición en comparación a los valores de la etapa precompetitiva (Klinzing y Karpowich, 1986; Horswill et al., 1990; Webster et al., 1990; Hickner et al., 1991; Kraemer et al., 2001) (Tabla 1).

En conclusión, la deshidratación puede producir muchos efectos fisiológicos negativos que tienen una evidente repercusión en el rendimiento deportivo del atleta. No obstante, deben tenerse en cuenta muchos otros aspectos como puede ser los métodos utilizados, las características del deportista, la dieta aplicada tras el pesaje oficial, etc. En todo caso, la deshidratación tan extrema que llevan a cabo los competidores de los deportes de combate, es posiblemente el principal mecanismo fisiológico que está detrás de los descensos del rendimiento deportivo. Un esquema general de los efectos fisiológicos y de rendimiento que sufren los deportistas según el porcentaje de peso perdido en estas fases de Weight Cutting se muestra en la Tabla 2.

### **EFFECTOS “REBOTE” TRAS LA PÉRDIDA DE MASA CORPORAL**

En este punto, hay que destacar que la inmensa mayoría de los estudios que han analizado los efectos de estas fases Weight Cutting no han dado a los deportistas la oportunidad de realimentarse y rehidratarse después de realizar el pesaje oficial para monitorizar el conocido como efecto “rebote” antes del comienzo del torneo. En estas modalidades olímpicas, tras el pesaje oficial, los atletas tienen un tiempo determinado (6-18 horas) para poder recuperar, al menos en parte, el peso corporal que tenían

antes de la fase de bajada de peso. Como se ha comentado anteriormente, la estrategia de aumentar el peso por estos deportistas es muy común después de realizar el pesaje oficial. Rankin et al. (1996) afirmaron que los deportistas que llevaban a cabo una dieta alta en carbohidratos después de realizar el pesaje oficial, tendían a recuperar su rendimiento en mayor medida que aquellos que seguían una dieta moderada en carbohidratos. La suplementación con creatina relacionada con la ingesta de glucosa durante las 17 horas posteriores a la pérdida rápida de peso estimula la recuperación del rendimiento físico en los esfuerzos de máxima intensidad en deportistas bien entrenados (Ööpik, Pääsuke, Timpmann, Medijainen, Erelina y Gapajeva, 2002). En otra investigación relacionada con la ganancia de peso, Kordi et al. (2012) obtuvieron que el 68% de los sujetos medidos aumentaron un  $2,2 \pm 1,7\%$  de su masa corporal, en el tiempo transcurrido entre el pesaje oficial y después de la primera ronda de combates. Choma et al. (1998), también afirmaron que después de la rehidratación los deportistas volvieron a su estado de ánimo inicial y pasadas 72 horas, con los alimentos y líquidos adecuados, las cantidades de glucosa en sangre y volumen de plasma se restablecieron a sus valores basales. En este mismo sentido, Horswill et al. (1994) analizaron las ganancias de peso de los competidores tras el pesaje, pero fueron más allá, agrupando a los participantes en vencedores y vencidos. Pudieron observar que no había diferencias entre los deportistas, encontrando valores similares: ganadores con ganancias de  $3,5 \pm 1,2$  kg y derrotados con ganancias de  $3,5 \pm 1,5$  kg. Sin embargo Wroble y Moxley (1998), en una competición de nivel regional, encontraron que los competidores que realizaron una mayor bajada de peso obtuvieron mejores resultados que aquellos que perdieron menos peso. También Artioli et al. (2010c), en un estudio realizado con judocas, observaron que tras una deshidratación de aproximadamente 5% de pérdida de peso corporal y tras una recuperación de 4 horas con alimentos y líquidos, no se vieron afectados los resultados del rendimiento específico, capacidad anaeróbica, glucosa y lactato. En un estudio realizado hace varios años por Wideman y Hagan (1982), pudieron apreciar el mantenimiento de la potencia aeróbica máxima e incluso el aumento de la fuerza muscular, en un luchador que era capaz de realizar pérdidas de peso de aproximadamente el 8% de su masa corporal, mediante restricción calórica y deshidratación. Por tanto, hay varios estudios que no han encontrado efectos perjudiciales en el rendimiento anaeróbico cuando han permitido a los sujetos una recuperación de 5 horas después del pesaje (Singer y Weiss, 1968; Serfass, Stull,

y Lac, 2001; Umeda et al. 2004; Degoutte, Jouanel, Begue, Colombier, Lac, Pequignot y Filaire, 2006), pudiendo afectar todo esto en el rendimiento deportivo. La falta de concentración puede afectar al competidor en una competición de alto nivel para hacer frente a las diferentes distracciones. La disminución de la memoria a corto plazo puede perturbar la capacidad de un deportista para seguir sus instrucciones o las del entrenador antes o durante un combate. La confusión provocada en

un atleta de combate puede cambiar negativamente la capacidad de tomar decisiones durante un combate, así como la rabia excesiva, puede ocasionar decisiones anticipadas o erróneas y acciones ilegales. La depresión y el aislamiento pueden alterar las sesiones de un duro y exigente entrenamiento. La autoestima baja puede determinar la posibilidad de ganar un combate, sobre todo contra rivales de alto nivel.

Tabla 1: Estudios sobre los efectos de la pérdida de peso (deshidratación) en el rendimiento.

| Publicación             | Muestra                                                                     | Pérdida masa corporal (%) | Tiempo pérdida masa corporal | Métodos empleados en la bajada de peso           | Resultados                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuttle, 1943            | 6 luchadores universitarios                                                 | 4.5%                      | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica sin diferencias significativas</li> <li>• Tiempo de reacción sin diferencias significativas</li> </ul>                                                  |
| Saltin, 1964            | 10 atletas                                                                  | 1.6% y 4.7%               | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                        |
| Bock et al., 1967       | 10 luchadores universitarios                                                | 0.4% y 3.8%               | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                             |
| Greeleaf et al., 1967   | 12 mujeres                                                                  | 3.3%                      | S/I                          | Ejercicio aeróbico                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima sin cambios significativos</li> </ul>                                                                                                            |
| Singer & Weiss, 1968    | 10 luchadores                                                               | 7.1%                      | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica sin cambios significativos</li> </ul>                                                                                                                   |
| Bosco et al., 1974      | 21 atletas                                                                  | 5.7%                      | S/I                          | Restricción de agua                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima (-10.4%)</li> <li>• Resistencia muscular (-9%)</li> </ul>                                                                                        |
| Kelly et al., 1978      | 4 luchadores universitarios                                                 | 3.0%                      | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                             |
| Torranin et al., 1979   | 20 sujetos                                                                  | 4.0%                      | S/I                          | Sauna                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-31% tiempo de agotamiento)</li> </ul>                                                                                                              |
| Jacobs, 1980            | 11 luchadores                                                               | 2.0% y 5.0%               | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza tren inferior sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                            |
| Bijlani & Sharma, 1980  | 14 sujetos                                                                  | 3.0%                      | S/I                          | Sauna                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-31.8%)</li> <li>• Fuerza isométrica máxima sin diferencias significativas</li> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul> |
| Houston et al., 1981    | 4 luchadores senior                                                         | 8.0%                      | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad anaeróbica sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                            |
| Wildermanj & Hagan 1982 | 1 luchador senior                                                           | 8.0%                      | S/I                          | Dieta<br>Ejercicio aeróbico                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica disminuye (sin datos)</li> <li>• Potencia aeróbica máxima mantenida</li> <li>• Fuerza muscular mantenida</li> </ul>                                     |
| Ejercicio específico    |                                                                             |                           |                              |                                                  |                                                                                                                                                                                                                    |
| Serfass et al., 1984    | 11 luchadores                                                               | 5.0%                      | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza resistencia isométrica sin diferencias significativas</li> </ul>                                       |
| Caldwell et al., 1984   | 62 atletas                                                                  | 4.1% y 1.2%               | S/I                          | Sauna<br>Diuréticos<br>Ejercicio aeróbico        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pico VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> <li>• Carga trabajo VO<sub>2</sub> sin diferencias significativas</li> </ul>                                      |
| Vitasalo et al., 1987   | 14 jugadores de voleibol                                                    | 3.4%, 5.8% y 3.8%         | S/I                          | Sauna<br>Dieta y diuréticos<br>Diuréticos        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza isométrica máxima (-7.8%) (sauna)</li> <li>• Tasa producción de fuerza (-16.1%) (sauna)</li> </ul>                                                                 |
| Caterisano et al., 1988 | 6 atletas corta distancia<br>5 atletas fondo y medio fondo<br>6 sedentarios | 3.0%                      | S/I                          | S/I                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular tren inferior (-19.5% anaeróbicos, -19.3% sedentarios)</li> </ul>                                                                                    |
| Horswill et al., 1990   | 12 luchadores                                                               | 6.2%                      | 4 días                       | i) Dieta baja; ii) alta en carbohidratos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad anaeróbica de brazos sin diferencias significativas</li> <li>• Potencia anaeróbica (-21.5%)</li> <li>• Capacidad anaeróbica (-9.7%)</li> </ul>                  |
| Wester et al., 1990     | 7 luchadores intercolegiales                                                | 4.9% en                   | 36 horas                     | Sudadera de goma                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad y pico umbral lactato sin diferencias significativas</li> <li>• VO<sub>2</sub> pico (-6.7%)</li> <li>• Capacidad aeróbica (-12.4%)</li> </ul>                   |
| McMurray et al., 1991   | 12 luchadores de competición                                                | 3.2%                      | 7 días                       | i) Dieta normal; ii) dieta alta en carbohidratos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia anaeróbica total (-7%) dieta normal</li> <li>• Potencia anaeróbica media (-6%) dieta normal</li> </ul>                                                           |

