



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



Departamento de Educación Física y Deportiva  
Gorputz eta Kirol Hezkuntzako Saila

Universidad del País Vasco

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

TRABAJO DE FIN DE GRADO

# **ANÁLISIS DE LA FUERZA PREVIA A LA COMPETICIÓN EN KICK BOXING**

Eneko Baz Valle

Tutor: Rafael Sagastume Fernandez

Curso académico: 2014-2015  
Departamento de Educación Física y Deportiva



## Índice

1. ABSTRACT .....	4
2. BIOENERGÉTICA Y SISTEMAS ENERGÉTICOS EN LOS DEPORTES DE CONTACTO .....	5
3. MANIFESTACIONES DE FUERZA EN LOS DEPORTES DE CONTACTO .....	7
4. PRODUCCIÓN DE FUERZA Y LAS ADAPTACIONES DEL ENTRENAMIENTO .....	8
5. LA RESTRICCIÓN CALÓRICA .....	12
6. TÉCNICAS DE PÉRDIDA Y REDUCCIÓN DE PESO .....	15
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
7.1 Sujetos .....	16
7.2 Diseño experimental .....	17
7.3 Optojump y potencia del tren inferior: .....	18
7.4 Cargas progresivas y cálculo de RM para la fuerza dinámica máxima: .....	20
8. RESULTADOS .....	22
9. DISCUSIÓN.....	28
10. CONCLUSIÓN .....	32
11. REFERENCIAS .....	33

## 1. ABSTRACT

El objetivo del siguiente trabajo es analizar los efectos sobre la fuerza máxima y la potencia que conlleva una rápida pérdida de peso por una alta restricción calórica en un tiempo de tres semanas pre-competitivas. Dentro de la naturaleza de este tipo de deportes, la pérdida de peso en periodos cortos de tiempo es muy habitual y lo que se quiso demostrar con el trabajo es que puede ser contraproducente.

Cuatro atletas, luchadores de Jiu Jitsu Brasileño y Kick Boxing, se ofrecieron como único grupo experimental, teniendo una competición real y siguiendo con cada uno de los métodos de pérdida de peso; se realizó el primer test las tres semanas previas, y el re-test el día anterior de la competición. Los ejercicios realizados para los diferentes test, fueron el press banca y el salto vertical.

Después de las tres semanas de restricción calórica, se observaron pérdidas en los valores absolutos de fuerza máxima, y en el pico de potencia máximo del tren inferior, pudiéndose ver resultados menos concluyentes en el test de potencia del tren superior. En conclusión, este trabajo muestra el descenso del rendimiento en dos manifestaciones neuromusculares importantes si se busca el éxito en los deportes de contacto.

## 2. BIOENERGÉTICA Y SISTEMAS ENERGÉTICOS EN LOS DEPORTES DE CONTACTO

Los deportes de contacto se basan en la lucha individual contra un oponente, donde solo puede haber un ganador. Las diferentes competiciones están constituidas por las reglas de las federaciones correspondientes y para que uno de los dos contrincantes gane, tendrá que cumplir con las reglas establecidas. Por norma general, los deportes de contacto están divididos en asaltos (rounds), y ganará el que más puntos consiga o el que quede en pie antes de cumplir el tiempo estimado.

Los deportes de contacto se caracterizan por acciones de altas e intermitentes intensidades seguidas de periodos de intensidades más bajas (*Matsushigue, Hartmann & Franchini, 2009*). Estas acciones de altas intensidades son las que van a marcar la diferencia en cuanto al rendimiento y el resultado de la competición; basadas en acciones de fuerza explosiva expresada en el CEA (ciclo estiramiento-acortamiento) y constituidas en el sistema energético anaeróbico aláctico (*Markovic et al., 2005*).

Uno de los marcadores de intensidad que más se ha analizado en este campo es el ratio de trabajo y descanso, que marca la relación entre las acciones y los descansos; variable que muestra las recuperaciones en competición y con la que se puede analizar el metabolismo predominante (*Matsushigue, et al., 2009*).

Siguiendo este camino, hay que diferenciar dos tipos de deportes de contacto: Los de lucha como el Jiu Jitsu Brasileño (BJJ) y el judo, y los de distancia, como el Kick Boxing (KB) y el Taekwondo. Esta distinción es necesaria, ya que las necesidades fisiológicas y condicionales son ligeramente distintas.

Matsushigue et al (2009), analizan las secuencias de esfuerzo y recuperación, así como el ratio de trabajo-recuperación. En el taekwondo se ve que las acciones de altas intensidades son selectas y van precedidas de intervalos largos de predominio aeróbico que interviene en la aceleración de los mecanismos de recuperación. De este modo, el ratio de trabajo-descanso en el taekwondo ronda el 1:7. Siendo el componente que marca el rendimiento la vía

anaeróbica aláctica, y teniendo como base la vía aeróbica y con muy poca utilización de la vía anaeróbica láctica (*Campos et al., 2012*).

Entre los deportes de contacto de distancia, tenemos el Kick boxing y el Muay Thai (bastante menos estudiados), donde la secuencia de esfuerzo (SE), y la secuencia de recuperación (SR) varían en comparación al Taekwondo. Tendríamos ratios de 1:1 y 2:3, donde las acciones de altas intensidades son más abundantes (*Turner, 2009*), que implican la utilización del metabolismo aláctico y la implicación de las fibras de contracción rápida. Las recuperaciones son más cortas, que llevan a una incompleta recuperación y re síntesis de fosfágenos. Esta recuperación incompleta no da tiempo a la eliminación de algunos metabolitos ( $H^+$  y  $Pi$ ) que finalmente deriva en una acumulación de lactato (producida por la activación de glucólisis anaeróbica) y fatiga muscular (*Campos et al., 2012; Ibrahim et al., 2014*).

La fatiga se va acumulando por el descanso incompleto y el paso del tiempo en el combate; esto se puede ver en los valores de lactato en sangre que empiezan con valores cercanos a los 8 mmol/l y van subiendo hasta alcanzar los 14 mmol/l en kick boxing (*Ibrahim et al., 2014*).

En un estudio de Amtmann et al (2008), se pueden ver valores de lactato en competidores de MMA en competición entre los 10 y 20 mmol/l. Lo que muestra un gran cúmulo de fatiga y utilización de los metabolismos anaeróbico láctico y aláctico.

En el extremo de lucha como el Judo, tenemos la presencia de las diferentes manifestaciones de la fuerza durante todo el combate. Largo tiempo a altas intensidades con abundantes picos explosivos y sin tiempo suficiente para la recuperación (*Blasco, 2009*).

En diferentes estudios se puede ver como el mayor porcentaje de SE se sitúa entre los 11 y 20 segundos, y el 80% de la SR por debajo de los 10 segundos (*Pulkkinen, 2010*). Es por esto que el judoka se va a encontrar con situaciones de alta acidosis, que van a condicionar la utilización de las diferentes manifestaciones de fuerza. Por lo tanto, las vías de producción y

eliminación del lactato tienen que estar entrenadas de manera óptima y poder rendir en situaciones de acidosis y fatiga.

García et al (2007), demuestran que los altos valores de lactato en los luchadores son los responsables de la fatiga muscular y la pérdida de fuerza, que principalmente afectan al rendimiento de los judokas, y sobre todo a la pérdida de la eficacia técnica en los judokas novatos.

No se puede hacer un perfil energético único para todos los deportes de contacto, pero se pueden dividir en subgrupos y juntar las características comunes que pueden compartir las diferentes modalidades.

Una vez entendido esto, es necesario pasar a explicar las funciones y manifestaciones de la fuerza; así como, de dónde procede la energía y cuáles son las fuentes principales.

### **3. MANIFESTACIONES DE FUERZA EN LOS DEPORTES DE CONTACTO**

La principal manifestación de fuerza común en los deportes de contacto es la fuerza explosiva. En todas las modalidades interesa producir los mayores niveles de fuerza en el tiempo que permita la situación concreta del combate. Al mismo tiempo estos valores de fuerza explosiva deben estar acompañados de valores elevados de fuerza máxima, tanto dinámica como isométrica (*Nacleiro, 2010*).

Una diferencia de manifestación de fuerza en los dos subgrupos ya mencionados, es la fuerza isométrica que se manifiesta en el agarre de los deportes de lucha (Judo en este caso); el agarre tiene una gran importancia, y esta fuerza isométrica se presenta de forma máxima y de resistencia (*García et al., 2007*). Siguiendo por el camino de los deportes de lucha, en el Wrestling al igual que en todos los deportes de contacto, el requerimiento de fuerza máxima dinámica y fuerza explosiva es crítico (*Kraemer, 2002*), pero con estas manifestaciones, se justifica la necesidad de índices altos de fuerza isométrica máxima, donde se puede ver una relación directa con los valores altos de fuerza dinámica máxima (*McGuigan, Winchester & Erickson, 2006*).

