

Monograph

# Efectos Agudos de un Régimen Auto-Seleccionado para la Pérdida Rápida de Masa Corporal en Atletas de Deportes de Combate

Vahur Ööpik, Saima Timpmann, Luule Medijainen, Mati Pääsuke y Jaan Ereline

*Institute of Exercise Biology and Physiotherapy, Centre of Behavioural and Health Sciences, University of Tartu, Tartu, Estonia.*

## RESUMEN

El propósito del estudio fue evaluar los efectos agudos del régimen auto seleccionado de pérdida rápida de masa corporal (RBML) sobre el rendimiento muscular y la respuesta metabólica al ejercicio en atletas de deportes de combate. Diecisiete atletas de sexo masculino ( $20.8 \pm 1,0$  años; Media  $\pm$  DE) redujeron su masa corporal en un  $5.1 \pm 1.1\%$  en un lapso de 3 días. La RBML fue alcanzada a través de una gradual reducción en la ingesta energética y de fluidos, y sesiones de sauna a temperatura moderada. Antes (Condición 1) e inmediatamente después (Condición 2) de la realización del régimen de pérdida rápida de masa corporal (RBML) se llevó a cabo una batería de tests. Los tests incluyeron medición del torque máximo de extensores de la rodilla a tres velocidades diferentes, determinación del trabajo total ( $W_{tot}$ ) realizado durante 3 min de ejercicio de extensión de rodilla y determinación de metabolitos sanguíneos (amoníaco, lactato, glucosa y urea). El torque pico absoluto fue menor en la Condición 2 que en la Condición 1 a velocidades angulares de  $1.57$  rad/s ( $218.6 \pm 40.9$  vs.  $234.4 \pm 42.2$  Nm;  $p = 0,013$ ) y  $3.14$  rad/s ( $100.3 \pm 27.8$  vs.  $111.7 \pm 26.2$  Nm;  $p = 0.008$ ). El torque pico relativo a la masa corporal no presentó cambios en ninguna velocidad. El  $W_{tot}$  absoluto fue menor en la Condición 2 que en la Condición 1 ( $6359 \pm 2326$  vs.  $7452 \pm 3080$  J respectivamente;  $p = 0.003$ ) al igual que el  $W_{tot}$  relativo a la masa corporal ( $89.1 \pm 29.9$  vs.  $98.6 \pm 36.4$  J/kg respectivamente;  $p = 0.034$ ). Como resultado de la RBML, la concentración de urea en el plasma aumentó de  $4.9$  a  $5.9$  mmol/L ( $p = 0.003$ ). La concentración de amoníaco en una muestra post-test en la Condición 2 mostró una tendencia a ser más alta que la encontrada en la Condición 1 ( $80.9 \pm 29.1$  vs.  $67.6 \pm 26.5$  mmol/L;  $p = 0.082$ ). Las respuestas del lactato y glucosa plasmática frente al ejercicio fueron similares en ambas condiciones. Concluimos que el régimen auto seleccionado de RBML perjudica el rendimiento muscular durante un ejercicio de intensidad intermitente de 3min y provoca un aumento en la concentración de urea en sangre en deportistas de sexo masculino expertos en deportes de combate.

**Palabras Clave:** luchadores, karatecas, resistencia muscular, torque pico, amoníaco, urea

## INTRODUCCION

La popularidad de los deportes de lucha y de otros tipos de deportes de combate se debe principalmente al sistema de categorías de peso que permite que atletas de todos los tamaños corporales puedan ser competitivos y exitosos. Sin embargo, muchos atletas (Horswill, 1992,; Kiningham y Gorenflo, 2001) que participan en los deportes con categorías de

peso creen que es necesario calificar para la categoría de peso más baja posible para obtener una ventaja competitiva. El deseo de alcanzar un peso bajo ha llevado a la práctica común de reducir la masa corporal en un corto período de tiempo antes de una competencia (Brownell et al., 1987; Kiningham y Gorenflo, 2001.; Wilmore, 2000). Desafortunadamente, esta práctica se ha extendido inclusive a los niños (Sansone y Aserrador, 2005).

Los métodos usados por atletas para lograr una pérdida rápida de masa corporal (RBML) pueden causar deshidratación, una mayor carga en el sistema cardiovascular, el deterioro del sistema termo-regulador, agotamiento de las reservas de glucógeno, hipoglucemia y pérdida de proteínas, electrolitos y vitaminas en el cuerpo, (Horswill, 1992.; Oppliger et al., 1996; Wilmore, 2000). Varios estudios han revelado el impacto negativo de la RBML sobre el rendimiento (Ööpik et al., 2002a; Rankin et al., 1996; Umeda et al., 2004; Webster et al., 1990). Sin embargo, los resultados de otros estudios han demostrado que algunas características del rendimiento no cambian (Fogelholm et al., 1993; Greiwe et al., 1998; Kraemer et al., 2001; Serfass et al., 1984) o incluso mejoran (Ahlman y Karvonen, 1961).

La diferencia entre los datos existentes respecto de los efectos del RBML sobre el rendimiento puede deberse a numerosos factores. En los diferentes estudios han sido empleados diferentes tests de rendimiento (Ahlman y Karvonen, 1961; Fogelholm et al., 1993; Rankin et al., 1996). Existen variaciones en la duración del período de recuperación permitida entre RBML y la evaluación del rendimiento (Ahlman y Karvonen, 1961; Fogelholm et al., 1993; Webster et al., 1990). Además, también se observaron diferencias en los métodos utilizados para inducir la RBML (Ahlman y Karvonen, 1961; Serfass et al., 1984; Webster et al., 1990) y la magnitud de la pérdida de masa corporal alcanzada (Ahlman y Karvonen, 1961; Fogelholm et al., 1993; Umeda et al., 2004; Webster et al., 1990). Se ha demostrado que la dieta consumida durante el régimen de RBML (Horswill et al., 1990a; McMurray et al., 1991) y la recuperación ( Rankin et al., 1996) influencia el metabolismo y el rendimiento. Por lo tanto, es difícil realizar conclusiones definitivas acerca de los efectos agudos de la RBML sobre el rendimiento en atletas de deportes de combate. Más aún, en los estudios mencionados, los métodos usados para inducir la RBML, en muchos casos habían sido establecidos por los investigadores y no escogidos por los sujetos. Así, los resultados de estos estudios podrían haber sido influenciados por el hecho de que los sujetos fueron instruidos para seguir un diseño experimental que no les permitió que emplearan el protocolo de RBML al que ellos estaban acostumbrados y habían practicado regularmente. En base a lo anterior, el objetivo principal del presente estudio fue evaluar los efectos agudos de un régimen auto-seleccionado de RBML sobre el rendimiento muscular y la respuesta metabólica a ejercicios de intensidad intermitente de 3-min en atletas de sexo masculino expertos en deportes de combate.