|                          |                                       |                           |        |                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Greiwe et al., 1998      | 7 hombres                             | 3.8±0.4%                  | S/I    | Sauna                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen plasma (-7.5±4.6%, 60 min / 5.7±4.4, 120 min)</li> <li>• Fuerza isométrica extensión de rodilla y flexión de codo sin cambios significativos</li> <li>• Resistencia muscular extensión de rodilla y flexión de codo sin cambios significativos</li> </ul>                     |
| Montain et al., 1998     | 5 hombres activos y 5 mujeres activas | 4.0%                      | S/I    | Ejercicio aeróbico en ambiente caluroso (40 ° C, 20% de humedad relativa) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-15%)</li> <li>• Fuerza muscular sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                                                                      |
| Choma et al., 1998       | 14 luchadores universitarios          | 5%                        | S/I    | S/I                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estados de ánimo negativos.</li> <li>• Glucosa 13.7 mg · dl-1 más baja.</li> <li>• Hipoglucemia (+37%).</li> <li>• Volumen plasma (-11%).</li> </ul>                                                                                                                                  |
| Smith 2000               | 7 boxeadores aficionados              | 3.8%                      | S/I    | Traje de plástico<br>25 min pedaleo a 60W por día                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen plasma sin diferencias significativas</li> <li>• Rendimiento específico de boxeo sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                                    |
| Schoffstall et al., 2001 | 10 deportistas de combate             | 1.7%                      | S/I    | Sauna (2 horas)                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza máxima (1RM Press banca) (-5.6%)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    |
| Bigard et al., 2001      | 11 hombres sanos                      | 2.95%                     | S/I    | Sauna                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular al 25% (-23%)</li> <li>• Resistencia muscular al 70% (-13%)</li> <li>• Fuerza isométrica máxima sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                        |
| Gutiérrez et al., 2003   | 6 hombres y 6 mujeres atletas         | 1.8% hombres 1.4% mujeres | S/I    | Sauna                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinamómetro manual sin diferencias significativas</li> <li>• Potencia salto vertical sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                                                                                                        |
| Umeda et al., 2004       | 22 judocas                            | 5.5±2.8% y 1.3±1.0%       | 4 días | Traje de plástico<br>Sauna                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia anaeróbica máxima (-4.9%)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         |
| Judelson et al., 2007    | 7 hombres entrenados                  | 2.4±0.4% y 4.8±0.4%       | S/I    | Ejercicio aeróbico en cámara (36-37°C, 40-50 % de humedad relativa)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salto vertical sin diferencias significativas</li> <li>• Potencia pico del tren inferior sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza pico del tren inferior sin diferencias significativas</li> <li>• Fuerza resistencia tren inferior (-series 2 y 3; -series 2 y 5)</li> </ul> |
| Artoli et al, 2010c      | 7 judocas                             | 4.8±1.1%                  | 5 días | Métodos habituales (S/I)                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento específico sin diferencias significativas</li> <li>• Wingate parte superior del cuerpo sin diferencias significativas</li> <li>• Glucosa y lactato sin diferencias significativas</li> </ul>                                                                              |
| Kraft et al, 2010        | 10 hombres                            | 3.0%                      | S/I    | Sauna<br>Restricción de líquidos                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia muscular (-15%)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                |

Tabla 2: Resumen de los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica para los diferentes grados de pérdida de masa corporal.

|                        | Resistencia aeróbica                                                                      | Resistencia anaeróbica                                                                                                                                                                                                      | Fuerza y potencia muscular                                                                                                                                                                                                    | Rendimiento específico en combate                              |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Pérdidas 0-1.9%</b> | Sin diferencias relevantes (Bock et al., 1967; Caldwell et al., 1990)                     | No se ha descrito en la literatura                                                                                                                                                                                          | Sin diferencias relevantes (Saltin 1964; Gutiérrez et al., 2003)                                                                                                                                                              | No se ha descrito en la literatura                             |
| <b>Pérdidas 2-5%</b>   | Sin diferencias relevantes (Bock et al., 1967; Kelly et al., 1978; Caldwell et al., 1990) | Sin diferencias relevantes (Artioli et al., 2010c)                                                                                                                                                                          | Sin diferencias relevantes (Tuttle 1943; Saltin 1964; Greeleaf et al., 1967; Jacobs 1980; Bijlani & Sharma 1980; Serfass et al., 1984; Greiwe et al., 1998; Montain et al., 1998; Bigard et al., 2001; Judelson et al., 2007) | Sin diferencias relevantes (Smith 2000; Artioli et al., 2010c) |
|                        | Descensos altos (Wester et al., 1990; Bigard et al., 2001)                                | Descensos moderados (McMurray et al., 1991; Judelson et al., 2007)<br>Descensos altos (Bijlani & Sharma 1980; Catterisano et al., 1988; Wester et al., 1990; Montain et al., 1998; Bigard et al., 2001; Kraft et al., 2010) | Descensos moderados (Vitasalo et al., 1987)                                                                                                                                                                                   |                                                                |
| <b>Pérdidas &gt;5%</b> | Sin diferencias relevantes (Houston et al., 1981; Wilderman & Hagan 1982)                 | Sin diferencias relevantes (Houston et al., 1981; Horswill et al., 1990)<br>Descensos moderados (Bosco et al., 1974; Umeda et al., 2004)                                                                                    | Sin diferencias relevantes (Singer & Weiss 1968; Houston et al., 1981; Wilderman & Hagan 1982)<br>Descensos altos (Bosco et al., 1974)                                                                                        | No se ha descrito en la literatura                             |

Descenso moderado: 7%-10%. Descenso alto: >10%

Tabla 3: Resumen de los efectos fisiológicos y neuromusculares descritos en la literatura científica en las fases de recuperación o “rebote” que acontecen entre el pesaje oficial y el comienzo del torneo.

| Artículo/Autor        | Pérdida masa corporal (%) | Tiempo de Recuperación (horas) | Ganancias masa corporal (kg) | Métodos de Recuperación           | Efectos Fisiológicos                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Horswill et al., 1994 | S/I                       | 20 horas                       | 3.5 ± 1.5 Kg                 | Libre elección por el deportista  | Rendimiento específico sin diferencias significativas                                                              |
| Rankin et al., 1996   | S/I                       | 5 horas                        | S/I                          | Dieta con 75% Hidratos de Carbono | Rendimiento Anaeróbico sin diferencias significativas                                                              |
| Ööpik et al., 2002    | 4.5-5.3%                  | 17 horas                       | S/I                          | Creatina más glucosa              | Rendimiento anaeróbico aumento significativo (19.2%)                                                               |
| Artioli et al., 2010c | 5%                        | 4 horas                        | S/I                          | Alimentos y líquidos              | Rendimiento específico y capacidad anaeróbica con mejoras significativas con respecto a la fase de pérdida de peso |

## VALIDEZ DE LOS INDICADORES DEL ESTADO DE HIDRATACIÓN

El agua en el deportista de combate es esencial para regular el metabolismo, la temperatura central y otros procesos fisiológicos que en definitiva condicionan notablemente su salud y rendimiento. Por lo tanto, este fluido es el medio de la función circulatoria, reacciones bioquímicas, transporte de sustratos a través de las membranas celulares, entre los diferentes procesos fisiológicos. El volumen de fluidos, los electrolitos y el agua que se encuentra en todo el cuerpo cambia constantemente, ya que el agua se pierde por los pulmones, la piel y los riñones, y porque de los alimentos y fluidos también se obtiene agua (Amstrong, 2007). El término deshidratación está referido a la pérdida de agua a través de la orina, el sudor, las heces y el vapor de la respiración, produciendo una reducción del agua corporal total por debajo de la media del valor basal.

No existe un consenso concluyente sobre la definición de este término para los fisiólogos, ya que se utilizan varias técnicas para evaluar el estado de deshidratación (osmolaridad en plasma o en orina, gravedad específica de la orina, peso corporal, impedancia bioeléctrica, color de la orina, sensación de sed, etc.).

De todas estas técnicas mencionadas, la mayoría de investigaciones afirman que el método “Gold Standar” para evaluar la hidratación es la osmolaridad medida en plasma (POSM) o en orina (UOSM), es decir ofrece exactitud, precisión y fiabilidad (Shirreffs, 2003; Armstrong, 2007). Esta determinación se ha de llevar a cabo en laboratorio y bajo condiciones muy controladas, por lo que requieren de una gran cantidad de recursos humanos de alta cualificación y materiales de un alto coste económico, propiciando que en la práctica real sea un método inaccesible para monitorizar el estado de hidratación de los deportistas, un problema

especialmente importante en los especialistas de deportes de combate. Por consiguiente, resulta necesario proporcionar una herramienta que tenga índices aceptables de validez para establecer el estado de hidratación de los atletas, y que a su vez sea fácil de utilizar, seguros, portátiles y de bajo coste económico.