Esto se da, porque el combate de Wrestling consiste en movimientos dinámicos de tren superior e inferior combinados con la necesidad del agarre isométrico para el mantenimiento de ciertas posiciones (*Stone et al., 2002*).

Dentro del grupo de los deportes de distancia, las técnicas de golpeo del Muay Thai (con características muy similares al KB) están representadas por el CEA (ciclo acortamiento-estiramiento), y la presencia del CEA es fundamental para generar fuerza en las técnicas (*Bobbet & Cassius, 2005; Bosco et al., 2009*). Esto se puede ver con el ejemplo del “middle kick” de la pierna adelantada: En este movimiento técnico, la patada adelantada de forma rápida se atrasa para golpear con fuerza (acompañada de un movimiento coordinado con la pierna que anteriormente estaba atrasada).

Los movimientos de las técnicas del Muay Thai y KB suceden entre los 250-300ms, al igual que en la gran mayoría de movimientos atléticos (*Stone et al., 2006*), lo que es un tiempo escaso para producir altos niveles de fuerza, y por consiguiente crea la necesidad del desplazamiento de la curva f-t a la izquierda, para conseguir en el menor tiempo la máxima manifestación de fuerza.

También es necesario remarcar, que los luchadores tienen que conseguir niveles altos de fuerza máxima, y la máxima velocidad para expresarlos. De esta manera se conseguirán altos niveles de fuerza representados en la curva fuerza-velocidad (*Toji, Suei & Kareko, 1997*).

#### **4. PRODUCCIÓN DE FUERZA Y LAS ADAPTACIONES DEL ENTRENAMIENTO**

Dos componentes principales son los que afectan a la producción y al desarrollo de la fuerza; por una parte tenemos el Sistema Nervioso Central y periférico, y por otra el componente estructural o muscular. Para más adelante poder entender el efecto de la restricción calórica en la producción de fuerza, es necesario explicar la función de estos dos grandes componentes en la producción y desarrollo de la fuerza.

##### Componente Neural:



El sistema nervioso es capaz de graduar la fuerza generada de dos maneras diferentes; la primera es reclutando diferentes números y tipos de unidades motoras, y la segunda es gracias a la frecuencia de descarga de cada unidad motora activada. En el reclutamiento, entra en juego el principio de tamaño o ley de Henneman (Primero se reclutan las fibras tipo I, y cuando estas no son capaces de soportar la carga o el esfuerzo se van reclutando en orden, las de IIA – sumándose a las anteriores y IIX). En la frecuencia de descarga, el sistema nervioso aumenta la frecuencia de descarga de potenciales de acción con el fin de que aumente la producción de fuerza gracias a la suma de estos (Gabriel, Kamen & Frost., 2006).

Los humanos son incapaces de reclutar todas las unidades motoras de un músculo, pero se ha demostrado que el aumento de reclutamiento de unidades motoras de un músculo es parte del resultado del entrenamiento de la fuerza (Knight & Kamen, 2001). El mecanismo responsable de este aumento del reclutamiento, es un incremento en la frecuencia de disparo tras periodos de entrenamiento; mientras aumenta la frecuencia de disparo, el reclutamiento de las unidades motoras se activarán con un umbral de activación más elevado (Gabriel et al., 2006). Entonces, cuantas más unidades sean reclutadas, más fuerza generará el músculo.

Por otra parte, el entrenamiento de fuerza aporta una mayor habilidad para sostener una activación de cada unidad motora; esto es por el aumento de la frecuencia de descarga mantenida de potenciales de acción (Knight & Kamen, 2001). Por tanto, como adaptación neural al entrenamiento de la fuerza, las fibras que se reclutan son más y la estimulación de estas es mayor mientras se realiza la contracción muscular (Naclearo, 2010).

También tenemos la sincronización de las frecuencias de disparo de las unidades motoras, que sería la capacidad de reclutar más unidades motoras de forma simultánea, o dicho de otra manera, activarlas en el menor tiempo posible (Gabriel et al., 2006).

La estimulación nerviosa a nivel central aumenta con el entrenamiento de la fuerza; y distintos estudios han mostrado que la velocidad de conducción

nerviosa es más rápida en deportistas de potencia que en los de resistencia (Gabriel et al., 2006).

La desincronización puede ser otra importante adaptación del entrenamiento de fuerza: Después del entrenamiento se requieren menos unidades motoras para realizar una actividad submáxima, lo que podría afectar a la reducción de la fatiga, o reservar unidades motoras para actividades máximas (Nacleiro, 2010).

La inhibición de los órganos tendinosos de Golgi es una adaptación y un factor que influye a la producción de fuerza. Cuando la tensión sobre los tendones de un músculo excede el umbral de excitación de los órganos tendinosos de Golgi, se produce una inhibición de las motoneuronas que inervan al músculo, con el fin de protegerlo. El entrenamiento de fuerza hace que los órganos tendinosos de Golgi se adapten; generan menos estímulos inhibidores y por consiguiente se produce más fuerza (Gabriel et al., 2006).

La coactivación de los agonistas-antagonistas, es la reducción de la contracción de los músculos antagonistas, que permite una mayor activación de los músculos agonistas y finalmente una mayor producción de fuerza. Otro mecanismo neural de producción de fuerza y adaptación al entrenamiento de ésta (Gabriel et al., 2006).

Los puntos explicados, son los responsables de la generación de fuerza en cuanto al componente neural. A continuación se explicarán los factores del componente estructural y contráctil.

#### Componente estructural:

La plasticidad muscular de las fibras musculares es la capacidad de éstas para variar sus propiedades contráctiles y mecánicas. Estas propiedades son importantes para los temas que se van a analizar en este trabajo, ya que van a marcar la producción de fuerza muscular.

Dentro de las propiedades contráctiles, es particularmente interesante el área de sección cruzada de las fibras musculares, ya que el área de sección

transversal muscular es uno de los factores más importantes en la producción de fuerza.

Cuando se corta el vientre muscular de forma perpendicular a las fibras que lo constituyen, se muestra el número de filamentos de actina y miosina que forman el vientre muscular (en paralelo). El área total se consigue con la suma de todas las áreas de sección transversa que constituye el vientre muscular (*Nordin & Frankel, 2004*).

Una de las adaptaciones del entrenamiento de la fuerza es el aumento del tamaño del ASC (área de sección cruzada), que se da por el aumento del número de filamentos contráctiles y por el número y tamaño de las miofibrillas (*Folland & Williams, 2007*). Dentro de los tipos de las fibras musculares, cabe destacar que el tamaño del ASC de las fibras de tipo II suele ser mayor, por el contenido de miofibrillas, y el entrenamiento de fuerza suele generar mayores adaptaciones en cuanto al ASC en las fibras musculares de este tipo (*Folland & Williams, 2007*). En la mayoría de estudios con entrenamientos de altas cargas, se ha podido ver que el aumento de potencia también suele ser parejo al incremento del tamaño muscular en las fibras tipo II (*Malisoux et al., 2007*).

La hipertrofia de las fibras musculares a raíz del entrenamiento de la fuerza se da por un aumento en la síntesis de proteínas en el músculo. Durante el ejercicio esta síntesis disminuye, pero en la recuperación se invierte, donde las hormonas actúan sobre el ADN y el ARN celular aumentando la señal de síntesis proteica. Dentro de estas señales tenemos el importante papel de la Hormona de crecimiento, y los factores de crecimiento IGF (*Folland & Williams, 2007*).

A parte de los factores mencionados, hay más factores que afectan a la producción de fuerza, y se hace necesario seleccionar las variables con más fuerza e importancia que afectan al desarrollo y producción de fuerza.

La fuerza máxima y la fuerza explosiva son las dos manifestaciones de fuerza que se van a trabajar; Las fibras de contracción rápida cobran mayor importancia, y el sistema nervioso central junto con los factores estructurales son los que nos van a proporcionar los valores que busca el trabajo.

## 5. LA RESTRICCIÓN CALÓRICA

Dar el peso para entrar en las diferentes categorías es uno de los mayores problemas en los deportes de contacto; se hacen restricciones calóricas muy grandes en tiempos muy cortos, que dejan consecuencias en el rendimiento y en la salud del deportista.

Se empezará explicando las funciones de algunas de las hormonas más importantes, la función que tienen en la homeostasis corporal, el metabolismo y otras relacionadas con las características de los deportes de contacto.

-T3: La función principal de esta hormona tiroidea es controlar la regulación metabólica. Cuando se da una bajada de estas hormonas, la termogénesis disminuye y la tasa metabólica global también (*Kim, 2008*).

-Leptina: La leptina se sintetiza en los adipocitos y funciona como indicador de disponibilidad de energía a corto y largo plazo. Cuando hay una restricción calórica y un bajo porcentaje de grasa, los niveles de leptina descienden.

Cuando los niveles de leptina son altos, mejora la saciedad y el gasto calórico (*Margetic, Gazzola, Pegg & Hill, 2002*).

-Testosterona: Funciona principalmente en la síntesis proteica (creación muscular), y reprime la adipogénesis (*Rooyackers & Nair, 1997*).