## MÉTODOS

### Sujetos

Diecisiete atletas saludables de sexo masculino bien entrenados en deportes de combate (12 luchadores y 5 karatekas) participaron voluntariamente en el estudio, el protocolo fue aceptado por el Comité de Ética de la Universidad. Para participar en el estudio los sujetos dieron su consentimiento informado por escrito. Al comienzo del estudio los valores de la edad, masa corporal y talla fueron  $20.8 \pm 1.0$  años,  $74.3 \pm 6.6$  kg y  $1.79 \pm 0.05$  m, respectivamente (los valores se expresan como media  $\pm$  DE). Los sujetos habían participado regularmente en entrenamientos de deportes de combate durante  $7.3 \pm 3.3$  años. Estaban habituados a reducir su masa corporal entre 4-7 veces para las competencias durante el período de competición. Esta pérdida de masa corporal característica del período pre-competencia era del orden de 4-6%. El estudio se llevó a cabo durante la segunda mitad del período competitivo.

### Protocolo de Estudio

El día 1 los sujetos concurren al laboratorio a las 16:00 (con 3 hs de estado post-absortivo). Se registró la masa corporal y se les solicitó que redujeran la masa corporal en un 5% para el segundo pesaje a las 16:00 del Día 4. Los sujetos escogieron por si mismos, según su experiencia previa, las técnicas que emplearían para la reducción de la masa corporal.

Sin embargo, se les solicitó que no utilizaran agentes farmacológicos y que realizaran un registro detallado de la comida ingerida y del entrenamiento realizado durante el período de RBML. La ingesta de energía de los sujetos durante una semana normal de entrenamiento fue registrada en un diario de comidas, y se registró el peso corporal durante 7-días, dos semanas antes del comienzo del estudio.

El rendimiento muscular evaluado dos veces: Día 1 antes RBML (Condición 1) con los sujetos con su masa corporal normal y en el Día 4 después de RBML (Condición 2) con los mismos sujetos pero con la masa corporal reducida.

### Pruebas de Rendimiento Muscular

Para determinar el torque pico de los músculos extensores de las rodillas y realizar un test de resistencia muscular utilizando un régimen de ejercicios de intensidad intermitente se utilizó un dinamómetro isocinético de tipo *Cybex II*. Los detalles acerca del test de rendimiento así como el procedimiento de calibración del dinamómetro antes de la evaluación de cada sujeto fueron descritos detalladamente por Ööpik et al. (1998).

Antes de cada test de evaluación, los sujetos realizaron su rutina habitual de entrada en calor. En el dinamómetro isocinético *Cybex II* se realizaron dos tests. Primero, los sujetos realizaron el ejercicio de extensión máxima de rodilla a velocidades 3 angulares: 1.57; 3.14 y 4.71 rad/s. En cada velocidad se realizaron tres intentos con un período de 10 s entre las sucesivas extensiones y un 1 min de descanso entre cada velocidad de evaluación. En cada contracción se midió el torque pico y se registró el mejor resultado de los tres intentos realizados con cada velocidad.

Luego de un período de recuperación de 5 min al finalizar las mediciones de torque pico, se realizó el test de resistencia muscular. Se utilizó un test especial que simulaba las actividades de los deportes de combate (por la duración total y la intensidad intermitente del trabajo realizado). El test consistió en extensiones de rodilla submaximas a una velocidad angular de 1.57 rad/s durante 45 s a una tasa de 30 contracciones por minuto seguidas por 15 s de esfuerzos máximos. La duración total del test fue de 3 min.

Se determinaron las siguientes variables: trabajo submáximo ( $W_{smax}$ ) (es decir el trabajo realizado durante cada período de 45 s de extensiones submáximas), trabajo máximo ( $W_{max}$ ) (trabajo realizado durante cada período de 15 s de extensiones máximas), y trabajo total ( $W_{tot}$ ) (la suma de  $W_{smax}$  y  $W_{max}$ ).

Para evitar el posible efecto del aprendizaje, los sujetos fueron familiarizados con los procedimientos de evaluación y por lo menos una semana antes del comienzo del estudio realizaron dos o tres tests de prueba. Investigaciones previas que realizamos con 16 sujetos bien entrenados revelaron que las variables determinadas en el test de resistencia muscular permanecían estables en atletas experimentados en deportes de combate durante un período de entrenamiento normal de 5 días sin alteraciones dietarias o de masa corporal (Ööpik et al., 2002b). En base a esta observación y teniendo en cuenta la naturaleza invasiva de los procedimientos empleados, en el presente estudio no se incluyó un grupo control.

### **Análisis Bioquímicos**

En ambas condiciones, se tomaron muestras de sangre pre y post test (4.5 mL) en la vena cubital media. Los participantes se sentaron durante por lo menos 5 min antes del procedimiento. Para facilitar la extracción de sangre, antes de insertar la aguja se realizó un torniquete durante unos segundos. La muestra pre-test fue obtenida después de la entrada en calor y la muestra post-test fue obtenida 5 min después de la finalización del test de resistencia muscular.

Las muestras de sangre fueron tratadas con ácido etilen diamino tetra acético (EDTA) para realizar la determinación de la concentración de la hemoglobina (método de la cianometahemoglobina) y del volumen de empaquetamiento celular (haematocrito por centrifugación).

