

## Control de la carga de entrenamiento a través del CMJ en pruebas de velocidad y saltos para optimizar el rendimiento deportivo en atletismo

Monitoring training load through the CMJ in sprints and jump events for optimizing performance in athletics

P. Jiménez-Reyes<sup>1</sup>, J.J. González-Badillo<sup>2,3</sup>

1 Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid.

2 Departamento de Deporte e Informática, Facultad del Deporte, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

3 Centro Olímpico de Estudios Superiores, Comité Olímpico Español

### CORRESPONDENCIA:

**Pedro Jiménez Reyes**

Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid

Facultad de Ciencias de la Salud. Edificio C - Despacho C-C11

Avda de la Universidad, 1

28691 Madrid

peterjr49@hotmail.com

Recepción: octubre 2010 • Aceptación: septiembre 2011

### Resumen

El estudio de la dosificación de la carga siempre ha suscitado controversias y no está resuelta cuál es la carga óptima de entrenamiento para alcanzar el mayor rendimiento. La mayoría de estudios analizan los efectos agudos del entrenamiento y las relaciones entre las variables del entrenamiento de manera sincrónica, sin que exista, en muchos casos, una evidencia científica sobre las cargas más adecuadas y su efecto en el rendimiento. Nuestro objetivo fue proporcionar una información relevante y útil para poder controlar y organizar el entrenamiento de manera racional en atletismo, obteniendo una información más completa y real de los efectos del proceso de entrenamiento. Participaron 24 sujetos que realizaron un seguimiento del control del entrenamiento a través del "Salto con Contramovimiento" (CMJ) y la carga de entrenamiento durante 71 semanas. Destacamos la evolución del CMJ y la carga de entrenamiento en las cuatro semanas previas a la competición en la que se obtenía el mejor rendimiento durante las 71 semanas de seguimiento. En conclusión, si se realiza un exhaustivo control de la carga de entrenamiento y su relación con el rendimiento físico y deportivo, permitiría ajustar las cargas de entrenamiento adecuadamente, proporcionando una información relevante y útil para poder organizar el entrenamiento de manera racional.

**Palabras clave:** atletismo, cuantificación, carga de entrenamiento, control del entrenamiento, rendimiento.

### Abstract

The study of training load has always provoked controversy and it is still unresolved as to which is the optimal training load to achieve peak performance. Most studies simultaneously analyze training's acute effects and the relationships between the different variables, though in many cases there is no scientific evidence about the most suitable loads and their effects on performance. Our aim was to provide relevant and useful information to monitor and organize athletic training in a rational way, by obtaining more complete information about the effects of the training process. Twentyfour sprinters took part in the study. The subjects' physical condition was tracked weekly using the countermovement jump (CMJ) and by collecting other data about the weekly training load for 71 weeks. We highlight the progression of CMJ and training load dynamics in the four weeks before competition in which the best performance was obtained during the 71 weeks of the study. In conclusion, if training load and its relationship to physical and athletic performance is exhaustively monitored, it would allow for adequately adjusting training loads and it would also provide relevant, useful information for a rational training plan.

**Key words:** athletics, monitoring, training load, training monitoring, performance, CMJ.

## Introducción

El entrenamiento deportivo está caracterizado por la continua mejora de las marcas obtenidas por los deportistas, cada vez más ajustadas entre los mismos, de modo que los resultados, victorias y medallas se definen por diferencias mínimas y está condicionado por la aplicación de diferentes cargas de trabajo y requiere un complejo control y análisis tanto de la carga como de los efectos de la misma y sería necesario un exhaustivo ajuste de la carga de trabajo para la optimización del rendimiento deportivo. La carga, en el deporte de competición, se describe habitualmente mediante la combinación de tres variables del entrenamiento, como son el volumen, la intensidad y la frecuencia (Davies y col., 1985; Wenger y Bell, 1986), a las que habría que añadir el ejercicio realizado (González-Badillo y Ribas, 2002). La interrelación óptima de estas variables provoca una respuesta adaptativa en el organismo del deportista, la cual debería repercutir de manera directa sobre el rendimiento deportivo.