-Cortisol: Glucocorticoide que afecta y rompe la síntesis proteica. Los glucocorticoides inhiben el efecto de la leptina (*Rooyackers & Nair, 1997*).

Un bajo consumo energético es un indicador de falta de disponibilidad energética; esto hace que el sistema endocrino dé una respuesta homeostática para la conservación de energía, y una de estas vías es la destrucción de Masa Libre de Grasa.

Dentro de las respuestas hormonales, esto se puede entender con lo siguiente: Bajan los niveles de leptina, los niveles de testosterona, las hormonas tiroideas y suben los niveles de cortisol (*Trexler, Smith-Ryan & Norton, 2014*).

El mayor problema viene cuando la restricción calórica no es progresiva y se intenta bajar de peso en un rango de tiempo corto. Diferentes estudios han investigado diversos métodos de reducción de peso, en los cuales se ven bajadas de 0,5 a 1kg por semana. Los atletas que reducen cerca de 1000k/cal por día para llegar a los objetivos antes, comprometen las adaptaciones del entrenamiento y las recuperaciones necesarias (ACSM, 2009).

Hilando el tema, vemos otros estudios en los que se afirma que un gran déficit calórico en un periodo de tiempo corto, desemboca en la reducción de Masa Libre de Grasa, habiendo así, una alta oxidación de amino-ácidos (Chaston, Dixon & O'brien, 2007; Garthe et al., 2011; Morton et al., 2009) y compromete el rendimiento y la recuperación del mismo. Por otro lado, para minimizar la pérdida de masa libre de grasa (MLG), la ingesta proteica bastante alta (>25% PRO), es bastante eficaz, y se ve un incremento de la saciedad y la termogénesis (Paddon-Jones et al., 2008). Esta estrategia dietética si se combina con el entrenamiento de fuerza, la reducción de MLG puede ser todavía menor (Garthe et al., 2011).

Esta pérdida de peso cerca de la competición, afecta al rendimiento muscular ya que el recambio proteico muscular (degradación y re síntesis) requiere aproximadamente 72 horas; y las estrategias de pérdida de peso se suelen alargar hasta el día anterior a la competición, o la misma competición en casos como el BJJ (Oppliger et al., 1996).

Sobre la ingesta de carbohidratos y las estrategias de cargas de glucógeno se ha investigado mucho en el ámbito del alto rendimiento. Estas dietas altas en Carbohidratos (CHO) durante el entrenamiento y la semana antes de la competición, hacen que aumenten las reservas de glucógeno muscular, y en los deportes que requieran la utilización de este glucógeno, mejora el rendimiento (Rodriguez, Di marco & Langley, 2009). También se sabe, que en los periodos de intensidades altas, es necesario consumir una cantidad adecuada de energía para maximizar el entrenamiento, mantener la masa muscular y la salud; donde podemos encontrar la densidad mineral ósea (DMO) (Rodriguez et al., 2009).

Con el objetivo de bajar de peso rápidamente, de lo primero de lo que se suele prescindir en las dietas son las grasas y los CHO. Hay estudios que han demostrado que las dietas bajas en CHO mejoran la capacidad oxidativa del músculo; habrá una menor utilización de insulina, y una de las propiedades de la insulina es el efecto antilipolítico (*Morton et al., 2009*). En el lado contrario hay argumentos que demuestran que con este descenso de la ingesta de CHO, los depósitos de glucógeno muscular no van a estar completos y el entrenamiento no va a ser óptimo; sobre todo en la puesta a punto del deportista (*Morton et al., 2009; Choma, Sforzo & Keller, 1998*).

Por otro lado se puede ver como una escasa utilización / toma de carbohidratos, desciende la actividad de las fibras de contracción rápida (Tipo II), demandando y utilizando las fibras de contracción aeróbica. Finalmente, un bajo consumo de CHO termina con una pérdida de fuerza y aparición temprana de la fatiga, ya que el SNC se nutre de glucosa (*Nybo, 2003*).

En los deportes en los que la potencia muscular, y la resistencia a la fuerza explosiva es crítico (sobre todo en los deportes de golpeo), esta pérdida de peso y restricción de CHO afecta directamente al rendimiento muscular. La aplicación de técnicas a altas velocidades, repetidas y con niveles de fuerza altos, se ve totalmente afectado (*Artioli et al, 2010*).

Viendo la escasa literatura científica sobre el tema, el análisis se ha realizado en diferentes deportes (aunque se haya hecho énfasis en los deportes de contacto). En un estudio de rápida pérdida de peso en Jockeys, se reducen alrededor de 0,8kg en 24 horas, y se valora la fuerza máxima. Se aprecia una pérdida de fuerza máxima en tren superior de 9kg, y en tren inferior de 5kg, lo que finalmente compromete al rendimiento (*Wilson et al., 2014*). En boxeadores se puede apreciar como desciende la fuerza de golpeo (*Smith et al., 2001*), utilizando técnicas de reducción de peso que se van a comentar en el siguiente punto.

## 6. TÉCNICAS DE PÉRDIDA Y REDUCCIÓN DE PESO

Judocas, boxeadores y luchadores suelen pelear en categorías inferiores al 5-10% de su peso natural (*Filaire et al., 2001*), lo que hace necesario utilizar técnicas y estrategias de reducción de peso. Atletas de diferentes modalidades (Judo, BJJ, Karate, Taekwondo), un total del 60% utiliza métodos de pérdida de peso (rápido – 2 semanas), incrementando el gasto energético (*Brito et al., 2012*).

Anteriormente se ha hablado de la restricción calórica y el uso de diferentes dietas pobres en CHO, pero muchas de las estrategias de pérdida de peso no suelen basarse en las dietas, si no que se suele recurrir a otras opciones más comprometedoras para la salud: Restricción de fluidos, sauna, diuréticos, laxantes, utilización de chubasqueros... (*Kinningham & Gorenflo, 2001; Smith et al., 2008*).

Esta deshidratación puede afectar directamente al balance hidroeléctrico; especialmente al calcio, que puede dar resultado a una mineralización ósea más baja de lo normal, y consecuentemente se pueden provocar fracturas de estrés (*Leydon & Wall, 2002*). Estas consecuencias son en cuanto a la deshidratación. Con la utilización de diuréticos se puede producir hipocalcemia en los atletas; lo que puede llegar a ser un riesgo de salud potencialmente alto. Se da una reducción del potasio, éste puede acelera la bomba sodio-potasio, y finalmente (en el caso más trágico), la muerte (*Cadwallader, De la Torre, Tieri & Botré, 2010*).

Hay estudios como el de Rosetta et al (1998), que comparan y demuestran la relación del % de grasa corporal con los problemas de salud. Un % bajo de grasa corporal (menor del 5%), puede alterar diferentes procesos: Proceso esencial metabólico, función hormonal y la conducción nerviosa. Procesos totalmente relacionados con la producción de fuerza y rendimiento deportivo.

Como breve resumen, es importante mencionar que los deportes de contacto precisan de una buena base de fuerza, y las diferentes manifestaciones de fuerza son limitantes en el rendimiento deportivo junto con

otras capacidades condicionales, técnico-tácticas, estratégicas...

La restricción calórica es muy común en la mayoría de estas modalidades, y como se ha podido ver en las investigaciones que se han trabajado, un mal control de la pérdida de peso puede suponer un compromiso en el rendimiento y/o en la salud de los deportistas.

El principal objetivo de este estudio es ver cuál es el efecto que produce la rápida pérdida de peso en los valores de fuerza máxima y fuerza explosiva en atletas de Kick boxing y Jiu Jitsu Brasileño (BJJ).

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Sujetos

4 Luchadores de BJJ y KB participaron en el estudio. El perfil de los luchadores varía en cuanto al nivel competitivo y el porcentaje de masa a perder antes del combate (*Tabla 1*).

LUCHADOR	NIVEL	PESO KG	CATEGORÍA
S1 - Ander	Medio	85	82
S2 - Michael	Medio	91	88
S3 - Iury	Alto	83	78
S4 - Pablo	Medio	81	80

Tenemos un único grupo experimental que se está preparando para competir a principios de Marzo; el motivo competitivo les obliga a bajar de peso para poder competir en sus respectivas categorías, lo que hace sencilla la toma de datos, y sus motivaciones son intrínsecas sin tener que depender de motivos externos.

Anteriormente ya habían utilizado métodos de reducción de peso, con lo que no es la primera vez que lo hacen. Las tomas de datos que se van a realizar están consentidas por todos los participantes del estudio, sabiendo ellos cuál va a ser el motivo y el objetivo.



## 7.2 Diseño experimental

Se hicieron 2 diferentes tomas de datos (pre y –post intervención). La primera, 3 semanas antes de la competición, coincidiendo con el pico de forma de la planificación y antes de empezar con los métodos de restricción calórica, y la segunda toma de datos se realizó el día antes de la competición, ya que las estrategias de pérdida de peso se suelen alargar hasta el día anterior a la competición, o la misma competición en casos como el BJJ (*Oppliger et al., 1996*).