Algunos de los métodos más usados son la gravedad específica de la orina (USG), el color de la orina (UCOL), la impedancia bioeléctrica (BIA) y la percepción de sed (EPS).

#### *Gravedad específica de la orina*

Esta técnica estudia la densidad (relación entre la masa y el volumen) de una muestra de orina en comparación con la densidad del agua. Cualquier líquido que es más denso que el agua tiene una gravedad específica mayor de 1,000 u. Las muestras de orina de personas adultas sanas se encuentran en un rango de 1,013 a 1,029. Los sujetos durante la deshidratación tienen una USG que supera 1,030, estando en el caso contrario de hiperhidratación con valores entre 1,001 y 1,012 (Armstrong, Maresh, Castellani, Bergeron, Kenefick, LaGasse y Riebe, 1994; Armstrong, Soto, Hacker, Casa, Kavouras y Maresh, 1998). Para llevar a cabo este proceso sólo hace falta un refractómetro de mano, donde se colocan unas pocas gotas de orina. Este protocolo se realiza con rapidez y precisión, habiéndose probado su validez para conocer el estado de hidratación en diferentes estudios previos (Popowski, Oppliger, Patrick Lambert, Johnson, Johnson y Gisolfi, 2001; Oppliger y Bartok, 2002; Hamouti, Del Costo, Ávila y Mora-Rodríguez, 2010), aunque en ninguno de estos trabajos se analizó un amplio rango de estados de deshidratación y con un gran tamaño muestral.

#### *Impedancia bioeléctrica*

Esta técnica recoge la corriente eléctrica que fluye a través del cuerpo humano, por medio de las manos y pies. Estas mediciones utilizan esta propiedad para proporcionar estimaciones de la composición corporal, así como el agua que posee el cuerpo. Algunos estudios de validación de este método verifican que es fiable y válido, con un coeficiente de variación en repetidas mediciones de 1,5% a 3,4% (Boulter, Thomasset y Apfelbaum, 1992; Suprasongsin, Kalhan y Arslanian, 1995; O'Brien, Baker-Fulco, Young y Sawka, 2002). Sin embargo, otras investigaciones reflejan que varios factores ambientales y de protocolo pueden reducir la fiabilidad y la validez de esta técnica (Roos, Westendorp, Frolich y Meinders, 1992; Dunbar, Melahrinides, Michielli y Kalinski, 1994; Berneis y Keller, 2000; Buono, Burke, Endemann, Graham, Gressard, Griswold y Michalewicz, 2004). La validez de esta técnica

tampoco se midió en estados extremos de deshidratación. Bartok et al. (2004) examinaron varios sujetos mediante esta técnica, tanto la impedancia bioeléctrica, como la impedancia bioeléctrica multifrecuencia, obteniendo una limitación significativa de este método para evaluar la deshidratación.

#### *Color de la orina*

Esta técnica sería una de las más sencillas de llevar a cabo, ya que cualquier persona con un mínimo de experiencia podría determinar, observando el color de la orina, cuánto necesita rehidratarse un sujeto. Esta escala estaría comprendida en ocho niveles de color que van de un amarillo pálido, a un marrón verde (Armstrong et al., 1994; Armstrong et al., 1998). La validez y reproducibilidad de esta técnica se ha considerado aceptable por diferentes estudios (Armstrong et al., 1994; Armstrong et al., 1998; Ormerod, Elliott, Scheett, VanHeest, Armstrong y Maresh, 2003), aunque en ningún caso se han realizado estas validaciones con un amplio tamaño muestral y más concretamente con muestras de niveles extremos de deshidratación, como son las que presentan los deportistas de combate en las fases de bajada de peso.

#### *Percepción de sed*

Este protocolo suele utilizarse en la práctica de los deportes de combate como último recurso cuando otros instrumentos o conocimientos técnicos no están disponibles. La percepción de sed se puede monitorizar para predisponer del umbral de la deshidratación. La sed se mide con una escala de calificación que va de 0 (no se tiene sed en absoluto) a 10 (muy, muy sediento) desarrollada por Riebe et al. (1997). También hay que destacar que numerosos factores pueden alterar la sensación de sed del individuo. Al igual que con el color de la orina, la validez de esta herramienta en situaciones extremas de deshidratación no está clara en la literatura.

### **CUESTIONARIOS DE PÉRDIDAS DE PESO**

Diferentes autores han diseñado cuestionarios que permiten registrar los hábitos y métodos que llevan a cabo los deportistas de combate para manejar su peso durante las fases de Weight Cutting (Steen & Brownell, 1990; Oppliger, Landry, Foster y Lambrecht, 1993; Kinningham y Gorenflo, 2001; Artioli et al., 2010b), no obstante, ninguno de estos instrumentos permite estudiar los protocolos y estrategias que realizan estos deportistas para recuperarse en el lapso de tiempo que separa el pesaje oficial y el comienzo del torneo. Así mismo, resulta destacable que estos cuestionarios preguntan en cualquier momento

de la competición (i.e., local, estatal o internacional), el cambio de categoría de peso, o incluso el encadenamiento de competiciones en un periodo corto de tiempo. En todo caso, ninguna de estas herramientas está diseñada en castellano (i.e., inglés (Steen & Brownell, 1990; Oppliger et al., 1993; Kiningham y Gorenflo, 2001; Artioli et al., 2010b) o portugués (Artioli et al., 2010b)), además de estar exclusivamente diseñados para una modalidad de combate concreta (p.e., lucha olímpica (Steen & Brownell, 1990; Oppliger et al., 1993; Kiningham y Gorenflo, 2001) o judo (Artioli et al., 2010b)).

Resulta necesario por tanto diseñar una herramienta en castellano que permita monitorizar los hábitos y los métodos específicos que están realizando todos los deportistas de combate, no sólo para alcanzar la masa corporal de su categoría, sino también las estrategias que están llevando a cabo para recuperar lo más rápidamente posible un estado de salud y rendimiento óptimo antes del comienzo del primer combate. Futuros estudios que utilicen este instrumento podrán registrar los diferentes métodos empleados por los deportistas de combate para perder peso y su posterior recuperación, los factores que condicionan la elección de unos u otros protocolos, y sus efectos sobre el rendimiento físico y psicológico. Así mismo, estos resultados podrán ser utilizados por los organismos que regulan los deportes de

combate para que, en base a evidencias científicas, promuevan cambios en el reglamento que permitan evitar ciertos hábitos y métodos de pérdida de peso nocivos e incluso ilegales que pueden estar llevándose a cabo actualmente, y de esta forma establecer un equilibrio entre la protección de la integridad física de los atletas y la optimización de su rendimiento deportivo.

### Futuras líneas de investigación

En próximos estudios relacionados con los temas comentados en este artículo se debería profundizar en:

- Conocer las diferentes metodologías llevadas a cabo por los deportistas de combate para realizar las rápidas pérdidas de peso.
- Saber qué consecuencias tienen estas repentinas reducciones de masa corporal en el rendimiento deportivo.
- Determinar el rendimiento fisiológico, neuromuscular y psicológico tras la recuperación mediante alimentos y líquidos después de una rápida bajada de peso corporal.
- Conocer los efectos psicológicos que pueden sufrir los deportistas en estos periodos y las causas que pueden provocar en los estados de ánimo y percepciones de pesimismo y optimismo.

### REFERENCIAS

- Hickner, R.C., Horswill, C.A., Welker, J.M., Scott, J., Roemmich, J.N. & Costill, D.L. (1991). Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. *International Journal of Sports Medicine*, 12(6), 557-562.
- Horswill, C.A., Scott, J.R., Dick, R. W. & Hayes, J. (1994). Influence of rapid weight gain after the weigh-in on success in collegiate wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1290-1294.
- Horswill, C.A. (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine*, 14, 114-143.
- Horswill, C.A., Hickner, R.C., Scott, J.R., Costill, D.L. & Gould, D. (1990). Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(4), 470-476.
- Houston, M.E., Marin, D.A., Green, H.J. & Thomson, J.A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 9(11), 73-78.
- Jacobs, I. (1980). The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate
- Anaerobic Test. *International Journal of Sports Medicine*, 1, 21-24.
- Jako, P. (1986) L'effectto della disidratazione e reidratazione sulla salute e sulla prestazione dei pugili. *Medicine Sport*, 39, 122-125.
- Judelson, D.A., Maresh, C.M., Farrell, M.J., Yamamoto, L.M., Armstrong, L.E., Kraemer, W.J., Volek, J.S., Spiering, B.A., Casa, D.J. & Anderson, J.M. (2007). Effect of hydration state on strength, power, and resistance exercise performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1817-1824.
- Kazemi, M., Shearer & H., Choung, Y.S. (2005). Pre-competition habits and injuries in Taekwondo athletes. *BMC Musculoskeletal Disord*, 27, 6-26.
- Kelly, J.M., Gorney, B.A. & Kalm, K.K. (1978). The effects of a collegiate wrestling season on body composition, cardiovascular fitness and muscular strength and endurance. *Medicine & Science in Sports*, 10(2), 119-124.
- Kim, S., Greenwell, T.C., Andrew, D.P.S., Lee, J. & Mahony, D.F. (2008). An analysis of spectator motives in an individual combat sport: a study of mixed martial arts fans. *Sport Mark Quarterly*, 17, 109-119.