El entrenamiento consiste en manipular estas variables para dosificar la carga, que debe cuantificarse de manera adecuada en cada uno de sus componentes, a fin de optimizar las adaptaciones del deportista y, por consiguiente, su rendimiento en competición. Cobra una gran importancia en este sentido la programación del entrenamiento como la expresión de una serie o sucesión ordenada de esfuerzos que guardan una relación de dependencia entre sí (González-Badillo y Ribas, 2002). Por tanto, la función del control del entrenamiento es regular el proceso de entrenamiento a través del estudio del conjunto de estímulos externos que actúan sobre el deportista y del análisis de los resultados y efectos producidos por los mismos (González-Badillo y Ribas, 2002). Tal como indica Mujika (1996), la cuantificación de la carga de entrenamiento es un aspecto fundamental de la preparación del deportista para la competición. Si se pretende establecer y analizar relaciones de causalidad entre el entrenamiento realizado por el deportista, y las adaptaciones fisiológicas y de rendimiento resultantes, es necesario cuantificar de manera precisa la carga de trabajo realizada.

Muchos estudios (Banister y col., 1975; Brown, 2000; Busso y col., 1997; Fitz-Clarke y col., 1991; Foster, 1998; Foster y col., 1996; Foster y col., 1977; Foster y col., 1995; Foster y col., 1997; Morton y col., 1990; Mujika, 1996; Mujika y col., 1996b) han resaltado la importancia de la carga de entrenamiento en la mejora del rendimiento en atletismo, y han atribuido los cambios producidos en el rendimiento a la variación de periodos de altas y bajas cargas de entrenamiento. La programación de la carga es en esencia

cuantitativa, pero el modo de cuantificarla no está suficientemente definido (Foster y col., 2001). El conocimiento de esta relación carga-rendimiento es de gran importancia para los entrenadores, pues es la base del conocimiento de la cantidad óptima de entrenamiento necesaria para mejorar el rendimiento (Avalos y col., 2003; Foster y col., 1996). Actualmente no existe una teoría común del proceso de entrenamiento que describa el tipo, la cantidad o el modelo de un determinado estímulo de entrenamiento que sea el óptimo para alcanzar una determinada respuesta a la carga propuesta para un atleta (Altenburg, 1997; Bannister y col., 1997; Körner y Schwanitz, 1985). El principal conocimiento es básicamente empírico. Sin embargo, sí existe consenso (Bannister y col., 1997; Roth y col., 1983; Steinacker, 1993) acerca de la existencia de una dependencia entre el entrenamiento y el rendimiento, que se refiere a una correlación dosis-respuesta.

Los saltos verticales han sido un método común usado por los entrenadores para evaluar la potencia muscular de la capacidad de impulsión vertical. Por ello, el rendimiento en salto se ha convertido en una parte importante de los tests de capacidades físicas en el deporte y en ciertas áreas médicas. En particular, el test de "Salto con Contramovimiento" (CMJ) se ha utilizado para estimar la producción de fuerza en la unidad de tiempo (estimación de la RFD), la capacidad de reclutamiento de unidades motoras, para la valoración de la fuerza muscular y la potencia (Vandewalle y col., 1987), la composición de fibras musculares e incluso cuantificar la contribución de la energía acumulada en los elementos elásticos (Bosco y col., 1983).

Debido a la gran importancia que ha adquirido el salto vertical como test de valoración en el ámbito del rendimiento deportivo y la condición física, a lo largo de décadas se ha profundizado de manera más objetiva y científica en el conocimiento de las características del salto vertical y su relación con el rendimiento (Aragón-Vargas y Gross, 1997). En particular, la acción propulsora del tren inferior durante el salto vertical es utilizada regularmente como un método de evaluación de las características explosivas no solo en sujetos sedentarios sino también en atletas de elite (Bosco y Komi, 1979; Hubble y Wells, 1985; Bobbert y col., 1986; Marques y González-Badillo, 2006; Marques y col., 2007).

El éxito deportivo en el alto rendimiento depende en muchos casos de la capacidad explosiva del tren inferior de los sujetos. En deportes individuales como el atletismo y, en concreto, en las pruebas de velocidad (100 m, 200 m y 400 m) y saltos horizontales (salto de longitud y triple salto), la capacidad de producir rápidamente fuerza es un factor importante para al-

canzar el máximo rendimiento (Lees y col., 2004; Matavulj y col., 2001). Finalmente está bien aceptado que la altura del salto es un buen predictor de la potencia muscular, y, por tanto, varios tipos de saltos verticales se han empleado como tests estandarizados del rendimiento deportivo (Bosco y col., 1983; Driss y col., 1998; Vandewalle y col., 1987).