Los valores obtenidos fueron utilizados para calcular los cambios en el volumen plasmático (Dill y Costill, 1974). La sangre restante fue inmediatamente refrigerada colocando los tubos *Vacutainer* en agua helada y a continuación fueron centrifugados. La concentración plasmática de amoníaco fue determinada siempre dentro de las 1.5 hrs posteriores a la extracción de sangre mediante instrumental de diagnóstico *Reanal Finechemical Co* (Hungría) N° 03931-2-99-80. El plasma restante se conservó a -25 °C hasta el momento en que se realizaron los análisis de los otros metabolitos utilizando instrumental de diagnóstico comercializados por *Biocon* (Alemania): N° 301 (lactato) y N° 4342 (glucosa) o por *Roche Diagnostics GmbH* (Alemania) N° 777510 (urea). Los coeficiente de variación intra-test para el amoníaco, lactato, glucosa y urea obtenidos en nuestro laboratorio fueron 2.7%, 1.0%, 1.2% y 1.0%, respectivamente (n = 10). Cada muestra fue analizada por duplicado.

### **Análisis Estadísticos**

Todos los datos se expresan como media ( $\pm$  DE). El modelo de distribución de los datos fue analizado a través del test de Kolmogorov-Smirnov de una muestra. Para identificar las diferencias entre los valores registrados antes y después de la RBML se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía para mediciones repetidas. Para establecer las diferencias entre las medias se utilizó la prueba t para muestras dependientes. La significancia estadística fue fijada a  $p < 0.05$  mientras que los valores de  $p < 0.1$  fueron considerados para indicar las tendencias. Para determinar la relación entre las variables se calcularon los coeficientes de correlación momento producto de Pearson. El análisis de potencia estadística se usó para los resultados que no fueron significativos.

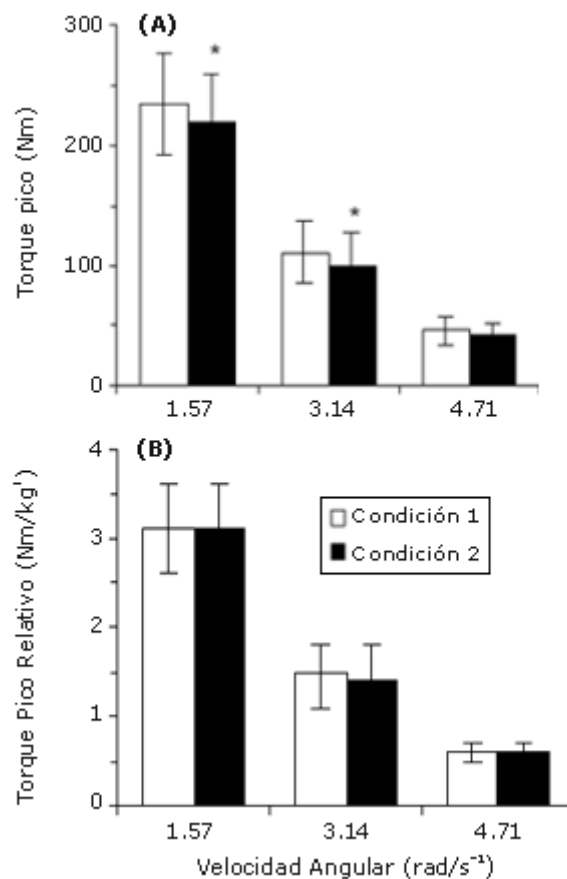
## RESULTADOS

---

En promedio, los sujetos redujeron su masa corporal en un  $5.1 \pm 1.1\%$  (de  $74.3 \pm 6.6$  kg a  $70.6 \pm 6.5$  kg;  $p < 0.0001$ ) en un lapso de tres días. Los informes de los sujetos revelaron que la RBML se alcanzó por una reducción gradual en la ingesta de energía y de fluidos y sesiones de sauna a temperatura moderada. Esto último sólo fue empleado durante las últimas 24 horas del período fijado para reducir la masa corporal. Los sujetos siguieron su programa de entrenamiento habitual durante el período de RBML dedicando 1.5 - 2 horas por día a ejercicios técnicos, combates de entrenamiento y desarrollando capacidades físicas específicas de los deportes.

El análisis de los datos nutricionales (utilizando el software *Micro-Nutrica 2,0*) reveló que la ingesta de energía diaria media de los sujetos durante una semana de entrenamiento normal fue de  $10019 \pm 978$  kJ ( $2397 \pm 234$  kcal) y la ingesta fluido media fue de  $2029 \pm 456$  mL. La ingesta de energía durante el período de RBML disminuyó de  $6376 \pm 3281$  kJ ( $1525 \pm 785$  kcal) consumidas durante el primer día a  $4759 \pm 3243$  kJ ( $1139 \pm 776$  kcal) y  $861 \pm 714$  kJ ( $206 \pm 171$  kcal) consumidas durante el segundo y tercer día, respectivamente. La ingesta de energía durante el último día de RBML fue significativamente menor en comparación con el primer ( $p = 0.001$ ) y segundo ( $p = 0.003$ ) día. En promedio, las grasas, proteínas y carbohidratos constituyeron el  $31.4 \pm 9.5\%$ ,  $13.3 \pm 4.8\%$  y  $55.3 \pm 10.8\%$ , respectivamente, de las calorías totales consumidas por los sujetos durante el período de RBML. La cantidad de proteínas consumida por los sujetos durante el primer, segundo y tercer día de período de RBML respecto a la masa corporal inicial fue  $0.67 \pm 0.37$  g/kg,  $0.52 \pm 0.43$  g/kg y  $0.11 \pm 0.17$  g/kg y la de carbohidratos fue  $2.66 \pm 1.43$  g/kg,  $2.09 \pm 1.14$  g/kg y  $0.45 \pm 0.40$  g/kg, respectivamente. La cantidad total de agua administrada con la bebida y la comida fue  $1280 \pm 733$  ml,  $1160 \pm 602$  ml y  $316 \pm 256$  mL durante el primero, segundo y tercer día, respectivamente. La cantidad de agua consumida durante el último día de RBML fue significativamente menor en comparación con el primer ( $p = 0.001$ ) y el segundo día ( $p = 0.002$ ).