- Kiningham, R.B. & Gorenflo, D.W. (2001). Weight loss methods of high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 810-813.
- Klinzing, J.E. & Karpowicz, W. (1986). The effects of rapid weight loss and rehydration on a wrestling performance test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 26(2), 149-156.
- Ko, Y., Kim, Y. & Valacich, J. (2010). Martial arts participation: Consumer motivation. *International Journal of Sport Mark Spo.*, 11, 105-123.
- Kordi, R., Nourian, R., Rostami, M. & Wallance, W.A. (2012). Percentage of body fat and weight gain in participants in the tehran high school wrestling championship. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(2), 119-25.
- Kraemer, W.J., Fry, A.C., Rubin, M.R., Triplett-McBride, T., Gordon, S.E., Koziris, L.P., Lynch, J.M., Volek, J.S., Meuffels, D.E., Newton, R.U. & Fleck, S.J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1367-1378.
- Kraft, J.A., Green, J.M., Bishop, P.A., Richardson, M.T., Neggers, Y.H. & Leeper, J.D. (2010). Impact of dehydration on a full body resistance exercise protocol. *European Journal Applied Physiology*, 109(2), 259-67.
- Langan-Evans, C., Close, G.L. & Morton, J.P. (2011). Making Weight in Combat Sports. *Strength and Conditioning Journal*, 33, 25-39.
- McMurray, R.G., Proctor, C.R. & Wilson, W.L. (1991). Effect of caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 167-172.
- Montain, S.J., Smith, S.A., Mattot, R.P., Zientara, G.P., Jolesz, F.A. & Sawka, M.N. (1998). Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a <sup>31</sup>P-MRS study. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 1889-94.
- O'Brien, C., Baker-Fulco, C.J., Young, A.J. & Sawka, M.N. (1999). Bioimpedance assessment of hypohydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(10), 1466-71.
- Oöpik, V., Pääsuke, M., Timpmann, S., Medijainen, L., Ereline, J. & Gapejeva, J. (2002). Effects of creatine supplementation during recovery from rapid body mass reduction on metabolism and muscle performance capacity in well-trained wrestlers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 330-9.
- Oppliger, R.A., Steen, S.A. & Scott, J.R. (2003). Weight loss practices of college wrestlers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 29-46.
- Oppliger, R. & Bartok, C. (2002). Hydration testing of athletes. *Sports Medicine*, 32, 959-971.
- Oppliger, R.A., Landry, G.L., Foster, S.W. & Lambrecht, A.C. (1993). Bulimic behaviors among interscholastic wrestlers: a statewide survey. *Pediatrics*, 91(4), 826-831.
- Ormerod, J.K., Elliott, T.A., Scheett, T.P., VanHeest, J.L., Armstrong, L.E. & Maresh, C.M. (2003). Drinking behavior and perception of thirst in untrained women during 6 weeks of heat acclimation and outdoor training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 15-28.
- Park, S.H., Roemmich, J.N. & Horswill, C.N. (1990). A season of wrestling and weight loss by adolescent wrestlers: effect on anaerobic arm power.
- Periard, J.D., Tamman, A.H. & Thompson, M.W. (2012). Skeletal muscle strength and endurance are maintained during moderate dehydration. *International Journal of Sport Medicine*, 33 (8), 607-12.
- Popowski, L.A., Oppliger, R.A., Patrick Lambert, G., Johnson, R.F., Kim Johnson, A. & Gisolfi, C.V. (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute hydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 747-753.
- Rankin, J.W., Ocel, J.V. & 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.
- Riebe, D., Maresh, C.M., Armstrong, L.E., Kenefick, R.W., Castellani, J.W., Echegaray, M.E., Clark, B.A. & Camaione, D.N. (1997). Effects of oral and intravenous rehydration on ratings of perceived exertion and thirst. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 117-124.
- Roemmich, J.N. & Sinning, W.E. (1997). Weight loss and wrestling training: effects on growth-related hormones. *Journal of Applied Physiology*, 82(6), 1760-1764.
- Roos, A.N., Westendorp, R.G., Frolich, M., Meinders, A.E. (1992). Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 53-60.
- Sansone, R.A. & Sawyer, R. (2005). Weight loss pressure on 5 year old wrestler. *British Journal of Sports Medicine*, 39, e2.
- Schoffstall, J.E., Branch, J.D., Leutholtz, B.C.

& Swain, D.E. (2001). Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 102-8.

Serfass, R.C., Stull, G.A., Alexander, F.F., & Ewing, J.L. (1984). The effects of rapid weight loss and attempted rehydration on strength and endurance of the handgripping muscles in college wrestlers. *Research Quarterly in Exercise and Sport*, 55, 46-52.

Singer, R.N. & Weiss, S.A. (1986). Effects of weight reduction on selected anthropometric, physical, and performance measures of wrestlers. *Research Quarterly*, 39, 361-369.

Shirreffs, S.M. (2003). Markers of hydration status. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(2), 6-9.

Short, S.H. & Short, W.R. (1983). Four-year study of university athletes' dietary intake. *Journal of the American Dietetic Association*, 82, 632-645.

Smith, M.S., Dyson, R., Hole, T., Harrison, J.H. & McManus P. (2000). The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *European Journal Physiology*, 83, 34-39.

Smith, M.S. (1998). Sport specific ergometry and the physiological demands of amateur boxing. Thesis, University College, Chichester.

Steen, S.N. & Brownell, K.D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 762-768.

Suprasongsin, C., Kalhan, S. & Arslanian, S. (1995). Determination of body composition in children and adolescents: validation of bioelectrical impedance with isotope dilution technique. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 8, 103-109.

Tarnopolsky, M.A., Cipriano, N., Woodcroft, C., Pulkkinen, W.J., Robinson, D.C., Henderson, J.M. & MacDougall, J.D. (1996). Effects of rapid weight loss and wrestling on muscle glycogen concentration. *Clinical Journal of Sport Medicine* 6, 78-84.

Timpmann, S., Ööpik, V., Pääsuke, M., Medijainen, L. & 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.

Tipton, C.M. & Cheng, T. K. (1970). Iowa Wrestling Study. Weight Loss in High School

Students. *The Journal of the American medical Association*, 214, N7, 1269-1274.

Torranin, C., Smith, D.P. & Byrd, R.J. (1979). The effect of acute thermal dehydration and rapid rehydration on isometric and isostonic endurance. *Journal of Sports Medicine and Physiology Fitness*, 19(1), 1-9.

Tuttle W.W. (1943). The effect of weight loss by dehydration and the withholding of food on the physiologic responses of wrestlers. *Research Quarterly*, 14, 158-166.

Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Yamamoto, Y., Totsuka, M. And Sugawara, K (2004). Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists. *Journal of Sports Sciences* 22, 329-338.

Viitasalo, J.T., Kyröläinen, H., Bosco, C. & Alen, M. (1987). Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *International Journal of Sports Medicine*, 8(4), 281-5.

Walsh, R.M., Noakes, T.D., Hawley, J.A. & Dennis, S.C. (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 392-398.

Webster, S., Rutt, R. & Weltman, A. (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(2), 229-234.

Weissinger, E.T., Housh, J., Johnson, G.O. & Evans, S.A. (1991). Weight loss behavior in high school wrestling: wrestler and parent perceptions. *Pediatric Exercise Science*, 3, 64-73.

Wideman, P.M. & Hagan, R.D. (1982). Body weight loss in a wrestler preparing for competition: a case report. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(6), 413-418.

Wilmore, J.H. (2000). Weight category sports. In: *Nutrition in Sport*. Ed: Maughan, R.J. 637-645. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd.

Woods, E.R., Wilson, C. D. & Masland, R. P. Jr. (1988). Weight control methods in high school wrestlers. *Journal of Adolescent Health Care*, 9(5), 394-397.

Wroble, R.R. & Moxley, D.P. (1998). Weight loss patterns and success rates in high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 625-628.



# Validity of Hydration Non-Invasive Indices during the Weightcutting and Official Weigh-In for Olympic Combat Sports

Valentín E. Fernández-Elías<sup>1</sup>, Alberto Martínez-Abellán<sup>2</sup>, José María López-Gullón<sup>2</sup>, Ricardo Morán-Navarro<sup>2</sup>, Jesús G. Pallarés<sup>1,2</sup>, Ernesto De la Cruz-Sánchez<sup>2</sup>, Ricardo Mora-Rodriguez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Exercise Physiology Laboratory, University of Castilla-La Mancha, Toledo, Spain, <sup>2</sup> Department of Physical Activity and Sport, University of Murcia, Murcia, Spain

## Abstract

**Background:** In Olympic combat sports, weight cutting is a common practice aimed to take advantage of competing in weight divisions below the athlete's normal weight. Fluid and food restriction in combination with dehydration (sauna and/or exercise induced profuse sweating) are common weight cut methods. However, the resultant hypohydration could adversely affect health and performance outcomes.