Uno de los tests más utilizado cuando se trata de predecir el rendimiento en carreras de poca longitud ha sido el CMJ. Los resultados de numerosos estudios encuentran relación negativa significativa ( $r=-0,7$  a  $-0,89$ ) entre la altura del salto y el tiempo en distancias de 5 a 40 m (Mero y col., 1981; Sleivert y Taingahue, 2004; Mero y Komi, 1987; Baker y Nance, 1999; Kukolj y col., 1999; Bret y col., 2002; Wisloff y col., 2004).

El control preciso de la carga de entrenamiento, el nivel óptimo y la efectividad del estímulo (Pampus y col., 1990) es una problemática no resuelta satisfactoriamente. Debido a que el factor decisivo para el éxito no está en un volumen extremo de entrenamiento (Smirnov, 1998), y como es muy difícil determinar la frecuencia, intensidad y volumen óptimo en un momento dado (Hakkinen y Kauhanen 1989), se hace necesario un exhaustivo control de la carga de entrenamiento que proporcione información relevante sobre el efecto de la misma.

Por tanto, si los entrenadores de atletismo quieren aproximarse a la respuesta de la problemática que plantea la carga de entrenamiento, se debe tomar conciencia de que su tarea fundamental como técnicos consiste en definir la carga de manera precisa y exhaustiva, controlar y analizar la relación entre la carga real y la propuesta y entre ambas y el rendimiento, así como validar modelos de medición y cuantificación de las cargas (González-Badillo y Ribas, 2002; González-Badillo, 2005). Si estos planteamientos se abordan a través de un exhaustivo control de la carga de entrenamiento y de la relación de esta carga tanto con el rendimiento físico como con el rendimiento deportivo, permitiría a los entrenadores ajustar las cargas de entrenamiento de una forma adecuada. Para ello sería aconsejable la utilización de una herramienta sencilla que ayudase a esta labor de control de la carga. Sería de

gran aplicación e interés el uso del CMJ para controlar la carga de manera sencilla, tanto en sesiones de entrenamiento como a lo largo del ciclo de entrenamiento.

Por todo lo anterior, en el presente estudio se analiza la problemática de la carga de entrenamiento, su efecto y el ajuste de la misma para las pruebas de velocidad (100 ml, 200 ml y 400 ml) y saltos horizontales (salto de longitud y triple salto) en el atletismo. Para ello se diseñó un estudio con la finalidad de obtener una información más completa y real de los efectos del proceso de entrenamiento, con la que comprobar la evolución en el tiempo de diferentes variables y su relación con el rendimiento deportivo. De forma específica el objetivo fue poder proporcionar información relevante y útil para poder controlar y organizar el entrenamiento de manera racional en atletismo.

## Material y Método

### a) Participantes

La muestra fue un grupo de 24 atletas de nivel nacional en pruebas de velocidad. Ninguno de ellos presentaba lesiones en el tren inferior en el momento de la realización de las mediciones. Todos los participantes fueron informados detalladamente sobre el contenido del estudio, sus objetivos, sus posibles riesgos y beneficios, y todos ellos dieron su consentimiento por escrito antes de realizar los tests. El estudio fue realizado de acuerdo con la Declaración de Helsinki. Se desarrolló durante una temporada de aire libre, y la temporada siguiente completa, siguiendo la temporada de pista cubierta siguiente y la temporada de aire libre, respectivamente. Las características de los sujetos se presentan en la tabla 1.