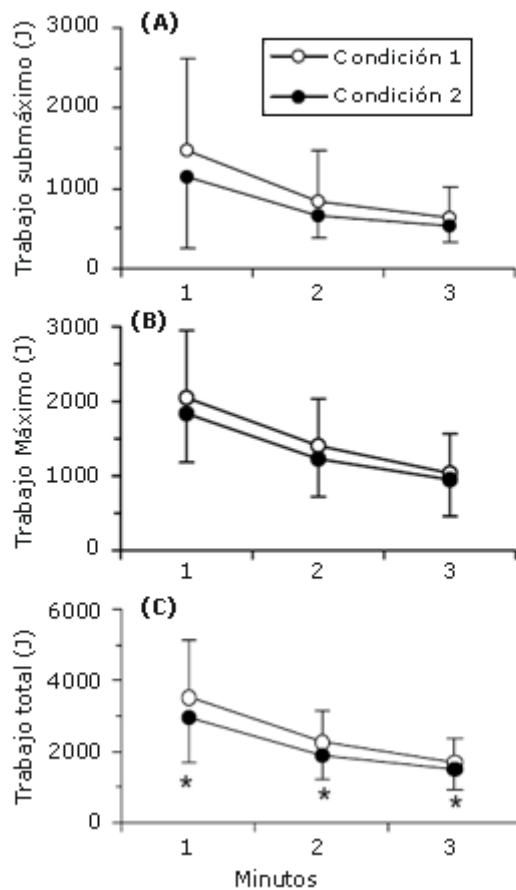
Los resultados de las mediciones de torque pico de los músculos extensores de rodilla se observan en la Figura 1A. El torque pico determinado después de la RBML (Condición 2) fue significativamente menor en comparación con los valores observados antes de la RBML (Condición 1) a velocidades angulares de 1.57 rad/s (6.7%;  $p = 0.013$ ) y 3.14 rad/s (10.2%;  $p = 0.008$ ). A la velocidad angular de 4.71 rad/s se observó una tendencia explícita hacia un más valor mas bajo (6.5%;  $p = 0.074$ ; potencia estadística = 0.13) (Figura 1A). Sin embargo, el torque pico relativo a la masa corporal permaneció sin cambios en las tres velocidades angulares evaluadas (Figura 1B).



**Figura 1.** Torque pico (A) y Torque pico relativo (B) de los músculos extensores de la rodilla, medido antes (Condición 1) y después de (Condición 2) la pérdida rápida de masa corporal en tres velocidades angulares diferentes. Los datos se muestran como Media (DE). \* Significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) del valor correspondiente en la Condición 1.

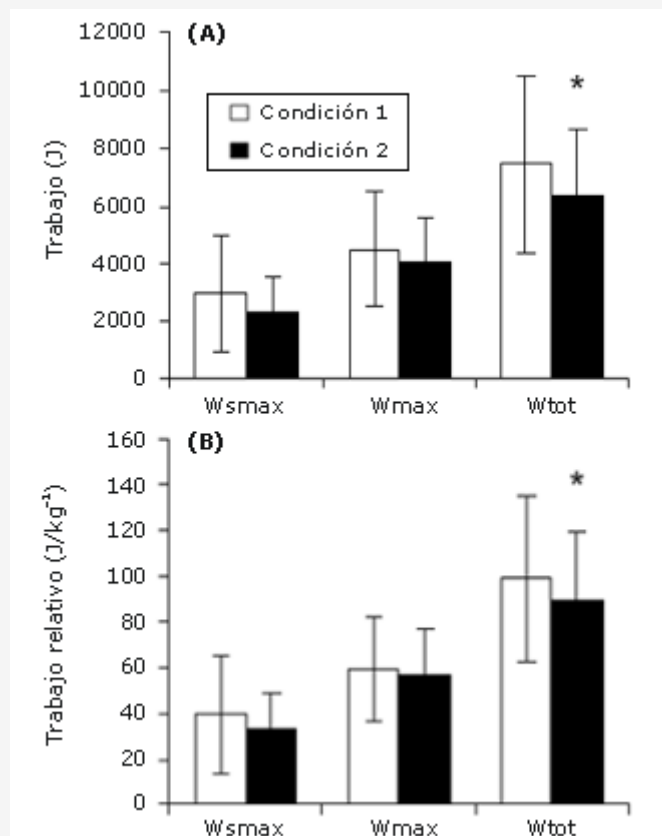
No se observaron diferencias estadísticas en la cantidad de  $W_{max}$  y  $W_{max}$  realizado por los sujetos en cada minuto del test de resistencia muscular (intervalo de potencia estadística 0.12-0.18) antes y después de la RBML (Figura 2A,B).

Sin embargo, la cantidad de  $W_{tot}$  fue significativamente menor después de la RBML (Condición 2) en comparación con el valor determinado en la Condición 1. Esta disminución fue del 15.6% ( $p = 0.022$ ), 15.8% ( $p = 0.002$ ) y 11.2% ( $p = 0.011$ ) durante el primer, segundo y tercer minuto, respectivamente (Figura 2C).



**Figura 2.** Trabajo realizado en cada minuto del test de resistencia muscular antes (Condición 1) y después de (Condición 2) de la pérdida rápida de masa corporal. (A), Trabajo Submáximo; (B) Trabajo máximo y (C) Trabajo total. Los datos se expresan como Medias (DE). \* Significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) del valor correspondiente en la Condición 1.

De manera similar, se observó una disminución significativa en el  $W_{tot}$  (14.7%;  $p = 0.003$ ) realizado durante toda la prueba de resistencia muscular de 3-min (Figura 3A), mientras que con respecto al  $W_{max}$  solo se observó una leve tendencia hacia un valor más bajo (10.6%;  $p = 0.097$ ; potencia estadística = 0.12). El trabajo total ( $W_{tot}$ ) también disminuyó significativamente (9.6%;  $p = 0.034$ ) respecto a la masa corporal (Figura 3B).