Los días de realización de la toma de datos se estructuraron de la siguiente manera:

- Los luchadores debían estar descansados (24h mínimo), y en caso de utilización de alguna sustancia (diuréticos, laxantes...) se estaría sobre aviso.
- Entre 1:30-2h antes del pesaje restricción de líquidos.
- Pesaje a la misma hora en las dos ocasiones, y en situaciones nutricionales e hídricas similares (teniendo en cuenta que en la segunda toma de datos varía).
- Realización del test RM, descanso de media hora, y realización de los test de potencia.

Cada luchador tuvo que bajar un % de masa diferente según el peso que tuviera que dar en la competición (*Tabla 1*), utilizando el método que normalmente suele utilizar.

Disponen de 3 semanas para la pérdida de masa; en diferentes estudios se ven diferentes métodos: 2-4 semanas de pérdida de peso en luchadores de taekwondo (*Fleming & Costarelli, 2009*), de 2-3 meses a 5 días antes de competir en competidores de lucha (*Kinninghan & Gorenflo, 2001*). Siendo 3 semanas el periodo utilizado por los sujetos.

No se van a tomar datos de la dieta realizada ni se van a controlar los métodos de pérdida de peso, solamente se va a tomar parte en los test y las tomas de datos del control de la fuerza dinámica máxima del tren superior, y la potencia del tren superior e inferior. Para ello, los test que se van a realizar van a ser los siguientes, con la utilización del siguiente material:

- Fuerza máxima en Press de banca: Protocolo de cargas progresivas (fórmula de Brzycki)
- Potencia del tren superior en Press de banca: Muclab 410e
- Potencia del tren inferior: Optojump.

### 7.3 Optojump y potencia del tren inferior:

Generalmente, la plataforma de fuerza se ha considerado el instrumento “gold standard” para el evaluar el rendimiento del salto vertical (*Cronin, Hing & McNair, 2004*); pero hay ciertas características que pueden suponer un problema a la hora de evaluar el rendimiento del salto en algunas modalidades deportivas. Principalmente, el precio de las plataformas de fuerza es bastante elevado, así como el transporte del material puede ser problemático, y los test se suelen realizar en condiciones de laboratorio. Esta última característica es así porque los pies tienen que contactar directamente con la plataforma de fuerza y no se puede utilizar un punto de contacto característico con el deporte que se vaya a analizar (*Cronin, Hing & McNair, 2004*).

El Optojump está constituido por dos células fotoeléctricas que se sitúan una en frente de la otra (siendo una, la célula que transmite, y la otra la que recibe la señal). Las células pueden ser transportadas de fácil manera, y se pueden colocar en todo tipo de superficies menos en la arena (*Glatthorn et al., 2011*).

En el estudio de Glatthorn et al (2011), se verificó la validez del Optojump como material para medir el rendimiento del salto vertical: fueron 20 sujetos los que realizaron la prueba, y tuvieron que realizar los tres tipos de salto más comunes que se realizan en las modalidades deportivas; SJ, CMJ y CMJ+. Los saltos se realizaron en la plataforma de fuerza y el Optojump, para compararlo con un instrumento de criterio y ver así la validez del siguiente.

**TABLE 2.** Test-retest reliability of Optojump cells for jump height estimation.\*†

	SJ	CMJ	CMJ <sup>+</sup>
Session 1 (95% CI), cm	28.8 ± 7.4 (25.3–32.2)	31.4 ± 8.4 (27.5–35.3)	35.2 ± 10.0 (30.5–39.8)
Session 2 (95% CI), cm	29.1 ± 7.2 (25.7–32.5)	31.5 ± 8.4 (27.6–35.4)	34.8 ± 8.8 (30.7–38.9)
Systematic bias, cm	–0.32	–0.11	0.36
Random error, cm	±2.68	±2.43	±3.31
ICC (95% CI)	0.982 (0.956–0.993)	0.989 (0.973–0.996)	0.984 (0.960–0.994)
CV, %	3.1	2.2	2.8

\*CI = confidence interval; CMJ = countermovement jump; CMJ<sup>+</sup> = countermovement jump with arm swing; CV = coefficient of variation; ICC = intraclass correlation coefficient; SJ = squat jump.

†Mean values ± SD.

(Glatthorn et al., 2011).

Las diferencias entre los dos instrumentos aumentan según va aumentando la altura del salto, pero puede ser predecido con la siguiente ecuación que marca la línea de regresión: Altura de salto en plataforma de fuerza (cm) = 1,02 X altura de salto Optojump + 0,29. El error es muy bajo, siendo el coeficiente de correlación de Pearson de 0,99.

Con lo que finalmente se puede concluir, que el Optojump es un material validado y perfectamente utilizable para la medición del rendimiento del salto vertical.

Con el Optojump, sacamos la altura de los diferentes tipos de saltos verticales, un dato muy válido para comparar las posibles pérdidas de potencia que se dan tras la restricción calórica; pero otro punto importante que interesa calcular es el pico de potencia que se obtiene a través de la altura que se ha conseguido en el salto vertical.

Para ello, en la investigación de Sayers et al. (1999), se estudió y se comprobó la validación de la fórmula propuesta Sayers y Harman:

$$PP (W) SJ = (60.7) \times (\text{jump height, cm}) + 45.3 \times \text{body mass} - 2055$$

$$PP (W) CMJ = (51.9) \times (\text{jump height, cm}) + 48,9 \times \text{body mass} - 2007$$

La primera ecuación sobreestima menos del 1% del pico de potencia utilizando el protocolo del SJ, siendo mayor la sobreestimación con el protocolo CMJ (2,7%), que puede ser debido a la gran variabilidad de técnicas utilizadas para la realización del CMJ.

De todos modos, se puede utilizar la misma fórmula para el cálculo del pico de potencia en los dos casos, si la técnica es realizada de la misma manera en todas las pruebas (Sayers et al., 1999; Haff et al., 2005).

Si queremos diferenciar, para cada tipo de salto se utilizará su respectiva ecuación. Se pueden ver diferentes estudios que utilizan la fórmula propuesta por Sayers, como Canavan y Vescovi (2004), que estudian directamente la evaluación de las fórmulas predictivas del pico de potencia. Por otro lado tenemos estudios como el de Haff et al. (2005), que estudian las características de la curva f-t en acciones isométricas y dinámicas. Para las acciones

dinámicas se hace uso de los saltos verticales SJ y CMJ, donde se ve una correlación muy fuerte ( $r=0,92$ ) del pico de potencia en el SJ y en el IPF (Isometric Peak Force).

#### 7.4 Cargas progresivas y cálculo de RM para la fuerza dinámica máxima:

Para el cálculo de la fuerza dinámica máxima, se ha utilizado el protocolo progresivo de 1 repetición máxima. Se puede decir que hay una relación inversa entre las repeticiones que se realizan y el peso expresado en kg. Esta relación, es la utilizada para medir y calcular el peso levantado en una sola repetición (1RM), que refleja la fuerza dinámica máxima del sujeto.

Siendo el test de RM el protocolo aceptado, resulta complicado llegar a 1 repetición máxima por la necesidad de estar muy preparado físico y mentalmente (*Matuzak et al., 2003*); lo que en su momento fue una preocupación y se realizaron diferentes ecuaciones para estimar la repetición máxima con la realización de diferentes repeticiones.

En el caso de este trabajo, la fórmula utilizada para estimar la repetición máxima ha sido la fórmula de Brzycki (*Brzycki, 1993*), ya que tiene una alta correlación ( $>0,95$ ) y ha sido utilizada en diferentes trabajos de carácter científico. La estimación será más exacta cuantas menos repeticiones se hagan, y por ese motivo en el test realizado, se han tenido en cuenta repeticiones de entre 1 y 5.

La fórmula utilizada ha sido la siguiente:

$$1RM = KG / [(1,0278) - (0,0278 \times \text{repeticiones})]$$

#### Realización de los test:

##### **1 – Test de fuerza máxima para el tren superior en Press Banca (Brzycki, 1993)**

- Para seguir este protocolo, los luchadores hicieron un calentamiento previo que consistió en una parte cardio respiratoria de 10 minutos, seguido de una activación del CORE, movilidad articular y realización del ejercicio sin carga alguna.

A continuación fueron realizando series de acercamiento progresivas,

subiendo 5-10kg por cada serie hasta acercarse a la repetición máxima que eran capaces de levantar, donde las cargas iban subiendo de 2,5 en 2,5. A falta de 10kg, se les indicó que realizaran entre 1 y 5 repeticiones; realizando dos intentos con descansos de 3 minutos entre intento. En cada intento se subía el peso en el caso que fuera necesario.

## **2 – Test de pico de potencia para el tren superior**

- Teniendo la repetición máxima que correspondería al 100% de 1RM, optamos por sacar los siguientes porcentajes: 40, 60 y 80%.