El primer paso en el estudio fue la selección de sujetos. Se hizo un llamamiento de un numeroso grupo de atletas especialistas en pruebas de velocidad (100 ml, 200 ml, 400 ml) y saltos horizontales (salto de longitud y triple salto). Después de explicar detenidamente en qué consistía el estudio e informar sobre los posibles riesgos y beneficios, se seleccionó la máxima

Tabla 1. Características iniciales de los sujetos (medias  $\pm$  dt) n=24.

| Edad (años)    | Altura (cm)     | Masa corporal (kg) | Edad           | Pruebas        | Marcas           |
|----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|------------------|
| 25,4 $\pm$ 4,5 | 179,9 $\pm$ 5,6 | 75,5 $\pm$ 7,3     | 22,3 $\pm$ 3,3 | 100 ml         | 10,89 $\pm$ 0,37 |
|                |                 |                    |                | 200 ml         | 22,16 $\pm$ 0,63 |
|                |                 |                    |                | 400 ml         | 49,93 $\pm$ 1,59 |
|                |                 |                    |                | Salto Longitud | 7,03 $\pm$ 0,21  |
|                |                 |                    |                | Triple Salto   | 14,35 $\pm$ 0,74 |

muestra posible que cumpliera los requisitos exigidos para la realización del estudio. A través del desarrollo del estudio a algunos sujetos hubo que eliminarlos porque abandonaron el entrenamiento o no pudieron realizar los tests programados, de esta manera, la muestra quedó establecida en 24 sujetos.

## b) Diseño

Una vez definida la muestra se comenzó el estudio, que consistió en un seguimiento del rendimiento físico (o condición física) de los atletas durante un periodo de 71 semanas (ver gráfico de temporalización, figura 1) evaluado a través del rendimiento obtenido en el test de CMJ y la carga de entrenamiento empleada semanalmente. El test de CMJ se realizaba el lunes de cada semana, tras haber descansado el domingo, y se realizaban 5 saltos. A su vez, los entrenadores en ese mismo día en que los atletas realizaban este test nos facilitaban de forma detallada el entrenamiento seguido por los atletas en la semana previa para recoger los datos de la carga de entrenamiento semanal junto con los datos del test de CMJ.

## c) Variables

Esta carga de entrenamiento se cuantificaba semanalmente para analizar la evolución a lo largo del proceso de entrenamiento y su relación con los valores obtenidos en el test CMJ. Para la cuantificación se usó una hoja de cálculo en la que se distribuyó la carga de entrenamiento carrera, saltos y cargas adicionales (entrenamiento de pesas). La carga de entrenamiento cuantificada en carrera se organizó a través de los metros realizados en el entrenamiento, la intensidad a la que recorrían estos metros realizados y en qué zonas de distancias realizaban los metros recorridos. La carga de entrenamiento cuantificada en relación a los saltos se distribuyó en función del número de saltos realizados y el tipo de salto (vertical u horizontal, con o sin carrera previa, con apoyos alternos o simultáneos, etc). Y por último la carga de entrenamiento cuantificada en relación a las cargas adicionales (entrenamiento de pesas) se distribuyó en función del número de repeticiones totales realizadas, peso medio, la intensidad media relativa, el porcentaje que representa el peso medio de 1 repetición máxima (1RM), el índice de carga y la distribución de las repeticiones realizadas por zona de intensidad para cada uno de los ejercicios recogidos (sentadilla, media-sentadilla, cargada, arrancada y press de banca). La cuantificación de esta carga de entrenamiento se utilizó para el análisis del rendimiento físico y su evolución.

Como complemento a este seguimiento semanal realizado, se establecieron entre 2 y 9 semanas, y, dependiendo de las competiciones importantes (ver gráfico de temporalización, figura 1), una batería de tests de valoración de la fuerza explosiva del tren inferior para el seguimiento del rendimiento físico y su relación con el rendimiento específico. Los tests que se realizaron en la batería citada anteriormente fueron el CMJ, el test de CMJ con cargas progresivas (CMJ<sub>c</sub>), el test de Salto sin contramovimiento (SJ) y el ejercicio de sentadilla completa.

Para el seguimiento del rendimiento específico se registraron todas las competiciones en las que compitió cada atleta durante el periodo del estudio (71 semanas). Cabe destacar que las competiciones elegidas eran de máxima importancia para atletas y entrenadores, en las mismas competían con la intención de conseguir su mejor rendimiento. Por tanto, cuando tratemos el análisis de las competiciones en los capítulos de resultados y discusión, siempre que indiquemos la mejor y peor competición se tratará de una competición importante en la que todos los atletas pretendían obtener su mejor rendimiento y se habían preparado para ello, no siendo competiciones sin importancia para los atletas.

Antes de la realización de la batería de tests para el seguimiento del rendimiento físico los atletas realizaron una o dos sesiones de familiarización con los tests de salto y de fuerza y potencia en sentadilla en las mismas condiciones que los tests definitivos.