**Purpose:** The aim of this study is to determine which of the routinely used non-invasive measures of dehydration best track urine osmolality, the gold standard non-invasive test.

**Method:** Immediately prior to the official weigh-in of three National Championships, the hydration status of 345 athletes of Olympic combat sports (i.e., taekwondo, boxing and wrestling) was determined using five separate techniques: i) urine osmolality ( $U_{OSM}$ ), ii) urine specific gravity ( $U_{SG}$ ), iii) urine color ( $U_{COL}$ ), iv) bioelectrical impedance analysis (BIA), and v) thirst perception scale (TPS). All techniques were correlated with  $U_{OSM}$  divided into three groups: euhydrated ( $G_1$ ;  $U_{OSM}$  250–700 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ), dehydrated ( $G_2$ ;  $U_{OSM}$  701–1080 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ), and severely dehydrated ( $G_3$ ;  $U_{OSM}$  1081–1500 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ).

**Results:** We found a positive high correlation between the  $U_{OSM}$  and  $U_{SG}$  ( $r=0.89$ ;  $p=0.000$ ), although this relationship lost strength as dehydration increased ( $G_1$   $r=0.92$ ;  $G_2$   $r=0.73$ ; and  $G_3$   $r=0.65$ ;  $p=0.000$ ).  $U_{COL}$  showed a moderate although significant correlation when considering the whole sample ( $r=0.743$ ;  $p=0.000$ ) and  $G_1$  ( $r=0.702$ ;  $p=0.000$ ) but low correlation for the two dehydrated groups ( $r=0.498$ – $0.398$ ). TPS and BIA showed very low correlation sizes for all groups assessed.

**Conclusion:** In a wide range of pre-competitive hydration status ( $U_{OSM}$  250–1500 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ),  $U_{SG}$  is highly associated with  $U_{OSM}$  while being a more affordable and easy to use technique.  $U_{COL}$  is a suitable tool when  $U_{SG}$  is not available. However, BIA or TPS are not sensitive enough to detect hypohydration at official weight-in before an Olympic combat championship.

**Citation:** Fernández-Elías VE, Martínez-Abellán A, López-Gullón JM, Morán-Navarro R, Pallarés JG, et al. (2014) Validity of Hydration Non-Invasive Indices during the Weightcutting and Official Weigh-In for Olympic Combat Sports. PLoS ONE 9(4): e95336. doi:10.1371/journal.pone.0095336

**Editor:** Reury F.P. Bacurau, University of Sao Paulo, Brazil

**Received:** December 11, 2013; **Accepted:** March 26, 2014; **Published:** April 16, 2014

**Copyright:** © 2014 Fernández-Elías et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Funding:** This study was supported by grants from the High-Performance Sports Center Infanta Cristina (General Directorate of Sports, Government of Murcia). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

**Competing Interests:** The authors have declared that no competing interests exist.

\* E-mail: Ricardo.Mora@uclm.es

## Introduction

Severe dehydration has physiological consequences negatively affecting health and athletic performance. Body water losses exceeding 2% of body weight reduce physical work capacity and exercise performance [1–3] and higher dehydration levels (i.e. >4–5%) has been reported to increase heat-stroke risk [1,4]. These adverse effects include impaired glycogen use [9], increases in core temperature inducing central nervous system fatigue [10,11], cardiovascular strain [12,13] and loss of efficacy of the metabolic acid buffer system [14]. All these effects could compromise health and physical performance in military personnel, firemen, athletes training and competing in hot environments, or those involved in

Olympic weight-class sports (e.g. wrestling, boxing, judo, taekwondo and weightlifting). In these sports weight loss throughout dehydration is a very common strategy prior to competition [15]. Weight loss by dehydration has been shown to affect boxing and wrestling performance [5,6]. If that weight loss is quickly recovered the effects on performance are not evident [7,8]. Many techniques are available to assess body water deficit, however it is not clear which it is best to use in a pre-competition setting. Ideally, this should be a non-invasive index, as well as being fast, accurate, inexpensive and easy-to-use.

Out of the available techniques to measure hydration status, blood osmolality is the gold standard [16–18]. However, the measurement of blood osmolality requires an invasive technique,

costly measurement apparatus and qualified personnel to handle blood. All these conditions are rarely available to scientists and coaches at the field. Urine analysis of hydration status has been recommended as an alternative measurement because it involves a noninvasive evaluation of body fluid [19]. The main criticism of the use of urine as an index of dehydration is that urine does not respond as fast or as accurately as blood to body fluid deficit [16]. However, we have recently found that urine readily tracks blood responses during progressive dehydration induced by exercise [20,21]. Urine can be analyzed for color, density, osmolality or its constituents resulting in a wide range of hydration indexes. Nonetheless, not all indexes are adequate, accurate or practical, and some are costly and require technical expertise [22].

A non-invasive surrogate of blood osmolality is urine osmolality ( $U_{OSM}$ ) considered the most valid measurement of hydration status through urine [16,23]. However, similarly to blood osmolality it requires expensive biochemical analysis. Urine specific gravity ( $U_{SG}$ ) assessment requires a simpler apparatus (i.e., refractrometer). Some authors have found that  $U_{SG}$  [20,21,24] and urine color ( $U_{COL}$ ) [22,25] are highly correlated to urine osmolality ( $U_{OSM}$ ). Armstrong and co-workers, found acceptable validity of  $U_{SG}$  and color analysis in different populations at moderate dehydration levels [17]. However, the agreement between these urine indexes after severe dehydration in weight class sports [15], has not been reported.

Finally, there are non-invasive indexes that do not entail urine collection and analysis. Bioelectrical impedance analysis (BIA; [26–29]) and thirst perception scale (TPS; [30–33]) have been proposed as simpler indexes of body fluid deficit. Despite all these studies, to our knowledge, there is insufficient evidence to decide about the suitability of these indexes to readily detect whole body dehydration. Furthermore, these indexes have not been evaluated in a large population of athletes undergoing different degrees of dehydration. We believe that a good test for BIA and TPS will be to assess its agreement with  $U_{OSM}$  during the weight cutting in Olympic combat sports.

Therefore, the purpose of this study was to compare several non-invasive indexes of hydration in a large number of Olympic combat sport athletes undergoing different degrees of weight loss by dehydration before a real competition. Our intention is to obtain a wide range of hypohydration levels to fully evaluate the detection power of all indexes in comparison to  $U_{OSM}$ . We hypothesized that techniques involving urine analysis may have high levels of agreement while other estimations (i.e. BIA and TPS) will not.

## Methods

### Participants

Two hundred and forty-four male (age  $22.8 \pm 4.1$  yr, body mass  $74.1 \pm 15.1$  kg, height  $176.1 \pm 6.7$  cm) and one hundred one female (age  $22.7 \pm 4.5$  yr, body mass  $57.1 \pm 8.9$  kg, height  $164.9 \pm 7.2$  cm) high performance athletes of three different Olympic combat sports volunteered to participate in this study: wrestling ( $n = 157$ ), taekwondo ( $n = 152$ ) and boxing ( $n = 36$ ). All participants had at least 4 years of training and competition experience, and all of them made the weight in the official weigh-in of their respective national championship during the experimental phase of this study. The subjects and coaches were informed in detail about the experimental procedures and the possible risks and benefits of the project. The study, which complied with the Declaration of Helsinki, was approved by the Bioethics Commission of the University of Murcia, and written informed consent was obtained from athletes prior to participation.

### Study design and experimental protocol

Athletes' hydration status was evaluated through 5 different techniques (i.e.,  $U_{OSM}$ ,  $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , TPS and BIA) between 60 and 5 minutes before the official weigh-in of their respective National Championship. No instructions were given to athletes or their coaches about their weight control management. Participants filled out a nutritional questionnaire and twelve of them were excluded from the study for being ingesting vitamins, nutritional supplements or prescription drugs prone to alter urine color, amount or composition [25]. Women were tested out of the proliferative phase of their menstruation.

At arrival to the official weigh-in facilities, a 10 ml mid flow urine sample was obtained from each athlete. After the recipient with the urine sample was handed over and codified, subjects filled out the thirst perception scale, and their body impedance was determined using a Bio-impedance analyzer. Urine specimens were immediately analyzed in duplicate for urine osmolality ( $U_{OSM}$ ), urine specific gravity ( $U_{SG}$ ), and urine color ( $U_{COL}$ ) by the same experienced investigator. The final value for each assessment was the average of the two trials.

**Urine osmolality.**  $U_{OSM}$  is the measure of the total urine solute content. As has been repeatedly reported [16,23], we considered this assessment as our gold standard measurement to determine the athletes' hydration status. Athletes urine specimens (20  $\mu$ L) were immediately analyzed in duplicate by freezing point depression osmometry (Model 3250, Advanced Instruments, USA).

**Urine specific gravity.**  $U_{SG}$  is the analysis of urine density compared to double distilled water (density = 1.000). After apparatus calibration and thorough mixing of the urine specimen, a few drops were placed on the refractometer (URC-NE, Atago, Japan) visor and  $U_{SG}$  was determined.