Por cada intento se realizaron 2-3 alzadas, seleccionando aquella con la que mayor pico de potencia se haya realizado. Cada alzada se realizó con ausencia del CEA, bajando la barra hasta el pecho, siendo esta la posición inicial; desde aquí el objetivo sería alzar la barra a la mayor velocidad posible.

Después de tener los 3 datos, el software del Musclelab 410e saca los datos del pico máximo de potencia.

## **3- Test de saltos para el pico de potencia del tren inferior (Bosco, 1994):**

- Squat Jump: Con este salto se va a medir la fuerza concéntrica explosiva en ausencia del CEA. Para ello los sujetos deberán partir de una flexión de piernas de 90°, las manos en la cadera y con el tronco erguido, evitando que se flexione. Cuando el sujeto esté preparado, efectuará la extensión de piernas con la máxima fuerza posible sin realizar ningún contra movimiento previo. Se realizarán dos saltos con descansos de 3 minutos entre ellos
- CMJ (salto con contra movimiento): se realiza partiendo el sujeto desde una posición erguida y con las manos en las caderas. A continuación se realiza un salto hacia arriba por medio de un ciclo de estiramiento-acortamiento, es decir, una flexión seguida lo más rápidamente de una extensión de piernas. La flexión de las rodillas debe llegar hasta un ángulo de 90 grados y hay que evitar que el tronco efectúe una flexión con el fin de eliminar cualquier influencia positiva al salto que no provenga de las extremidades inferiores. Durante la fase excéntrica la energía elástica potencial se almacena en los elementos elásticos en

serie pudiendo ser reutilizada en forma de trabajo mecánico durante la fase concéntrica, si el periodo de tiempo entre las dos fases de la contracción es corto (tiempo de acoplamiento). Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas y los pies en el momento de contacto con la plataforma se debe apoyar en primer lugar la zona del metatarso y posteriormente la parte posterior del pie.

- CMJ free arms: Este salto se realiza partiendo el deportista desde una posición erecta, como en el CMJ, pero con la diferencia de tener los brazos libres con el fin de ser utilizadas de forma coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas. Las extremidades inferiores durante la fase de vuelo deben estar extendidas y los pies en el momento de contacto con la plataforma siguen las mismas pautas que en el salto de CMJ. La diferencia de altura conseguida en este ejercicio respecto al CMJ, nos ayuda a cuantificar el porcentaje de ayuda que aportan los brazos al salto.

## 8. RESULTADOS

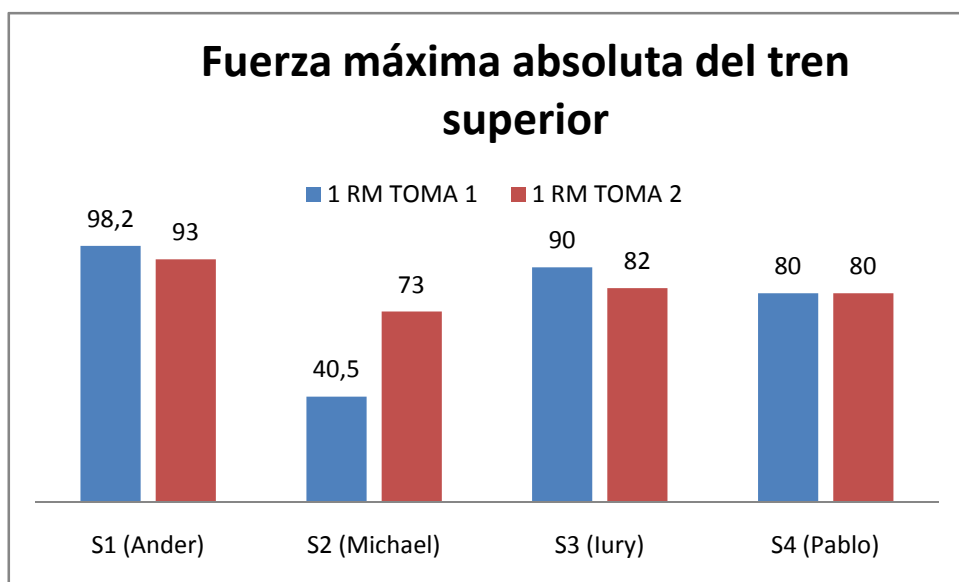


Gráfico 1

Como se puede apreciar en el gráfico 1, podemos ver con una fiabilidad relativa alta ( $r=0,87$ ), que después de la realización de la restricción calórica con el fin de entrar en las respectivas categorías, hay una pérdida de fuerza máxima absoluta de una media del 4,6% de todos los sujetos (sin tener en

cuenta un caso excepcional – S2). Esta pérdida de fuerza máxima va en relación con los kg perdidos antes de competir, pudiéndose apreciar la mayor pérdida de fuerza máxima en el S3 (9%), siendo éste el sujeto que más masa corporal tuvo que perder para entrar en su categoría.

La relación de la pérdida de la fuerza máxima no se mantiene en cuanto al máximo pico de potencia (MPP) del tren superior (Press Banca), habiendo una media de aumento del MPP del 4% en la segunda toma de datos con respecto a la primera. Este aumento no sigue un patrón en cuanto a los sujetos, ya que todos han reducido su masa corporal y la diferencia entre las dos tomas de datos varían.

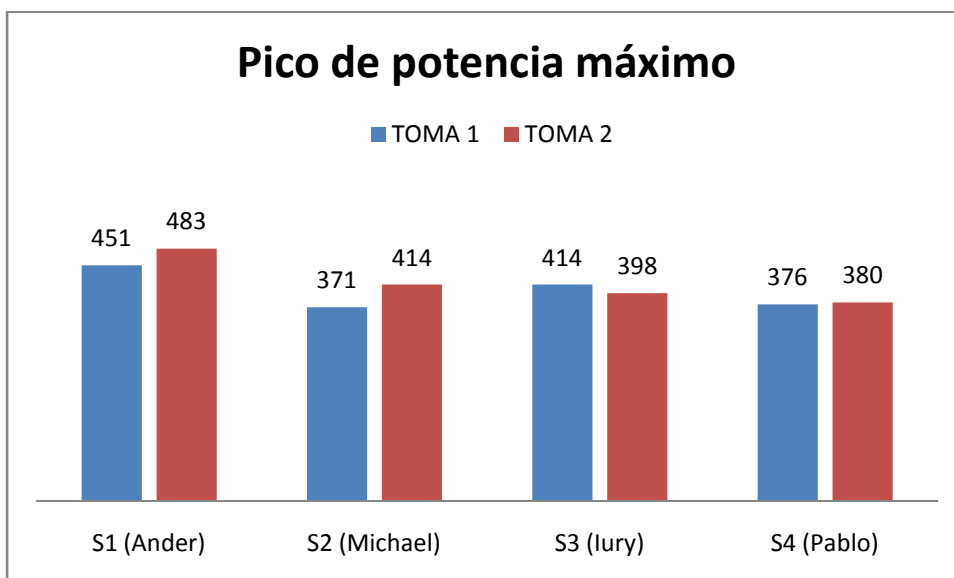
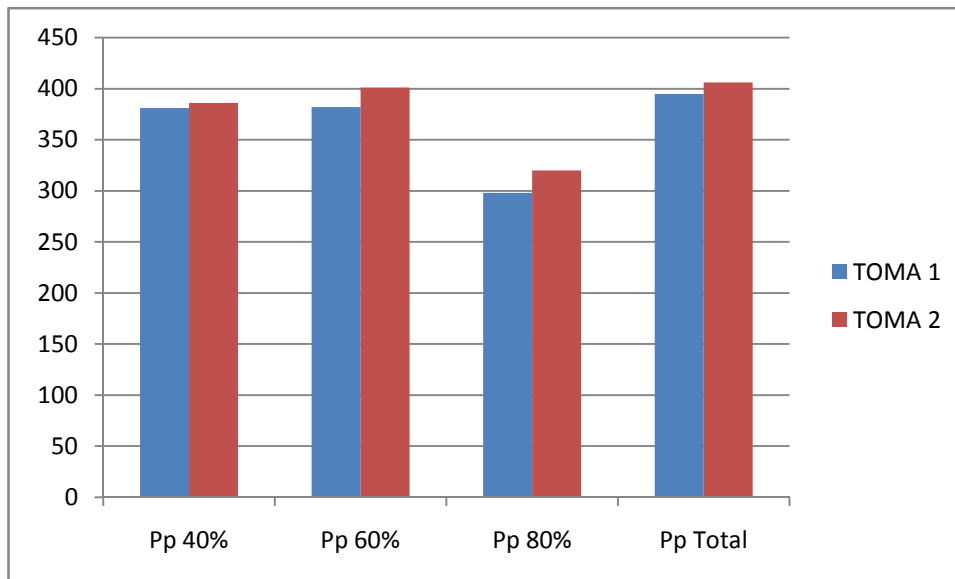


Gráfico 2

En el gráfico 2 podemos ver el incremento del MPP en todos los sujetos menos en el S3; que muestra una pérdida del MPP del 4% en comparación a la primera toma de datos. Si comparamos estos datos con el gráfico 1, podemos ver que el S3, es el sujeto que más masa tuvo que perder (5kg), también se ve una reducción de fuerza máxima absoluta (9%), y potencia del tren superior (4%).