Figura 1. Temporalización de los tests realizados para el seguimiento del rendimiento físico.

## d) Procedimiento de medida y tests

Los tests que se realizaron en la batería citada anteriormente fueron el CMJ, el test de CMJ con cargas progresivas (CMJ<sub>c</sub>), el test de Salto sin contramovimiento (SJ) y el ejercicio de sentadilla completa. Para la realización de estos tests en el laboratorio se formaron 4 grupos de 6 atletas cada uno. Los sujetos eran informados

cada día del orden de ejecución de los distintos tests y el orden de participación de cada uno de ellos en los distintos tests. El orden de ejecución de los tests fue el mismo para los cuatro grupos. En primer lugar se realizaba un calentamiento general con carrera continua (5 min), a continuación se pasaba a realizar un calentamiento específico para el test de salto CMJ. Se ejecutaban dos series de 10-12 repeticiones de sentadillas sin carga, 5 CMJ con intervalos de 3-4 segundos en progresión y 5 CMJ a la máxima intensidad con intervalos de 45-60 segundos. Tras el test de salto de CMJ sin carga, pasaban a realizar el test de CMJ<sub>c</sub>. Se ejecutaban 3 saltos de calentamiento con la carga mínima (17 kg) y se pasaba a realizar el test. Se realizaba un intento con cada peso (con aumentos de 10 kg), y se detenía el test cuando la altura del salto era igual o inferior a 20 cm. El test de CMJ<sub>c</sub> se detenía en esta altura porque la fiabilidad es baja con las cargas que permiten saltar 20 cm o menos y porque cuando llegan a la altura de 20 cm ya se ha alcanzado la carga con la que se obtiene la máxima potencia en el test de CMJ<sub>c</sub> y se tiene información suficiente para el análisis de la curva fuerza-velocidad. El descanso entre cada intento fue de 3 min. A continuación se realizaba el test de sentadilla. Después de un calentamiento con una barra de 17 kg, la barra se iba cargando progresivamente, con aumentos de 10 kg en cada serie, hasta que la velocidad media alcanzada estuviera entre 0,7 y 0,6 m·s<sup>-1</sup>. En el ejercicio de sentadilla el test se detenía en estas velocidades de ejecución debido a que cuando llegas a estas velocidades ya se tiene información suficiente para comprobar el efecto del entrenamiento en los atletas durante el último ciclo de entrenamiento y se puede estimar con suficiente fiabilidad el valor de 1RM.

#### e) Instrumentos de medida

Para la ejecución de estos tests se empleó una plataforma de infrarrojos validada del modelo Optojump (Microgate, Bolzano, Italia) (Glatthorn 2011) para la medición de la altura de salto en CMJ, SJ y CMJ<sub>c</sub>. Para el ejercicio de sentadilla se utilizó un medidor lineal

de posición Isocontrol (JLML I+D, Madrid, España), sincronizado con una plataforma de fuerza piezoeléctrica (JLML I+D, Madrid, España). En cuanto a la fiabilidad del sujeto que realizaba las pruebas, destacar que siempre era el mismo y usaba el mismo protocolo, con una fiabilidad al terminar el estudio de 71 semanas de 0,99. Además tenía una experiencia en pruebas de este tipo de más de 5 años.

#### f) Análisis de datos

Para el análisis estadístico, la relación entre variables se analizó con el coeficiente de correlación bivariado de Pearson, y en todos los casos en que se estableció una relación entre variables o se contrastaron las diferencias entre medias se consideraron significativas si la probabilidad de error era igual o menor que el 5% ( $p \leq 0,05$ ).

### Resultados

En la tabla 2 se presentan los valores del CMJ en los momentos del mejor y peor rendimiento de los atletas a lo largo de todo el periodo analizado, así como los valores medios y las diferencias. Se puede observar que existen diferencias significativas entre los mejores y peores registros en CMJ a lo largo del periodo analizado, así como los valores obtenidos en las fechas del mejor y peor rendimiento. En este estudio, el salto vertical CMJ mostró buena estabilidad (fiabilidad): Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) de 0,97 (intervalo de confianza del 95%: 0,92-0,98), y Coeficiente de Variación (CV) de 1,3%. El salto SJ mostró buena estabilidad (fiabilidad): CCI de 0,97 (intervalo de confianza del 95%: 0,93-0,98) y CV de 3,3%.