**Urine color.**  $U_{COL}$  is determined by the amount of urochrome present in the urine specimen. When large volumes of urine are excreted, the urine is dilute and pale. Conversely, when small volumes of urine are excreted, the urine is concentrated and dark [23].  $U_{COL}$  was determined as described by Armstrong et al., [17,18,22,23,25]. Briefly, an 8 number scale ranging from very pale yellow (number 1) to brownish green (number 8), was used.  $U_{COL}$  was determined in duplicate by holding each specimen container next to a validated color scale in a well-lit room.

**Bioelectrical impedance analysis.** BIA has the potential to assess changes in hydration status and has been previously used and validated in combat sports athletes [29]. Athletes BIA was determined using an 8-contact electrode segmental and mono-frequency body composition analyzer (Tanita BC-418, Tanita Corp., Tokyo, Japan) while they were barefoot, wearing shorts and a sports-top for females.

**Thirst perception scale (TPS).** Thirst perception is physiologically related to the hydration status of an individual since it is mediated by fluid-regulating hormones urging the "need to drink" [31]. Thirst perception was assessed using a Liker scale [32,34] that ranged perceived thirst from 1 ("not thirsty at all") to 9 ("very, very thirsty").

### Statistical analysis

Descriptive values were provided for all the outcome variables. Engagement scores were non-normally distributed for all measures, as assessed by Shapiro-Wilk's test ( $p < 0.05$ ). A Spearman's rank-order correlation was run to assess the relationship between  $U_{OSM}$  and the rest of the hydration status markers ( $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , TPS and BIA). The size of the correlation was evaluated as follows;  $r < 0.7$  low;  $0.7 \leq r < 0.9$  moderate; and  $\geq 0.9$  high [35].

Subjects were stratified according to their hydration status using  $U_{OSMO}$  values. A value of  $700 \text{ mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$  marks the limits between a correct hydration status and dehydration [1]. Thus, three intervals of equal amplitude (according to measurement units) were established according to the following cutoffs: from 250 to  $700 \text{ mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$  (euhydrated - G<sub>1</sub>), from 701 to  $1.080 \text{ mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$  (dehydrated - G<sub>2</sub>) and from 1.081 to  $1.500 \text{ mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$  (severely dehydrated - G<sub>3</sub>). Also, a Kruskal-Wallis test was performed between groups. Pairwise comparisons were performed using Dunn's [36] procedure with a Bonferroni correction for multiple comparisons.

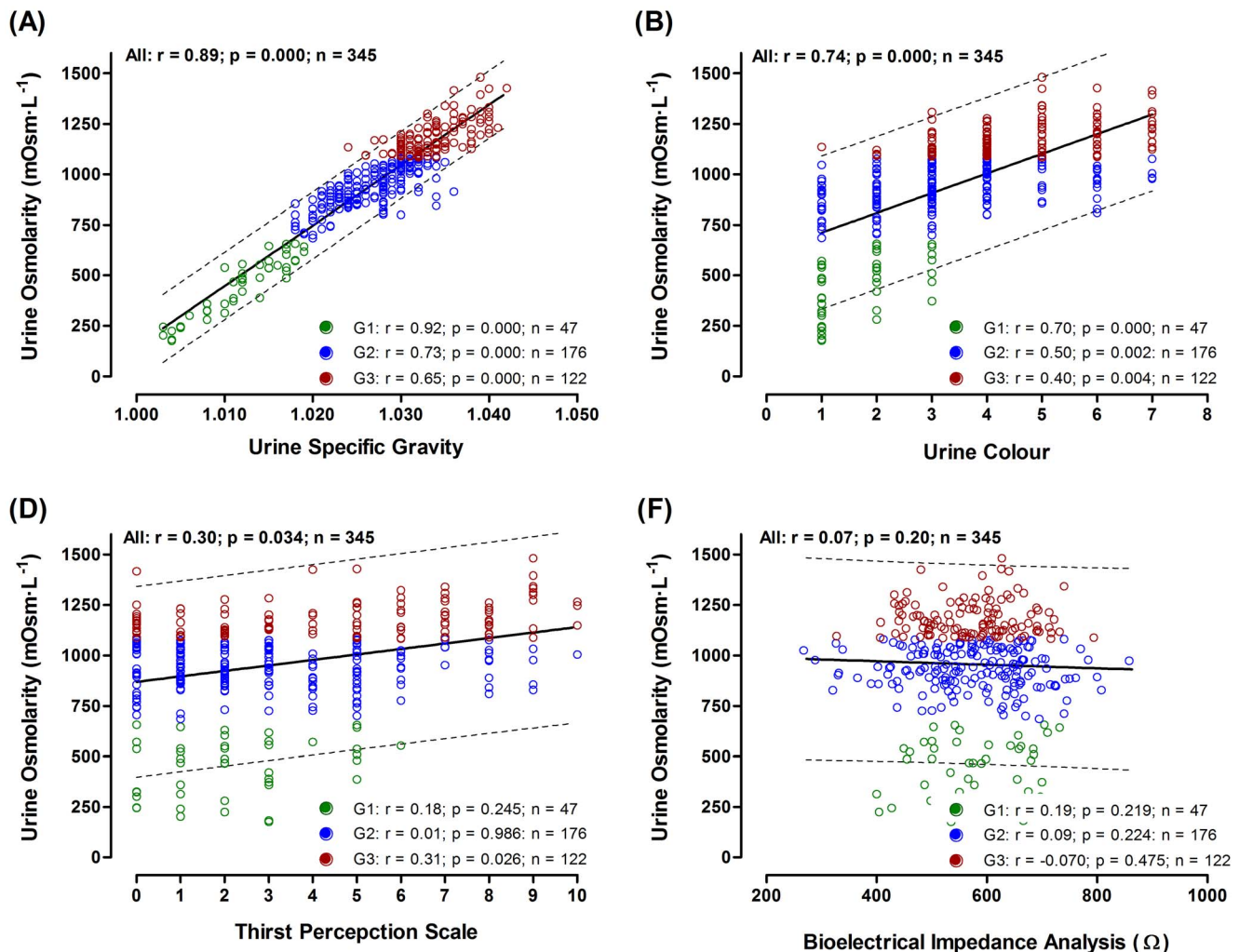
## Results

Hydration status indexes were not different between males and females (U-Mann Whitney Wilcoxon test;  $p > 0.05$ ) or between sports (wrestling, taekwondo and boxing; Kruskal-Wallis test;  $p > 0.05$ ) and thus results are reported with all athletes as a group. A high linear and positive correlation was detected between  $U_{SG}$  and  $U_{OSMO}$  in the whole sample ( $r = 0.89$ ;  $p = 0.000$ ;  $n = 345$ ). However, the correlation became lower as the dehydration status

increased (G<sub>1</sub>  $r = 0.92$ ;  $p = 0.000$ ; G<sub>2</sub>  $r = 0.73$ ;  $p = 0.000$  and G<sub>3</sub>  $r = 0.65$ ;  $p = 0.000$ ; Figure 1A).

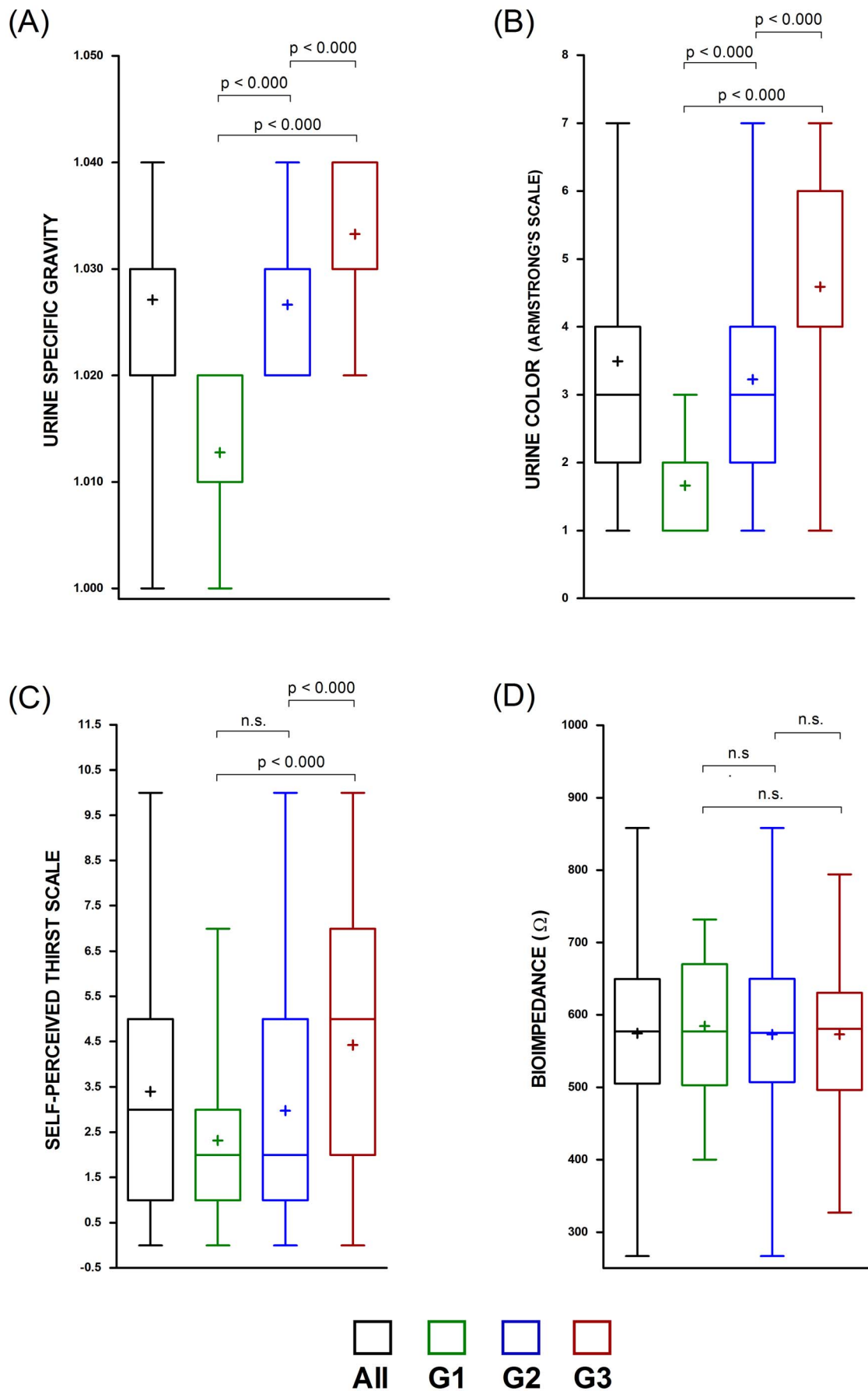
The relationship between the  $U_{OSMO}$  and other hydration status markers was weak.  $U_{COL}$  showed a moderate although significant correlation when considering the whole sample ( $r = 0.743$ ;  $p = 0.000$ ) or the euhydrated group (G1:  $r = 0.702$ ;  $p = 0.000$ ). However, the correlation was low for the two dehydrated groups (G2:  $r = 0.498$ ;  $p = 0.002$ ; G3:  $r = 0.398$ ;  $p = 0.004$ ) (Figure 1B). TPS showed a significant but low correlation with the  $U_{OSM}$  in the whole sample and for G3 group ( $r < 0.315$  and  $r = 0.298$ , respectively;  $p < 0.05$ ) (Figure 1C). No significant correlation ( $p > 0.05$ ) was detected between the BIA assessments and  $U_{OSM}$  in any group (Figure 1D).