*Gráfico 3*

En el gráfico 3, se ven las medias de los MPP conseguidos con el 40, 60, 80% del RM y la media del total del pico de potencia máximo conseguido. Observando los valores medios de los sujetos en cuanto al máximo pico de potencia y en 3 porcentajes diferentes, se puede apreciar una ligera mejora en la segunda toma de datos con una fiabilidad relativa alta ( $r=0,98$ ).

Es importante la relación que hay entre los valores de potencia conseguidos en cada porcentaje, y en el gráfico 3 podemos observar los mayores valores cerca del 60% del RM, o incluso por encima. Este dato es muy relevante, ya que puede indicarnos una carencia en cuanto la ejecución técnica y/o la falta de práctica en el ejercicio (press banca en este caso).

En los diferentes porcentajes de RM, el sujeto que mayores diferencias presenta es el S2; mostrando una media de mejora del 16,5% en la segunda toma de datos (gráfico 4). Con este dato, podemos ver que este sujeto es el que marca la diferencia en cuanto a la mejora entre las dos tomas de datos, en las pruebas de fuerza máxima absoluta y potencia del tren superior.



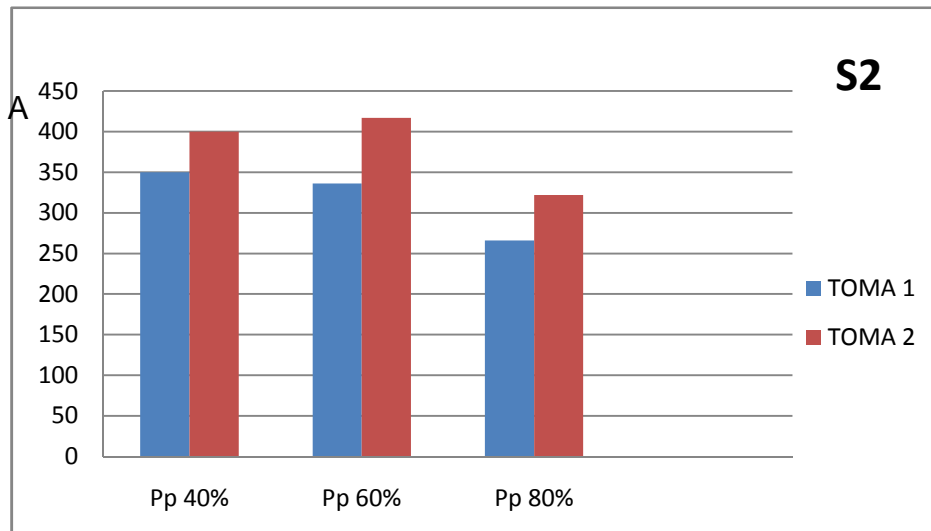


Gráfico 4

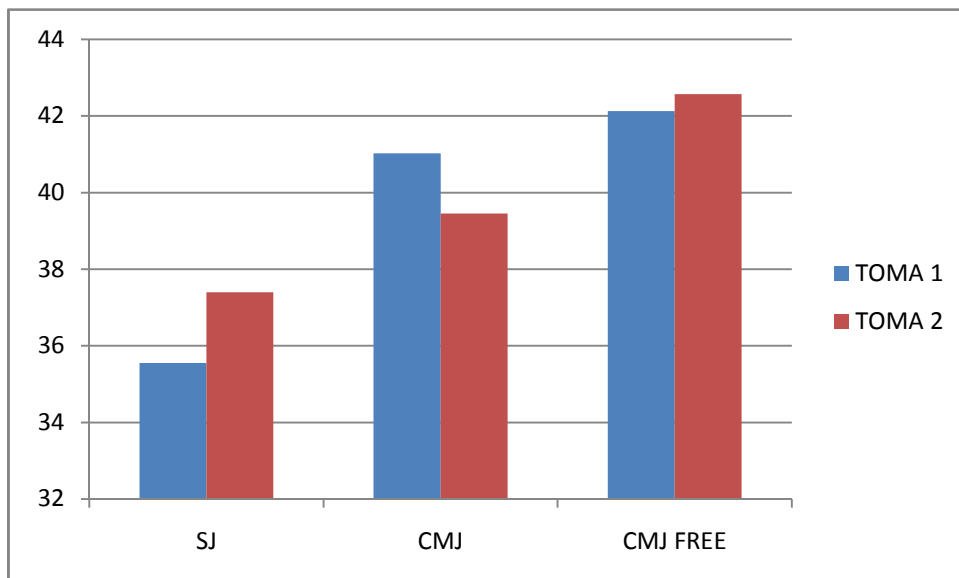


Gráfico 5

En el gráfico 5 se encuentran las medias de todos los saltos realizados, viéndose un incremento en los cm saltados desde el SJ hasta el CMJ-free arms ( $r > 0,8$ ). La relación entre las dos tomas de datos cambia según el salto realizado, viéndose un incremento en el SJ y CMJ FREE, y una pérdida de altura en el CMJ. Estos datos no tienen en cuenta la masa del sujeto que realiza los saltos; y es por eso que para un mejor análisis de los resultados vamos a utilizar los gráficos 6 y 7, ya que los valores tienen en cuenta la

potencia absoluta, obtenida de la fórmula de Sayers y Harman (Sayers et al., 1999).

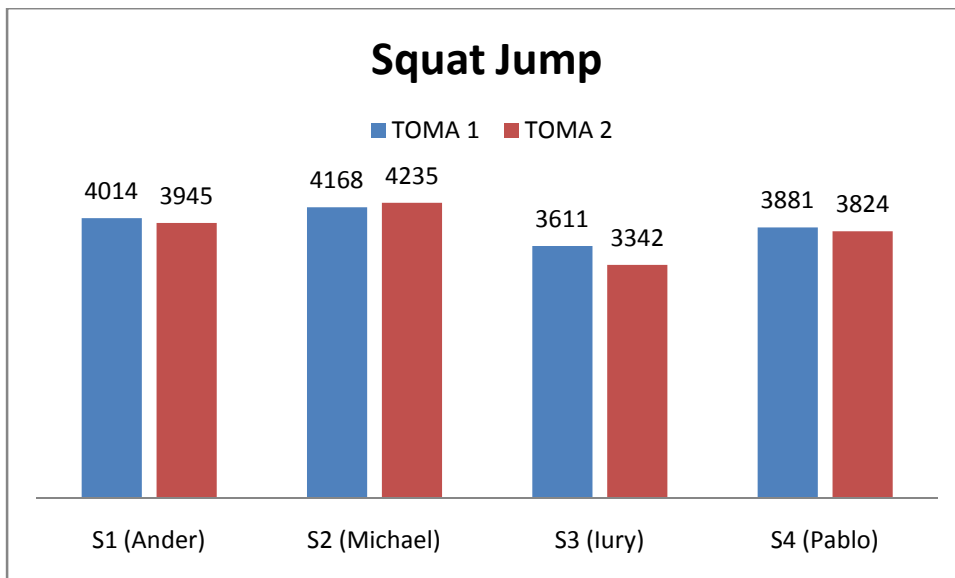


Gráfico 6

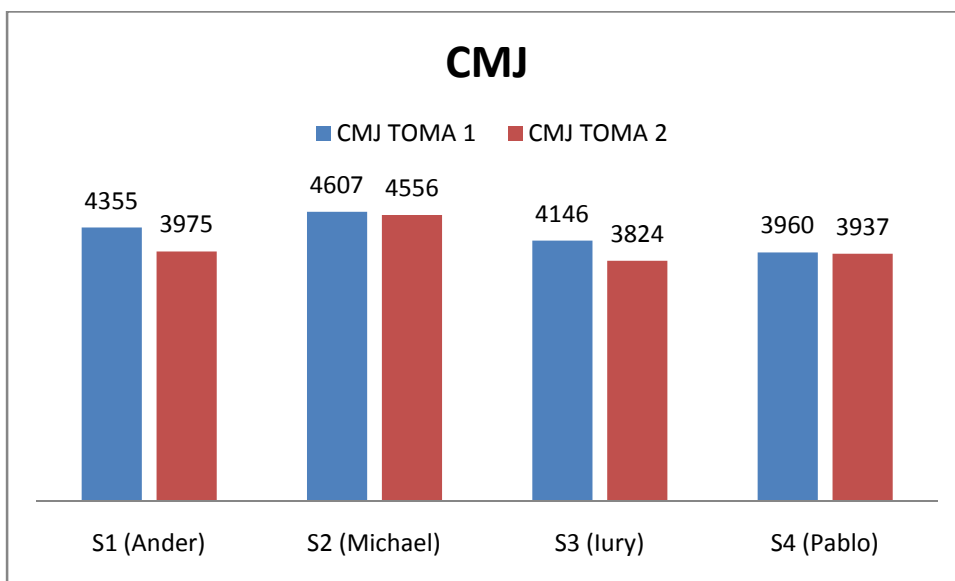


Gráfico 7

Los gráficos nos muestran las medias de los saltos realizados en las dos diferentes tomas de datos. Como se puede observar, junto con la pérdida de peso, los valores de PPM absolutos en el tren inferior desciende con una  $r > 0,99$  en el SJ y  $r > 0,83$  en el CMJ.