En la tabla 3 observamos la evolución del valor en CMJ en las cuatro semanas previas a la competición, tanto en la fecha de mejor como de peor rendimiento. Se observa que en la fecha de mejor rendimiento se da una tendencia al aumento de la altura del salto hasta aproximarse al 100% del mejor registro medido

Tabla 2. Valores del CMJ durante todo el periodo analizado y en la mejor y peor competición, así como las diferencias entre ellos. (n=24).

|   |              |
|---|--------------|
| Media de los tests de CMJ realizados los lunes de cada semana (cm)                      | 50,7±2,93    |
| Media del mejor CMJ de todos los sujetos durante todo el periodo (cm)                   | 54,5±3,59    |
| Media del peor CMJ de todos los sujetos durante todo el periodo (cm)                    | 46,9±2,7     |
| Diferencia entre el mejor y el peor CMJ (%)   | 13,9±3,83*** |
| Media del CMJ de todos los sujetos en la fecha de mejor rendimiento en competición (cm) | 53,6±3,34    |
| Media del CMJ de todos los sujetos en la fecha de peor rendimiento en competición (cm)  | 50,4±3,28    |
| Diferencia en el CMJ entre el mejor y el peor rendimiento en competición (%)            | 5,9±2,5***   |

CMJ: Salto con contramovimiento \*\*\*<0,001; Los asteriscos indican las diferencias significativas de las diferencias entre variables.

Tabla 3. Valores relacionados con el CMJ en los momentos del mejor y el peor rendimiento en competición. (n=24).

|                          | Cuarta semana previa a la competición | Tercera semana previa a la competición | Semana previa a la competición | Semana de competición |
|--------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Mejor rendimiento</b> |                                       |  |                                |                       |
| CMJ (cm)                 | 51,5±3,3                              | 52±2,9***                              | 52,7±3,1***                    | 53,6±3,3***           |
| % mejor CMJ              | 94,5±2,6                              | 95,5±2,9***                            | 96,7±2,9***                    | 98,3±2,1***           |
| % CMJ en MR              | 96,1±2,5                              | 97,1±2,2***                            | 98,3±1,9***                    | 100±***               |
| <b>Peor rendimiento</b>  |                                       |  |                                |                       |
| CMJ (cm)                 | 50,5±3,3                              | 50,5±3,3                               | 50,5±3,2                       | 50,4±3,3              |
| % mejor CMJ              | 92,1±2,8                              | 92,6±2,8                               | 92,7±3                         | 92,5±2,8              |
| % CMJ en MR              | 94,5±3,2                              | 94,2±3,1                               | 94,3±2,7                       | 94,1±2,5              |

CMJ: Salto con contramovimiento; MR: Mejor Rendimiento en competición a lo largo de todo el periodo analizado.

\*\*\*<0,001; Los asteriscos indican las diferencias significativas de las distintas variables entre el mejor y el peor rendimiento.

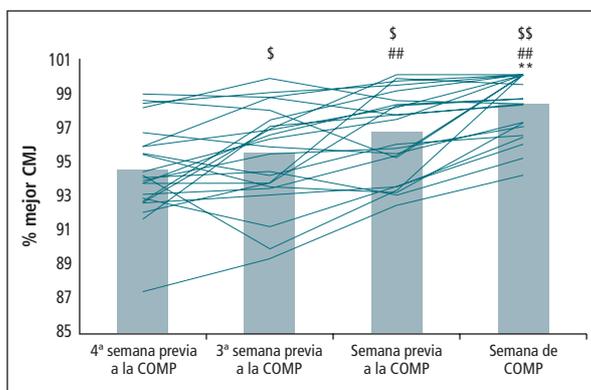


Figura 2. Evolución del CMJ durante las últimas cuatro semanas antes de la mejor competición con respecto al mejor CMJ de todo el periodo analizado.

\$ indica las diferencias con respecto al valor de la cuarta semana.  
# indica las diferencias con respecto al valor de la tercera semana.  
\* indica las diferencias con respecto al valor de la segunda semana.  
Un símbolo: p<0,05.  
Dos símbolos: p<0,01.