Finally, a complementary Kruskal-Wallis analysis according to the athletes' dehydration status (euhydrated - G1, dehydrated - G2; and severely dehydrated - G3) reveals significant differences ( $p < 0.05$ ) between the 3 groups for the  $U_{SG}$  and  $U_{COL}$  methods. Nevertheless, the TPS cannot differ ( $p < 0.05$ ) between the first two groups (G1 and G2), and BIA do not distinguish ( $p < 0.05$ ) between any of the 3 groups (G1, G2 and G3) (Figure 2).



**Figure 1. Correlation between  $U_{OSM}$  and  $U_{SG}$  (A), Urine color (B), Thirst perception scale (C) and Bioelectrical impedance analysis (D) in the whole sample and in each group.** G1:  $U_{OSM}$  250–700  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701–1.080  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ ; G3:  $U_{OSM}$  1.081–1.500  $\text{mOsm} \cdot \text{kg H}_2\text{O}^{-1}$ .

doi:10.1371/journal.pone.0095336.g001



**Figure 2. Descriptive values (whisker and box plot) and group differences according to  $U_{OSM}$  status classification.** Also, differences according to the Kruskal-Wallis test and Dunn's pairwise comparisons (Bonferroni correction for multiple comparisons). G1:  $U_{OSM}$  250–700 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ; G2:  $U_{OSM}$  701–1.080 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ; G3:  $U_{OSM}$  1.081–1.500 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ . doi:10.1371/journal.pone.0095336.g002

## Discussion

The current study compares different indexes of hydration status to urine osmolality ( $U_{OSM}$ ) as the gold standard non-invasive index [16,23]. This comparison took place in a large sample of Olympic combat sports athletes (i.e. 345 athletes) during the official weigh-in of a real competition. While rapid reduction in body weight before competition is the easier non-invasive index of weight cutting thru dehydration it requires knowing what the “normal” weight of the athlete is. Referees and medical personnel at the competition arena do not have this information and thus require another index that is accurate, fast and non-invasive. Our aim was to determine which of the available non-invasive indexes ( $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , BIA and TPS) showed the better combination of sensibility to detect hypohydration, with affordability and simplicity in its use. This may prove useful to sport's governing bodies which are interested in preventing rapid weight loss during competition. Coaches and trainers can benefit too from easily assessing the degree of hypohydration in their combat athletes. We believe that fast and accurate identification of hypohydration is the first step into the prevention of weight cutting unhealthy practices.

While a similar question has been addressed in previous studies [14,17,18,23], to our knowledge, this is the first study identifying the best non-invasive index using a large sample with a wide range of hydration statuses under a real competition situation. As a consequence of the real situation, we detected a large number of competitors with severe dehydration (176 samples with  $U_{OSM}$  above 701 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$  and 122 samples with  $U_{OSM}$  above 1.080 mOsm·kg  $H_2O^{-1}$ ) beyond what has been previously reported [19,37,38]. Also, we observed that independent of sport discipline and gender a similar distribution of athletes were dehydrated or extremely dehydrated suggesting, as previously reported [37–41], that weight cutting is a broadly extended practice in Olympic combat sports.

Our results indicate that  $U_{SG}$  is the hydration index that better correlates with  $U_{OSM}$  ( $r = 0.89$ ;  $p = 0.000$ ; Figure 1) the assessment of  $U_{SG}$  being easier, cheaper and faster than that of  $U_{OSM}$ . These results are consistent with the finding of Popowski et al [16] who compared the validity of  $U_{SG}$  and  $U_{OSM}$  to plasma osmolality, and concluded that both,  $U_{SG}$  and  $U_{OSM}$  correlate and are good measurements of hydration status. This data is also in agreement with results from our laboratory [21] reporting that  $U_{SG}$  is as sensitive as serum osmolality to detect 2 to 3% hypohydration. Based on the present results using an important sample size of elite athletes in a wide range of hydration statuses, we can substantiate that  $U_{SG}$  is a highly recommended index to assess hypohydration. Nevertheless, when dehydration increases  $U_{SG}$  presents lower correlation values (G2:  $r = 0.75$ ; G3:  $r = 0.66$ ; both  $p = 0.000$ ; Figure 1). This validity decline, as body water loss increase, has been previously observed by Oppliger et al [24]. Nevertheless, dehydration is usually assessed based on a threshold value that is much below the values where  $U_{SG}$  starts to deviate from  $U_{OSM}$ . Thus, a lowering in this correlation will rarely affect the classification of an individual as dehydrated or euhydrated.

Previous studies agreed that  $U_{COL}$  presents lower precision and accuracy values to determine the hydration status in humans compared to  $U_{OSM}$  and  $U_{SG}$  [17,18,25]. Nevertheless, different researchers consider that  $U_{COL}$  would be helpful in athletic, army or industrial settings where high precision assessment of body fluid

deficit is not required [17,22,25]. Likewise, our data coincides in that  $U_{COL}$  is effective at discriminating different levels of dehydration (Figure 2) despite its lack of preciseness (G2:  $r = 0.498$ ;  $p = 0.002$ , G3:  $r = 0.398$ ;  $p = 0.004$ ; Figure 1). As in previous studies, we can recommend  $U_{COL}$  analysis as an index to estimate hydration status of combat sports athletes; especially when water loss is not extreme. The low precision level of  $U_{COL}$  could be offset by its simplicity and low cost to assess hydration status on the field.

Some studies propose that BIA is a valid tool to assess hydration status in different populations [26,27,29]. However, our data suggests that BIA is not a good instrument to assess hydration level in combat sports athletes (Figure 1). In agreement with our results, other investigations argued that BIA may be a non-adequate instrument to evaluate exercise induced dehydration [28,42–44]. Furthermore, our results show that during dehydration and severe dehydration (G2 and G3) BIA agreement with  $U_{OSM}$  worsens compared to euhydration (G1) (Figure 1). This is in accordance with the investigation of Asselin et al [45] which indicated that with dehydration levels of 2–3% of body mass, BIA standard equations failed to predict changes in total body water. As a limitation we used segmental BIA but mono-frequency analysis since, in our experience, this are the technical characteristics of the BIA equipment commonly found in combat sports clubs and high performance sports centers. Novel systems of BIA employ multi-frequency to determine the characteristics of the body fluids and tissues. Although they have shown even lower validity to estimate body composition [46], it has been recently reported that they are sensitive to evaluate acute dehydration in wrestlers [29]. It is unclear if the use of multi-frequency BIA could have increased its association with  $U_{OSM}$  in our data set.