De media, en el SJ hay una pérdida del 2% en la potencia del tren inferior, y una media del 7% en el CMJ.

Con estos datos podemos ver, que la pérdida de peso ha tenido efectos diferentes en los valores absolutos de fuerza máxima y potencia del tren superior e inferior. Los resultados no muestran un patrón fijo a seguir, viéndose resultados algo más claros en la potencia (valores absolutos) del tren inferior, y más concretamente en el salto que participa la manifestación de fuerza elástico-explosiva.

Otra conclusión clara que se puede sacar es la del S4; un sujeto que ha perdido 1kg de masa corporal en un rango de 3 semanas, y que no ha mostrado cambios significativos en los resultados. En los gráficos 1, 2, 6 y 7 se puede ver que la pérdida, o ganancia en los valores de potencia ronda el 1%.

En cambio, el S3 muestra una correlación positiva entre la pérdida de peso y las diferentes manifestaciones de fuerza, siendo éste el sujeto que más masa ha perdido en las tres semanas antes de la competición:

- Pérdida de masa corporal del 6%
- Descenso de la fuerza máxima del 9%
- Pérdida de potencia del tren superior del 4%
- Pérdida de potencia del tren inferior del 7%

Los otros sujetos no muestran resultados claros, siendo el S2 el sujeto que muestra resultados más dispares.

## 9. DISCUSIÓN

Para comparar los valores de fuerza máxima en el tren superior antes y después de realizar la restricción calórica, se utilizó el press banca con el test progresivo de cargas, hasta llegar al agotamiento dentro de un rango de 1-5 repeticiones, utilizando así la fórmula de Brzycki (*Brzycki, 1993*), para calcular indirectamente el 1RM.

Lo que no se tiene en cuenta a la hora de realizar el test progresivo, es la velocidad a la que se alcanza el 1RM, siendo un valor muy importante. Pero este vacío ha sido rellenado al realizar el test de potencia con un encoder lineal (Musclelab 410e). Este software indica la velocidad de cada repetición, llegando a estimar el RM teniendo diferentes referencias de 3 intensidades relativas en este caso (40, 60 y 80%). Se compararon los resultados, y se pudo ver que el test de 1RM con cargas progresivas fue correcto.

Todo esto es importante ya que a cada intensidad relativa (entre el 30-95% de RM), corresponde una velocidad determinada.

En diferentes estudios se puede comprobar que después de un periodo de entrenamiento y una mejora en cuanto a los valores de fuerza absoluta, a una misma intensidad relativa la velocidad es la misma o varía muy poco.

En un estudio de González-Badillo y Sánchez-Medina (2010), 56 atletas realizaron un entrenamiento de fuerza de 6 semanas y se comparó la velocidad de ejecución a cada intensidad relativa.

**Table 1** Changes in mean propulsive velocity ( $m \cdot s^{-1}$ ) attained with each relative load, from initial test (T1) to retest (T2), after 6-wk of training, in the bench press exercise.

Load (%1RM)	T1	T2	Difference (T1-T2)
30%	1.33±0.08	1.33±0.08	0.00
35%	1.24±0.07	1.23±0.07	0.01
40%	1.15±0.06	1.14±0.06	0.01
45%	1.06±0.05	1.05±0.05	0.01
50%	0.97±0.05	0.96±0.05	0.01
55%	0.89±0.05	0.87±0.05	0.01*
60%	0.80±0.05	0.79±0.05	0.01
65%	0.72±0.05	0.71±0.05	0.01
70%	0.64±0.05	0.63±0.05	0.01
75%	0.56±0.04	0.55±0.04	0.01
80%	0.48±0.04	0.47±0.04	0.01
85%	0.41±0.04	0.40±0.04	0.01
90%	0.33±0.04	0.32±0.04	0.01
95%	0.26±0.03	0.25±0.03	0.01
100%	0.19±0.04	0.18±0.04	0.00*

(González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010)

En otros trabajos de González-Badillo, se comprueba que 1 alzada en press banca con el máximo peso posible en todas las personas se encuentra en 0,2 m/s (González-Badillo, 2000), lo que quiere decir que para que un test esté bien realizado y se pueda comparar, la repetición máxima tiene que realizarse a esa velocidad determinada.

Siguiendo por esta misma línea, cada ejercicio tendrá una velocidad determinada para conseguir la repetición máxima, que estará delimitada por las características técnicas propias del ejercicio.

En caso contrario, el PPM en los diferentes ejercicios se encuentra cerca de 1 m/s, estando en 1,15 m/s en el press banca (González-Badillo, 2000). Encontrándose en el 40% de la repetición máxima.

En el *gráfico 3*, se puede ver que los valores máximos de potencia se encuentran más cerca del 60% de 1RM que del 40% de 1RM. Con esto se puede deducir que la realización de los test está condicionada por la poca experiencia de los sujetos, y que los resultados pueden no ser concluyentes por la falta técnica de los sujetos en cuestión.

Por otro lado, dentro de la literatura estudiada, se ven pérdidas de peso de entre el 5-10% del peso natural del deportista en 2 semanas (*Brito et al., 2012*), o incluso la semana anterior de la competición (*Artioli et al., 2010*) y en el trabajo realizado, el luchador con mayor pérdida de peso ha sido el S3, con un 6% en 3 semanas. Curiosamente, este sujeto ha sido el que mayores déficits en el rendimiento de la fuerza ha sufrido.

En cambio, los otros sujetos no han realizado una restricción calórica de tal magnitud, con lo que el rendimiento no se ve afectado de la misma manera.

En el trabajo de Malisoux et al, (2007) se puede ver que el aumento de la potencia muscular va acompañado de un aumento del tamaño de las fibras de contracción rápida (tipo II). Pero cuando se da un gran déficit calórico en un periodo de tiempo corto, hay una reducción de Masa Libre de Grasa, principalmente por una alta oxidación de amino-ácidos (*Chaston, Dixon & O'brien, 2007; Garthe et al., 2011; Morton et al., 2009*).

En nuestro trabajo se ve una pérdida peso en todos los sujetos, y en los mismos, se ve un descenso en la potencia del tren inferior (*gráficos 6 y 7*), lo que puede justificarse con un descenso del tamaño en las fibras de contracción rápida (tipo II).

En la literatura, los métodos de pérdida de peso rápida (RWL) con una pérdida del 5% o mayor hacen que los luchadores se expongan a un riesgo de lesión, afectando al metabolismo y al patrón de contracción muscular (*Oöpik et al., 1996*). En el estudio, se vieron afectados negativamente el volumen plasmático, los valores de concentración de urea sanguínea y el rendimiento isocinético muscular, así como la fuerza y funcionalidad del músculo cuádriceps. Estos resultados seguían siendo negativos, incluso después de una rehidratación y carga de carbohidratos.

Por otro lado, en el estudio de Serfass, Stull, Alexander & Ewing (1984), se vio que con una pérdida del 5% de la masa corporal en 3 días, no se daban pérdidas en la fuerza de agarre (medido con un dinamómetro), después de hacer una rehidratación y recarga de carbohidratos.

Pero comparándolo con nuestro trabajo, no se puede contrastar ya que la

fuerza está medida en situaciones totalmente diferentes, y sin una previa carga de carbohidratos.

## 10. CONCLUSIÓN

Las conclusiones que se pueden sacar con el trabajo realizado son varias y bastante claras. Después de realizar un periodo (3 semanas) de restricción calórica para dar el peso en las diferentes categorías, se han visto descensos en la fuerza máxima absoluta del tren superior (4,6%) y en la potencia del tren inferior (7%). Teniendo en cuenta que las pérdidas peso han sido inferiores en comparación con los trabajos estudiados, se puede decir que los resultados han sido mejores de lo esperados.

Por otra parte, en la fuerza máxima absoluta y en la potencia del tren superior, los resultados han sido bastante confusos. Esta confusión puede ser debida a la falta de costumbre de realización del press banca; la técnica no está interiorizada y los resultados conseguidos con el encoder lineal muestran y refuerzan la conclusión sacada.

Según los diferentes trabajos estudiados, una restricción calórica mal controlada reduce el rendimiento deportivo, aumenta exponencialmente el riesgo de lesiones, y puede hacer que la balanza se incline hacia el lado negativo de la realización de estas estrategias.

Sería de interés que se realizaran más estudios al respecto, ya que la bajada de peso previa a la competición se está volviendo sistemática en la gran mayoría de los deportes de contacto, y desde mi punto de vista los beneficios que puede haber no superan a toda la parte negativa.