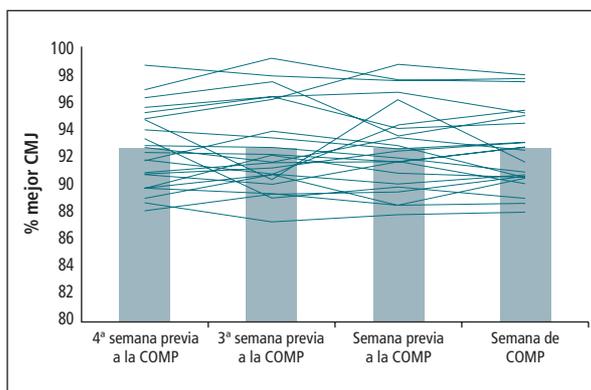


Figura 3. Evolución del CMJ durante las últimas cuatro semanas antes de la peor competición con respecto al mejor CMJ de todo el periodo analizado.

en todo el periodo analizado. En la fecha de peor rendimiento se observa que estos valores no aumentan en las cuatro semanas previas a la competición y son inferiores de manera significativa a los que se dan cuando se alcanza el mejor rendimiento.

Tabla 4. Valores de distintas variables en los momentos de mejor y peor rendimiento en competición. (n=24)

|                                 | Mejor Rendimiento | Peor Rendimiento |
|---------------------------------|-------------------|------------------|
| RFD <sub>máx</sub> CMJc (N/s)   | 36.052,8±9.360*** | 31.927,6±8.540   |
| CMJMP (kg)                      | 62,7±13,3*        | 59,4±11,7        |
| Potencia CMJMP (w)              | 2.693,4±388,3*    | 2.629,4±375,3    |
| Altura en SJ (cm)               | 30,2±3,2*         | 29±3,4           |
| Potencia SJ (w)                 | 2.221±292         | 2.177,6±278      |
| Carga de 1m/s en sentadilla(kg) | 81,5±18,1*        | 73,7±17,1        |

RFD<sub>máx</sub> CMJc: Máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo en el CMJ con cargas; CMJMP: Salto con contramovimiento con la carga con la que se alcanza la máxima potencia; SJ: Salto sin contramovimiento; Carga de 1m/s en sentadilla: Carga con la que se alcanza 1m/s en la fase concéntrica en el ejercicio de sentadilla.

\*\*\*<0,001; \*<0,05; Los asteriscos indican las diferencias significativas de las distintas variables entre el mejor y el peor rendimiento.

En las figuras 2 y 3 podemos observar de forma gráfica la evolución del valor en CMJ en las cuatro semanas previas a la competición tanto en la fecha de mejor como de peor rendimiento.

En la tabla 4 se presentan los valores de las variables medidas para el seguimiento del rendimiento específico. Estas medidas siempre fueron recogidas en los momentos próximos a las competiciones en que los atletas participaban (que oscilaban entre 3 días antes de la competición hasta 2 días después de la competición), pudiendo observar que existen diferencias significativas entre los valores en las fechas del mejor rendimiento respecto al peor.

La variable RFD<sub>máx</sub> (Máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo) en el test de CMJ con cargas es la que presenta la mayor diferencia entre la fecha de mejor y peor rendimiento. El resto de variables medidas, excepto la potencia en SJ, también presentan diferencias significativas.

**Tabla 5. Porcentaje que representa la carga de entrenamiento durante las cuatro últimas semanas antes de la mejor y peor competición con respecto a la máxima carga de entrenamiento en una semana durante todo el periodo analizado. (n=24).**

|                   | Cuarta semana previa a la competición | Tercera semana previa a la competición | Semana previa a la competición | Semana de competición |
|-------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------|
| Mejor rendimiento | 39,5±14***                            | 42,2±14,9                              | 32,6±13,7*                     | 29,5±13,9**           |
| Peor rendimiento  | 56,1±20,1                             | 50,6±20,5                              | 44,4±18,2                      | 38,5±15,8             |

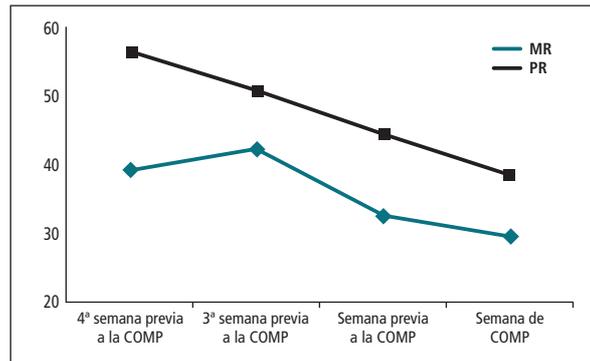
\*\*\*<0,001; \*\*<0,01; \*<0,05; Los asteriscos indican las diferencias significativas de las distintas variables entre el mejor y el peor rendimiento.