Engell et al. [30] showed a high correlation between the perceived thirst and hypohydration before and after exercise in the heat. Young et al [33] agreed with this statement and added that using the 9 point scale (1 = not at all thirsty; 9 = very, very thirsty) a score between 3 and 5 could be a good indication that an individual is mildly dehydrated. Our results suggest that this perception scale is a valid indicator of hydration status, but only discriminating between euhydration and extreme dehydration. However, it does not distinguish low levels of dehydration from correct hydration (Figure 2). Maresh group [31,32] provided data showing a high correlation between hypohydration and thirst perception when subjects are moderately dehydrated (i.e., ~4%). It is known that numerous factors, apart from body water deficit, may alter the perception of thirst such as fluid palatability, time allowed for fluid consumption, time since last fluid ingestion, gastric distention, older age, gender, and heat acclimatization status [17]. Thus, while thirst perception may serve as an indicator of extreme dehydration, our data suggest that TPS is not accurate enough to correctly evaluate low and moderate levels of hypohydration during weight cutting in Olympic combat athletes.

Athletes involved in combat sports (e.g., wrestling, taekwondo and boxing) habitually weight-cut (i.e. weight loss through dehydration) to be included in a lower category at the official weigh-in before competition. Our study compares four different non-invasive hydration indexes ( $U_{SG}$ ,  $U_{COL}$ , TPS, and BIA) to  $U_{OSM}$  as our gold standard non-invasive measure in a wide sample of competitive Olympic combat sports athletes. The aim is to find an alternative measure that, unlike  $U_{OSM}$ , does not involve costly

biochemical analysis and that can be readily used by sports medicine doctors, coaches and trainers on the combat arena. Our data suggests that  $U_{SG}$  is a good alternative to  $U_{OSM}$  since it highly correlates with  $U_{OSM}$ , in conditions of low and severe dehydration (i.e. G2 and G3). However,  $U_{COL}$  can be an alternative and adequate tool to evaluate dehydration, especially if the dehydration level is not extreme. In contrast, our data discourages the use of TPS and BIA to measure hydration status after weigh-cut in combat sports athletes.

## References

1. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, et al. (2007) American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 39: 377–390.
2. Baker LB, Dougherty KA, Chow M, Kenney WL (2007) Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1114–1123.
3. Dougherty KA, Baker LB, Chow M, Kenney WL (2006) Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1650–1658.
4. Howe AS, Boden BP (2007) Heat-related illness in athletes. *Am J Sports Med* 35: 1384–1395.
5. Smith MS, Dyson R, Hale T, Harrison JH, McManus P (2000) The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *Eur J Appl Physiol* 83: 34–39.
6. Webster S, Rutt R, Weltman A (1990) Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 22: 229–234.
7. Schoffstall JE, Branch JD, Leutholtz BC, Swain DE (2001) Effects of dehydration and rehydration on the one-repetition maximum bench press of weight-trained males. *J Strength Cond Res* 15: 102–108.
8. Slater G, Rice AJ, Tanner R, Sharpe K, Gore CJ, et al. (2006) Acute weight loss followed by an aggressive nutritional recovery strategy has little impact on on-water rowing performance. *Br J Sports Med* 40: 55–59.
9. Houston ME, Marin DA, Green HJ, Thomson JA (1981) The effect of rapid weight loss on physiological function in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine* 9: 73–78.
10. Nybo L, Nielsen B (2001) Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 1985 91: 1055–1060.
11. Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, et al. (1999) Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol* 1985 86: 1032–1039.
12. Cheuvront SN, Carter R, 3rd, Sawka MN (2003) Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep* 2: 202–208.
13. Murray B (2007) Hydration and physical performance. *J Am Coll Nutr* 26: 542S–548S.
14. Horswill CA, Hickner RC, Scott JR, Costill DL, Gould D (1990) Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Med Sci Sports Exerc* 22: 470–476.
15. Clark RR, Bartok C, Sullivan JC, Schoeller DA (2004) Minimum weight prediction methods cross-validated by the four-component model. *Med Sci Sports Exerc* 36: 639–647.
16. Popowski LA, Oppliger RA, Patrick Lambert G, Johnson RF, Kim Johnson A, et al. (2001) Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc* 33: 747–753.
17. Armstrong LE (2005) Hydration assessment techniques. *Nutr Rev* 63: S40–54.
18. Armstrong LE (2007) Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J Am Coll Nutr* 26: 575S–584S.
19. Zambraski EJ, Tipton CM, Jordon HR, Palmer WK, Tchong TK (1974) Iowa wrestling study: urinary profiles of state finalists prior to competition. *Med Sci Sports* 6: 129–132.
20. Hamouti N, Del Coso J, Avila A, Mora-Rodriguez R (2010) Effects of athletes' muscle mass on urinary markers of hydration status. *Eur J Appl Physiol* 109: 213–219.
21. Hamouti N, Del Coso J, Mora-Rodriguez R (2013) Comparison between blood and urinary fluid balance indices during dehydrating exercise and the subsequent hypohydration when fluid is not restored. *Eur J Appl Physiol* 113: 611–620.
22. Armstrong LE, Soto JA, Hacker FT, Jr., Casa DJ, Kavouras SA, et al. (1998) Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr* 8: 345–355.
23. Shirreffs SM (2003) Markers of hydration status. *Eur J Clin Nutr* 57 Suppl 2: S6–9.
24. Oppliger RA, Magnes SA, Popowski LA, Gisolfi CV (2005) Accuracy of urine specific gravity and osmolality as indicators of hydration status. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 15: 236–251.
25. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, et al. (1994) Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr* 4: 265–279.
26. O'Brien C, Baker-Fulco CJ, Young AJ, Sawka MN (1999) Bioimpedance assessment of hypohydration. *Med Sci Sports Exerc* 31: 1466–1471.
27. Quiterio AL, Silva AM, Minderico CS, Carnero EA, Fields DA, et al. (2009) Total body water measurements in adolescent athletes: a comparison of six field methods with deuterium dilution. *J Strength Cond Res* 23: 1225–1237.
28. Saunders MJ, Blevins JE, Broeder CE (1998) Effects of hydration changes on bioelectrical impedance in endurance trained individuals. *Med Sci Sports Exerc* 30: 885–892.
29. Utter AC, McNulty SR, Riha BF, Pratt BA, Grose JM (2012) The validity of multifrequency bioelectrical impedance measures to detect changes in the hydration status of wrestlers during acute dehydration and rehydration. *J Strength Cond Res* 26: 9–15.
30. Engell DB, Maller O, Sawka MN, Francesconi RN, Drolet L, et al. (1987) Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiol Behav* 40: 229–236.
31. Maresh CM, Gabaree-Boulant CL, Armstrong LE, Judelson DA, Hoffman JR, et al. (2004) Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *J Appl Physiol* 97: 39–44.
32. Maresh CM, Herrera-Soto JA, Armstrong LE, Casa DJ, Kavouras SA, et al. (2001) Perceptual responses in the heat after brief intravenous versus oral rehydration. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1039–1045.
33. Young AJ, Sawka MN, Epstein Y, Decristofano B, Pandolf KB (1987) Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise. *J Appl Physiol* 63: 1218–1223.
34. Riebe D, Maresh CM, Armstrong LE, Kenefick RW, Castellani JW, et al. (1997) Effects of oral and intravenous rehydration on ratings of perceived exertion and thirst. *Med Sci Sports Exerc* 29: 117–124.
35. Vincent JW (2005) Statistics in Kinesiology: Human Kinetics
36. Dunn OJ (1964) Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics* 6: 241–252.
37. Oopik V, Timpmann S, Burk A, Hannus I (2013) Hydration status of Greco-Roman wrestlers in an authentic precompetition situation. *Appl Physiol Nutr Metab* 38: 621–625.
38. Petterson S, Berg CM (2013) Hydration Status in Elite Wrestlers, Judokas, Boxers and Taekwondo Athletes on Competition Day. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*.
39. Petterson S, Ekstrom MP, Berg CM (2013) Practices of weight regulation among elite athletes in combat sports: a matter of mental advantage? *J Athl Train* 48: 99–108.
40. Horswill CA (1992) Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Med* 14: 114–143.
41. Jetton AM, Lawrence MM, Meucci M, Haines TL, Collier SR, et al. (2013) Dehydration and acute weight gain in mixed martial arts fighters before competition. *J Strength Cond Res* 27: 1322–1326.
42. Koulmann N, Jimenez C, Regal D, Bolliet P, Launay JC, et al. (2000) Use of bioelectrical impedance analysis to estimate body fluid compartments after acute variations of the body hydration level. *Med Sci Sports Exerc* 32: 857–864.
43. Bartok C, Schoeller DA, Randall Clark R, Sullivan JC, Landry GL (2004) The effect of dehydration on wrestling minimum weight assessment. *Med Sci Sports Exerc* 36: 160–167.
44. Berneis K, Keller U (2000) Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. *Clin Nutr* 19: 361–366.
45. Asselin MC, Kriemler S, Chettle DR, Webber CE, Bar-Or O, et al. (1998) Hydration status assessed by multi-frequency bioimpedance analysis. *Appl Radiat Isot* 49: 495–497.
46. Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM (2006) Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity (Silver Spring)* 14: 2064–2070.

## Author Contributions

Conceived and designed the experiments: VEFE AMA JGP RMR. Performed the experiments: VEFE AMA RMN JMLG JGP. Analyzed the data: EDSCS JGP RMR. Contributed reagents/materials/analysis tools: VEFE AMA RMN JMLG RMR. Wrote the paper: VEFE AMA RMN JMLG EDSCS JGP RMR.