**Figura 3.** (A) Trabajo Submáximo ( $W_{smax}$ ), máximo ( $W_{max}$ ) y total ( $W_{tot}$ ) y (B) Trabajo Submáximo ( $W_{smax}$ ), máximo ( $W_{max}$ ) y total ( $W_{tot}$ ) relativos realizados durante el test completo de resistencia muscular de 3 min antes (Condición 1) y después de (Condición 2) la pérdida rápida de masa corporal. Los datos se expresan como Medias (DE). \* Significativamente diferente ( $p < 0.05$ ) del valor correspondiente en la Condición 1.

La agrupación de los datos obtenidos antes y después de RBML reveló una relación significativa entre la masa corporal y el torque máximo absoluto a velocidades angulares de 1.57 rad/s ( $r = 0.604$ ;  $p < 0.001$ ), 3.14 rad/s ( $r = 0.550$ ;  $p = 0.001$ ) y 4.71 rad/s ( $r = 0.613$ ;  $p < 0.001$ ).

Además, se observó una relación significativa entre la masa corporal y el  $W_{tot}$  ( $r = 0.656$ ;  $p < 0.001$ ),  $W_{tot}$  relativo a la masa corporal ( $r = 0.490$ ;  $p = 0.003$ ),  $W_{max}$  ( $r = 0.645$ ;  $p < 0.001$ ),  $W_{max}$  relativo a la masa corporal ( $r = 0.476$ ;  $p = 0.004$ ) y  $W_{smax}$  ( $r = 0.392$ ;  $p = 0.022$ ). Sin embargo, las relaciones entre el cambio en la masa corporal y los cambios en los índices de torque máximo,  $W_{tot}$ ,  $W_{max}$  y  $W_{smax}$  durante la RBML no fueron estadísticamente significativas.

La concentración de hemoglobina y el hematocrito se incrementaron entre las mediciones pre y post test tanto en la Condición 1 como en la Condición 2 (Tabla 1). Se observó un aumento significativo en la concentración de la hemoglobina ( $p = 0.0008$ ) y del hematocrito ( $p = 0.0008$ ) como resultado de la RBML (Tabla 1).

RBML causó una disminución promedio en el volumen plasmático de  $6.0 \pm 4.4\%$ . La disminución en el volumen de plasma como resultado de las pruebas de rendimiento fue similar en ambas condiciones (Tabla 1).

Metabolito	Condición 1		Condición 2	
	Pre 1	Post 1	Pre 2	Post 2
Amoniaco (µmol/L)	20,3 (10,0)	67,6 (26,5)*	19,6 (9,7)	80,9 (29,1) *
Lactato (mmol/L)	1,8 (0,7)	6,9 (1,9) *	1,6 (0,8)	6,9 (2,2) *
Glucosa (mmol/L)	4,1 (0,7)	3,9 (0,9)	4,0 (0,9)	3,9 (0,9)
Urea (mmol/L)	4,9 (0,8)	4,9 (0,8)	5,9 (1,2) †	5,9 (1,1) †
Hematocrito (%)	42,9 (2,5)	44,7 (3,0) *	44,8 (2,0) †	46,0 (2,7) * †
Hemoglobina (g/100 mL)	14,0 (0,9)	14,5 (1,1) *	14,4 (0,9) †	15,0 (1,1) * †
Cambios en el volumen de plasma (%)	-6,6 (4,4)		-5,6 (3,8)	

**Tabla 1.** Cambios en los parámetros bioquímicos y en el volumen plasmático durante los tests de rendimiento antes (Condición 1) y después (Condición 2) de la pérdida rápida de masa corporal. Los datos se presentan como Media (DE). Pre 1= Datos correspondientes a la muestra de sangre obtenida antes de realizar el test de rendimiento en la condición 1; Post 1= Datos correspondientes a la muestra de sangre obtenida después de realizar el test de rendimiento en la condición 1; Pre 2= Datos correspondientes a la muestra de sangre obtenida antes de realizar el test de rendimiento en la condición 2 y Post 2= Datos correspondientes a la muestra de sangre obtenida después de realizar el test de rendimiento en la condición 2. \* Representa diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con el correspondiente valor Pre; † Representa diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con el correspondiente valor obtenido en la Condición 1.

La concentración plasmática de amoníaco de los sujetos aumentó significativamente ( $p < 0.001$ ) como resultado de las pruebas de rendimiento antes y después de la RBML (Tabla 1). La concentración de amoníaco en la muestra de sangre el post-test en la Condición 2 (Post 2) presentó una tendencia a superar a la obtenida en la Condición 1 (Post1) (19.6%;  $p = 0.082$ ; potencia estadística = 0.27).

Se observó un aumento significativo ( $p < 0.001$ ) en la concentración plasmática de lactato de los sujetos inducido por los tests de rendimiento en ambas ocasiones, antes (Condición 1) y después (Condición 2) de la RBML (Tabla 1). La concentración absoluta de lactato en el plasma así como la magnitud del cambio durante los tests de rendimiento fueron similares en las diferentes condiciones de masa corporal (Tabla 1).

No se observó efecto de los tests de rendimiento o del estado de masa corporal en la concentración de la glucosa plasmática de los sujetos (Tabla 1). Tampoco se observó efecto del test de rendimiento en la concentración de urea en el plasma (Tabla 1). Sin embargo, como resultado de la RBML (Condición 1 vs Condición 2) se registró un aumento pronunciado en el nivel de urea (20.4%;  $p = 0.003$ ) (Tabla 1).