## 11. REFERENCIAS

- American College of Sport Medicine. (2009). American College of Sport Medicine position stand: Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 709-731.
- Amtmann, J. A., Amtmann, K. A., & Spath, W. K. (2008). Lactate and rate of perceived exertion responses of athletes training for and competing in a mixed martial arts event. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 645-647.
- Artioli, G. G., Iglesias, R. T., Franchini, E., Gualano, B., Kashiwagura, D. B., Solis, M. Y., ... & Lancha Junior, A. H. (2010). Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of sports sciences*, 28(1), 21-32. Blackwell Science. 101-108
- Blasco Lafaraga, C. (2009). Propuesta y resultados de una evaluación condicional específica para el entrenamiento de judo: La batería blasco aplicada en judocas españoles. Valencia: Universidad de Valencia
- Bobbert, M. F., & Casius, L. J. (2005). Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development?. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(3), 440-446.
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo.
- Bosco, C., Montanari, G., Ribacchi, R., Giovenali, P., Latteri, F., Iachelli, G., ... & Saibene, F. (1987). Relationship between the efficiency of muscular work during jumping and the energetics of running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(2), 138-143.
- Brito, C. J., Roas, A. F., Brito, I. S. S., Marins, J. C. B., Córdova, C., & Franchini, E. (2012). Methods of body mass reduction by combat sport athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 22(2), 89-97.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90.

- Cadwallader, A.B., de la Torre, X., Tieri, A., & Botrè, F. (2010). The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: Pharmacology, toxicology and analysis. *British Journal of Pharmacology*, 161, 1–16.
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., & Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European journal of applied physiology*, 112(4), 1221-1228.
- Canavan, P. K., & Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1589-1593.
- Chaston, T. B., Dixon, J. B., & O'brien, P. E. (2007). Changes in fat-free mass during significant weight loss: a systematic review. *International Journal of Obesity*, 31(5), 743-750.
- Choma, C. W., Sforzo, G. A., & Keller, B. A. (1998). Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(5), 746-749.
- Cronin, J. B., Hing, R. D., & McNair, P. J. (2004). Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 590-593.
- Filaire, E., Maso, F., Degoutte, F., Jouanel, P. and Lac, G. (2001), Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes, *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 22, pp. 454-9.
- Fleming, S., & Costarelli, V. (2007). Nutrient intake and body composition in relation to making weight in young male Taekwondo players. *Nutrition & Food Science*, 37(5), 358-366.
- Fleming, S., & Costarelli, V. (2009). Eating behaviours and general practices used by Taekwondo players in order to make weight before competition. *Nutrition & Food Science*, 39(1), 16-23.
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports medicine*, 37(2), 145-168.
- Gabriel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149.

- García, J. M. G., Valdivielso, F. N., Ravé, J. M. G., & Rico, B. C. (2007). Paradigma experto-novato: Análisis diferencial de la pérdida de consistencia del Tokui Waza en Judo bajo situación específica de fatiga.(Expert-Novice paradigm: Differential analysis of the loss of consistency in the Tokui-Waza of Judo under a specific situation of fatigue). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 3(9), 11-28.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A., & Sundgot-Borgen, J. (2011). Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes.
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 556-560.
- González-Badillo, J.J. (2000) Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. *Infocoes*. 5(2): 13-14
- González-Badillo, J. G., & Sánchez-Medina, L. S. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31, 347-352.
- Haff, G. G., Carlock, J. M., Hartman, M. J., Kilgore, J. L., Kawamori, N., Jackson, J. R. ... & Stone, M. H. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women olympic weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 741-748.
- Hall, C. J., & Lane, A. M. (2001). Effects of rapid weight loss on mood and performance among amateur boxers. *British journal of sports medicine*, 35(6), 390-395.
- Ibrahim, I., Hammouda, O., Chtourou, H., Gmada, N., & Franchini, E. (2014). Effects of Recovery Type After a Kickboxing Match on Blood Lactate and Performance in Anaerobic Tests. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(2).

- Kim, B. (2008). Thyroid hormone as a determinant of energy expenditure and the basal metabolic rate. *Thyroid*, 18(2), 141-144.
- Kinningham, R.B. and Gorenflo, D.W. (2001), Weight loss methods of high school wrestlers, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 33, pp. 810-3.
- Knight, C. A., & Kamen, G. (2001). Adaptations in muscular activation of the knee extensor muscles with strength training in young and older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11(6), 405-412.
- Kraemer, W.J. (2002) Periodized training programmes for athletes. In: Strength training for sport. Eds: Kraemer, W.H. and Hakkinen, K. Oxford:
- Leydon, M.A., & Wall, C. (2002). New Zealand jockeys' dietary habits and their potential impact on health. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, 220–237.
- Malisoux, L., Francaux, M., & Theisen, D. (2007). What do single-fiber studies tell us about exercise training?. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(7), 1051.
- Margetic, S., Gazzola, C., Pegg, G. G., & Hill, R. A. (2002). Leptin: a review of its peripheral actions and interactions. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 26(11), 1407-1433.
- Markovic G, Misigoj-Durakovic M, Trninic S (2005) Fitness profile of elite Croatian female taekwondo athletes. *Coll Anthropol* 29:93–99
- Matsushigue, K. A., Hartmann, K., & Franchini, E. (2009). Taekwondo: Physiological responses and match analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1112-1117.
- Matuszak, M. E., Fry, A. C., Weiss, L. W., Ireland, T. R., & Mcknight, M. M. (2003). Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 634-637.
- McGuigan, M. R., Winchester, J. B., & Erickson, T. (2006). The importance of isometric maximum strength in college wrestlers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI), 108-113.

- Morton, J. P., Croft, L., Bartlett, J. D., MacLaren, D. P., Reilly, T., Evans, L., ... & Drust, B. (2009). Reduced carbohydrate availability does not modulate training-induced heat shock protein adaptations but does upregulate oxidative enzyme activity in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 106(5), 1513-1521.
- Naclerio Ayllón, F. J. (2010). *Entrenamiento deportivo: fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*.
- Nordin, M., & Frankel, V. H. (2004). *Biomecánica del músculo. Biomecánica Básica del Sistema Musculoesquelético*.(3ªEd). McGrawHill-Interamericana. Madrid.
- Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: effect of glucose supplementation. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(4), 589-594.
- Oöpik, V., Pääsuke, M., Sikku, T., Timpmann, S., Medijainen, L., Ereline, J., ... & Gapejeva, E. (1996). Effect of rapid weight loss on metabolism and isokinetic performance capacity. A case study of two well trained wrestlers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 36(2), 127-131.
- Oppliger, R. A., Case, H. S., Horswill, C. A., Landry, G. L., & Shelter, A. C. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Weight loss in wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(6), ix-xii.
- Paddon-Jones, D., Westman, E., Mattes, R. D., Wolfe, R. R., Astrup, A., & Westerterp-Plantenga, M. (2008). Protein, weight management, and satiety. *The American journal of clinical nutrition*, 87(5), 1558S-1561S.
- Pulkkinen, W. J. (2001). *The Sport Science of Elite Judo Athletes: A Review & Application For Training*. Pulkinetics
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2009). Nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 709-731.
- Rooyackers, O. E., & Nair, K. S. (1997). Hormonal regulation of human muscle protein metabolism. *Annual review of nutrition*, 17(1), 457-485.

- Rosetta, L., Williams, C., Brooke-Wavell, K.S.F. and Norgan, N.G. (1998), Diet and body composition of female recreational runners of differing menstrual cycles, *Journal of Sports Sciences*, Vol. 16, pp. 629-37.
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(4), 572-577.
- Serfass, R. C., Stull, G. A., Alexander, J. F., & Ewing Jr, 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(1), 46-52.
- Smith, M., Dyson, R., Hale, T., Hamilton, M., Kelly, J., & Wellington, P. (2001). The effects of restricted energy and fluid intake on simulated amateur boxing performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11, 238–247
- Stone, M. H., Pierce, K. C., Sands, W. A., & Stone, M. E. (2006). Weightlifting: a brief overview. *Strength & Conditioning Journal*, 28(1), 50-66.
- Stone, M.H., Moir, G., Glaister, M. and Sanders, R. (2002) How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport* 3, 88-96.
- Toji, H., Suei, K., & Kaneko, M. (1997). Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22(4), 328-336.
- Trexler, E., Smith-Ryan, A., & Norton, L. (2014). Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *J Int Soc Sport Nutr*, 11, 7.
- Turner, A. N. (2009). Strength and conditioning for Muay Thai athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 31(6), 78-92.
- Vealey, R. S., & Garner-Holman, M. (1998). Applied sport psychology: Measurement issues. *Advances in sport and exercise psychology measurement*, 433-446.
- Wilson, G., Hawken, M. B., Poole, I., Sparks, A., Bennett, S., Drust, B., ... & Close, G. L. (2014). Rapid weight-loss impairs simulated riding

performance and strength in jockeys: implications for making-weight.  
*Journal of sports sciences*, 32(4), 383-391.