

**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 cardiaco, 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 Widerman 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> <li>Fuerza isométrica disminuye (sin datos)</li> </ul>   |
| Wilderman & Hagan 1982  | 1 luchador senior   | 8.0%                      | S/I                          | Dieta<br>Ejercicio aeróbico                      | <ul style="list-style-type: none"> <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>   |

|                          |                                       |                              |        |   |  |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------|---|--|
| Greive 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<br>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., 2007    | 7 hombres entrenados                  | 2.4±0.4% y<br>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> |
| Artioli et al, 2010c     | 7 judocas                             | 4.8±1.1%                     | 5 días | Métodos habituales (S/I)<br><br>Sauna                                     | <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    | 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)<br>Descensos altos (Wester et al., 1990; Bigard et al., 2001) | Sin diferencias relevantes (Artioli et al., 2010c)<br>Descensos moderados (McMurray et al., 1991; Judelson et al., 2007)<br>Descensos altos (Bijlani & Sharma 1980; Cateresiano et al., 1988; Wester et al., 1990; Montain et al., 1998; Bigard et al., 2001; Kraft et al., 2010) | 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)<br>Descensos moderados (Vitasalo et al., 1987) | Sin diferencias relevantes (Smith 2000; Artioli et al., 2010c) |
| <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  |
| Öpik 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; Amstrong, 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 (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 (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% (Boulier, 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 mide 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 (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 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; Kinningham 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; Kinningham 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'effetto 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. & Wallace, 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 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. & Tchong, 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.