## DISCUSION

Se considera que la pérdida neta de agua corporal es el principal mecanismo a través de cual se logra la pérdida rápida de masa corporal (RBML) en un período de tiempo limitado (Wilmore, 2000). Considerado los métodos empleados por los sujetos en esta investigación para el manejo de la masa corporal, es evidente que la deshidratación fue provocada principalmente a través de la restricción en la ingesta de fluidos y del aumento en la pérdida de agua a través de la transpiración. La deshidratación se reflejó en una disminución del 6.0% en el volumen de plasma. Estudios previos han demostrado que la capacidad de rendimiento físico en ejercicios de alta intensidad puede ser perjudicada significativamente incluso en niveles de deshidratación bajos (1.8-2%) (Burge et al., 1993; Walsh et al., 1994).

Los datos nutricionales de nuestros sujetos muestran que durante el período de RBML además del menor consumo total de energía en las comidas, también fue más baja la ingesta de carbohidratos. La determinación del efecto de la RBML sobre el contenido de glucógeno en los músculos esqueléticos utilizando el método directo (análisis de una muestra por biopsia) sólo se ha realizado en algunos estudios. Los resultados muestran que una RBML del 5-8% puede estar acompañada por una disminución significativa (36-54%) en la concentración de glucógeno muscular (Burge et al., 1993; Houston et al., 1981; Tarnopolsky et al., 1996). Por lo tanto, aunque en el presente estudio el glucógeno muscular no fue determinado, probablemente en nuestros sujetos las reservas de glucógeno hayan disminuido como resultado del menor consumo de carbohidratos durante la RBML y esto podría haber contribuido con la disminución en la capacidad de resistencia muscular en ejercicios de intensidad intermitente.

El resultado principal de nuestro estudio fue la reducción significativa en  $W_{tot}$  realizado durante la prueba de resistencia



muscular de 3-min luego de RBML (Condición 2) en comparación con el valor determinado en la Condición 1. Además, el  $W_{tot}$  no sólo fue mas bajo en términos absolutos si no que también fue menor cuando los resultados se expresaron por kilogramo de masa corporal. También como resultado de la RBML se observó una reducción significativa en el torque máximo de los músculos extensores de rodilla a bajas velocidades angulares cuando se expresó en términos absolutos. Por otro lado, el torque máximo respecto a la masa corporal no presentó diferencias en ninguna de las velocidades angulares evaluadas. Estos datos en conjunto sugieren que el régimen auto-seleccionado de RBML tuvo un efecto perjudicial más marcado en la capacidad de resistencia muscular (reducción en  $W_{tot}$  relativo y absoluto) que en la capacidad para realizar un esfuerzo máximo único (reducción en el torque pico absoluto pero no en el torque pico relativo).

La disminución en el  $W_{tot}$  observada en el presente estudio coincide con los resultados publicados por otros investigadores (Hickner et al., 1991; Rankin et al., 1996). Tanto Hickner et al. (1991) como Rankin et al. (1996) emplearon un test intermitente consistente en una ergometría de brazos de alta intensidad, de 6 y 5 min de duración, respectivamente. La duración total del test de resistencia muscular usada en el presente estudio fue sólo de 3 min. Así, nuestros resultados aportan nuevos datos al conocimiento actual sobre los efectos de la RBML demostrando que la misma reduce la capacidad de rendimiento físico incluso durante períodos cortos de ejercicio de alta intensidad.

En consecuencia, los cambios recientes en las reglas de los deportes de lucha, que incluyen la reducción en la duración del combate, no han reducido la probabilidad de que la RBML tenga un impacto negativo en la capacidad de rendimiento físico en los luchadores.

En karatekas se observó una tendencia hacia la disminución en la capacidad de trabajo después de una RBML del 4.3% (Ööpik et al., 1998). En otros dos experimentos, la magnitud de la pérdida de masa corporal fue del 3.3% (Rankin et al., 1996) y 4.6% (Hickner et al., 1991) y la reducción correspondiente en el rendimiento fue del 3.3% (Hickner et al., 1991) y 7.6% (Rankin et al., 1996). Los datos presentados en este trabajo junto con los resultados obtenidos por Hickner et al. (1991) y Rankin et al. (1996) sugieren fuertemente que la RBML en porcentajes que van desde el 3.3 al 5.1% perjudican el tren superior del cuerpo así como también la función muscular del tren inferior durante ejercicios de intensidad intermitente en atletas que practican deportes de combate. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la masa corporal media de los sujetos estudiados fue  $70.0 \pm 3.3$  kg ( $n = 6$ ) (Rankin et al., 1996),  $87.2 \pm 4.8$  kg ( $n = 5$ ) (Hickner et al., 1991) y  $74.3 \pm 6.6$  kg (presente estudio).

De esta manera, cualquier conclusión acerca del efecto de la RBML sobre la capacidad de resistencia muscular en atletas de deportes de combate de pesos superiores o inferiores a los evaluados debería ser considerada con precaución. Webster et al. (1990) evaluaron el efecto de la RBML sobre el rendimiento isocinético de la articulación de la rodilla en luchadores y observaron que la RBML del 5 % no tuvo efectos sobre el torque pico de extensión o flexión de rodilla tanto a velocidades altas como bajas. Un estudio previo de nuestro grupo (Ööpik et al., 1998) reveló que en karatekas bien entrenados, una RBML del 4.3% causó una disminución el torque pico de extensión de rodilla a una velocidad angular de 4.71 rad/s mientras que a velocidades de 1.57 y 3.14 rad/s no se observó ningún cambio. De modo similar, Kraemer et al. (2001) observaron que en luchadores universitarios una pérdida de masa corporal de aproximadamente 6% durante una semana causó una reducción significativa en el torque pico de extensión de la rodilla a una velocidad angular de 5.24 rad/s pero no a una velocidad de 1.05 rad/s. Por el contrario, luego de la pérdida de masa corporal el torque pico de extensión de codo disminuyó en la velocidad angular baja pero no en la velocidad angular alta (Kraemer et al., 2001). Sin embargo, los datos de Kraemer et al. (2001) no son totalmente comparables con nuestros datos (Ööpik et al., 1998; Figura 1A y B en el presente estudio) porque Kraemer et al. midieron el torque máximo después de un período de recuperación de 12 h luego de la pérdida de masa corporal. Así, los datos disponibles muestran que el efecto agudo de la RBML sobre el torque máximo podría depender tanto del grupo muscular involucrado como de la velocidad de movimiento empleada durante la medición. Nuestros resultados sugieren que se mantiene la capacidad de los extensores de la rodilla para desarrollar el torque pico en relación con la masa corporal, mientras que la capacidad de resistencia muscular se reduce a causa del régimen auto seleccionado de RBML en atletas entrenados en deportes de combate. A pesar de que la relación entre el torque máximo y la masa corporal se mantiene después de la RBML, ésta no proporciona ninguna ventaja en relación con el rendimiento porque la capacidad absoluta para el desarrollo del torque pico ha sido claramente perjudicada, especialmente con velocidades angulares bajas.

El análisis de correlación reveló que existe una relación significativa entre la masa corporal y diferentes índices de rendimiento muscular (ver Resultados). Sin embargo no se encontró ninguna relación, entre el cambio en la masa corporal y los cambios en los índices de rendimiento muscular durante la RBML. Estos hechos sugieren que la causa del deterioro de la capacidad de resistencia muscular en nuestros sujetos fue más bien el régimen de RBML auto seleccionado y no la magnitud de la RBML.

En muchos estudios se ha observado un aumento considerablemente menor en la concentración de lactato en sangre luego de la reducción de la masa corporal en comparación con la masa corporal normal (Horswill et al., 1990a; Burge et al., 1993; Rankin et al., 1996) y este resultado ha sido interpretado como una medida indirecta de la disminución de las

reservas de glucógeno en el organismo (Horswill et al., 1990a; Rankin et al., 1996). Por el contrario, los datos publicados por dos grupos de investigadores (Caldwell et al., 1984; Spencer y Katz, 1991) muestran que la respuesta del lactato en sangre frente a ejercicios de alta intensidad no está necesariamente relacionada con la concentración de glucógeno en los músculos. Por lo tanto, la falta de cambios en la respuesta del lactato en sangre frente a las pruebas de rendimiento no debería tomarse como evidencia de que durante la RBML se mantienen las reservas de glucógeno muscular.

Se observó una tendencia explícita hacia el incremento en la acumulación de amoníaco en sangre durante la Condición 2 en comparación con la Condición 1. La concentración de amoníaco en sangre durante el ejercicio de alta intensidad podría ser considerada como un marcador de la degradación de nucleótidos de adenina (Lowenstein, 1972). De esta manera, el aumento en la acumulación de amoníaco en sangre podría reflejar una tendencia a una menor capacidad de resíntesis de trifosfato de adenosina y de un aumento en la tasa de degradación de nucleótidos de adenina en los músculos esqueléticos que se están contrayendo intensamente después de la RBML. El aumento en la concentración de urea en el plasma acompañado por la RBML confirma nuestros resultados previos (Ööpik et al., 1998). La magnitud del aumento en el nivel de urea en el plasma (20.4%) en nuestros sujetos fue similar al informado por Horswill et al. (1990b) (21.2%) para luchadores pertenecientes a escuelas secundaria que redujeron la ingesta de alimentos y perdieron 3.5% de su masa corporal a lo largo de 7 semanas al comienzo de una temporada de lucha libre. Se observó una diferencia significativa entre las concentraciones de urea medidas antes y después de la RBML aún después de ajustar los valores de urea según los cambios individuales en el volumen plasmático ( $4.9 \pm 0.8$  vs.  $5.6 \pm 1.3$  mmol/L;  $p = 0.027$ ). No es posible que la ingesta de proteínas estuviera relacionada con la elevada producción de urea en nuestros sujetos debido a que la ingesta de proteínas y de energía fueron reducidas, no aumentadas, durante el período de RBML. Por lo tanto, el aumento en la concentración de urea en el plasma podría ser causado por cambios en la función renal y/o por una mayor tasa de degradación de proteínas en los tejidos. Esta última sugerencia coincide con los resultados de Walberg et al. (1988) en los cuales una ingesta de proteínas de 0.8 g/kg / día no fue suficiente para mantener el balance de nitrógeno durante el período de RBML, mientras que la ingesta de 1.6 g/kg/día sí fue suficiente. En nuestros sujetos la cantidad de proteínas ingeridas fue de  $0.67 \pm 0.37$  g/kg durante el primer día hasta  $0.11 \pm 0.17$  g/kg, durante el tercer día de la RBML. Más aún, Roemmich y Sinning (1997) reportaron que la restricción dietaria estuvo relacionada con una pérdida de masa corporal del 3.8% acompañada por efectos adversos sobre los niveles nutricionales de las proteínas (niveles reducidos de prealbumina en sangre, y un incremento más lento de las secciones transversales de los músculos de los brazos y de los muslos) y por una disminución en el rendimiento muscular en adolescentes luchadores durante una temporada de lucha libre. Estos datos junto con los presentados en el presente trabajo sugieren que los métodos aplicados por los atletas de deportes de combate para lograr una RBML podrían alterar el equilibrio entre la síntesis y la degradación de las proteínas en el cuerpo y como consecuencia podrían dañar el rendimiento muscular. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones adicionales antes de realizar cualquier conclusión definitiva con respecto a este tema.

Los datos del presente estudio revelan que el efecto agudo del régimen auto-seleccionado de RBML es dañar el rendimiento muscular. Kraemer et al. (2001) han demostrado que el torneo de lucha acentúa los efectos fisiológicos y de rendimiento de la RBML y su impacto es progresivo en los dos días de competencia. Nosotros creemos que los atletas, entrenadores y médicos del equipo deberían considerar esta información no solo en la preparación para una determinada competencia, si no que también cuando se diseñan planes estratégicos para el desarrollo a largo plazo de atletas en deportes de combate.

## CONCLUSION

En conclusión, la RBML alcanzada a través del régimen auto seleccionado (restricción en la ingesta de energía y de fluidos, deshidratación térmica y ejercicios) perjudica el rendimiento muscular en ejercicios de intensidad intermitente de 3-min y provoca un aumento en la concentración de urea en la sangre en atletas entrenados en deportes de combate.

### Puntos Clave

Estudios previos han revelado un efecto negativo de la pérdida rápida de masa corporal sobre el rendimiento. Sin embargo, existen algunas características del rendimiento que pueden no cambiar y hasta incluso mejorar.

En los estudios previos, los métodos utilizados para inducir la rápida pérdida de masa corporal han sido prescritos por los investigadores y no seleccionados por los sujetos. La duración de los tests, la cual ha mostrado verse negativamente afectada por la rápida pérdida de masa corporal, también ha sido bastante larga en los estudios previos (5-6 min).

En el presente estudio se valoraron los efectos agudos de un régimen auto-seleccionado para la rápida pérdida de masa corporal sobre el rendimiento muscular y la respuesta metabólica a un ejercicio de intensidad intermitente de 3 min en

atletas de combate experimentados de sexo masculino.

Los resultados sugieren que el régimen para la rápida pérdida de masa corporal desmejora el rendimiento durante la realización de ejercicios de alta intensidad de 3 min de duración e induce un incremento en la concentración sanguínea de urea. Por lo tanto, los recientes cambios en las reglas de algunos eventos (lucha), que incluyen la reducción de la duración del combate, no reducen la probabilidad de que un régimen para la rápida pérdida de masa corporal tenga efectos negativos sobre la capacidad de rendimiento de los atletas.

## Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por la ayuda financiera No. 1787 del Ministerio de Educación e Investigación de Estonia, y su contenido es responsabilidad solamente de los autores y no necesariamente representan opiniones oficiales del Ministerio de Educación e Investigación. Los autores desean agradecer al Dr. Tamara Janson, PhD. Helena Gapeyeva, y Señorita Helen Kaptein por su excelente asistencia técnica.

## REFERENCIAS

1. Ahlman, K. and Karvonen, M.J (1961). Weight reduction by sweating in wrestlers, and its effect on physical fitness. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1, 58-62
2. Brownell, K.D., Steen, S.N. and Wilmore, J.H (1987). Weight regulation practices in athletes: analysis of metabolic and health effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19, 546-556
3. Burge, C.M., Carey, M.F. and 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
4. Caldwell, J.E., Ahonen, E. and Nousiainen, V (1984). Differential effects of sauna-, diuretic- and exercise-induced hypohydration. *Journal of Applied Physiology* 57, 1018-1023
5. Dill, D.B. and Costill, D.L (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology* 37, 247-248
6. Fogelholm, G.M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T. and 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
7. Greiwe, J.S., Staffey, K.S., Melrose, D.R., Narve, M.D. and Knowlton, R.G (1998). Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30, 284-288
8. Hickner, R.C., Horswill, C.A., Welker, J.M., Scott, J., Roemmich, J.N. and Costill, D.L (1991). Test development for the study of physical performance in wrestlers following weight loss. *Inter-national Journal of Sports Medicine* 12, 557-562
9. Horswill, C.A (1992). Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Medicine* 14, 114-143
10. Horswill, C.A., Hickner, R.C., Scott, J.R., Costill, D.L. and Gould, D (1990). Weight loss, dietary carbohydrate modifications, and high intensity, physical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22, 470-476
11. Horswill, C.A., Park, S.H. and Roemmich, J.N (1990). Changes in the protein nutritional status of adolescent wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22, 559-604
12. Houston, M.E., Marrin, D.A., Green, H.J. and Thomson, J.A (1981). The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *The Physician and Sportsmedicine* 9, 73-78
13. Kiningham, R.B. and Gorenflo, D.W (2001). Weight loss methods of high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 810-813
14. 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. and Fleck, S.J (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 1367-1378
15. Lowenstein, J.M (1972). Ammonia production in muscle and other tissues: the purine nucleotide cycle. *Physiological Reviews* 52, 382-414
16. McMurray, R.G., Proctor, C.R. and Wilson, W.L (1991). Effect of caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *International Journal of Sports Medicine* 12, 167- 172
17. Oppliger, R.A., Case, H.S., Horswill, C.A., Landry, G.L. and Shelter, A.C (1996). American College of Sports Medicine position stand. Weight loss in wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28, ix-xii
18. Rankin, J.W., Ocel, J.V. and 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
19. Roemmich, J.N. and Sinning, W.E (1997). Weight loss and wrestling training: effects on nutrition, growth, maturation, body composition, and strength. *Journal of Applied Physiology* 82,1751-1759
20. Sansone, R.A. and Sawyer, R (2005). Weight loss pressure on 5 year old wrestler. *British Journal of Sports Medicine* 39, e2
21. Serfass, R.C., Stull, G.A., Alexander, J.F. and 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 for Exercise and Sport* 55, 46-52
22. Spencer, M.K. and Katz, A (1991). Role of glycogen in control of glycolysis and IMP formation in human muscle during exercise.

23. Tarnopolsky, M.A., Cipriano, N., Woodcroft, C., Pulkkinen, W.J., Robinson, D.C., Henderson, J.M. and MacDougall, J.D (1996). Effects of rapid weight loss and wrestling on muscle glycogen concentration. *Clinical Journal of Sport Medicine 6, 78-84*
24. 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*
25. Walberg, J.L., Leidy, M.K., Sturgill, D.J., Hinkle, D.E., Ritchey, S.J. and Sebolt, D.R (1988). Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *International Journal of Sports Medicine 9, 261-266*
26. Walsh, R.M., Noakes, T.D., Hawley, J.A. and Dennis, S.C (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International Journal of Sports Medicine 15,392-398*
27. Webster, S., Rutt, R. and Weltman, A (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise 22, 229-234*
28. Wilmore, J.H (2000). Weight category sports. In: *Nutrition in Sport. Ed: Maughan, R.J. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd. 637-645*

### **Cita Original**

Saima Timpmann, Vahur Ööpik, Mati Pääsuke, Luule Medijainen and Jaan Ereline. Acute Effects of Self-Selected Regimen of Rapid Body Mass Loss in Combat Sports Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine* (2008) 7, 210 - 217.