En la tabla 5 se presenta la evolución de la carga de entrenamiento en las cuatro semanas previas a la competición tanto en la fecha de mejor como de peor rendimiento. Se puede observar que los valores de carga en todas las semanas previas a la obtención del mejor rendimiento, excepto en la tercera, son significativamente inferiores a las aplicadas durante las semanas previas al peor rendimiento. En los dos casos se observa una tendencia a la disminución de la carga a medida que se acerca la competición. Esto se puede observar en la figura 4.

**Discusión**

La problemática general planteada en este estudio hace referencia a cuál es la relación entre la carga de entrenamiento y el rendimiento. Adicionalmente, se añade la valoración de algunos indicadores de condición física de los cuales se comprueba su evolución con respecto a la del rendimiento deportivo específico. Estos indicadores de rendimiento físico se pueden utilizar como referencias para controlar la evolución de la condición física una vez comprobada su relación con el rendimiento específico.

Los conocimientos científicos sobre la efectividad y contenidos de los métodos de entrenamiento está muy poco desarrollada (Pampus y col., 1990). En este mismo sentido se manifiesta Kuipers (1998), que indica que existen pocos datos científicos acerca del entrenamiento óptimo para alcanzar el pico máximo de rendimiento. Los estudios experimentales parecen indicar que no se puede aceptar que cuanto más carga mejor será el resultado (Matveev y Gilyasova, 1990; Costill y col., 1991; González-Badillo y col., 2005; González-Badillo y col., 2006; Kraemer y col., 1995; Fry y col., 1994). Por tanto, tomando como referencia los escasos datos experimentales disponibles, sobre todo con deportistas de competición, parece no haber una relación lineal entre la carga de entrenamiento y los resultados, sino curvilínea (Kuipers, 1996; González-Badillo y col., 2005; González-Badillo y col., 2006; Busso, 2003), lo que indica que un aumento moderado de la carga puede producir efectos positivos, pero



**Figura 4.** Evolución de la carga de entrenamiento durante las cuatro últimas semanas antes del mejor (MR) y peor rendimiento (PR) durante todo el periodo analizado.

llegados a ciertos valores dicho aumento produce un efecto negativo. En este sentido, Edington y Edgerton (1976; en Stone y col., 1991) afirman que mientras la rápida mejora del rendimiento puede estar relacionada con la intensidad, el nivel final de rendimiento está inversamente relacionado con la propia intensidad. Aun en el caso de que el uso continuado de cargas elevadas no produzca descenso en el resultado del ejercicio entrenado (sentadilla) sí puede ser contraproducente en otros rendimientos como los de velocidad (Fry y col., 2000).

Los resultados de nuestro estudio vienen a confirmar todas estas observaciones experimentales y las opiniones expuestas de los diferentes autores. No se encontró ningún estudio que pueda ser comparable directamente con el nuestro dado el carácter longitudinal del mismo y el tipo de análisis realizado.

De las 71 semanas que duró el proceso de seguimiento de los sujetos, en 60 de ellas se hizo una medición del salto CMJ los lunes de cada semana. En la tabla 2 se puede observar que la diferencia entre la altura del salto entre el mejor (54,5 cm) y el peor (46,9 cm) de ellos fue significativa. Pero, lo más importante es que la altura del salto (53,6 cm) en la semana que se obtuvo el mejor rendimiento en competición fue significativamente superior a la alcanzada (50,4 cm) en la semana en que se alcanzó el peor rendimiento específico. Estos resultados sugieren que el control del CMJ en la misma semana de competición puede ser un buen predictor de rendimiento del sujeto dentro de esa misma semana en

las pruebas de velocidad (100 ml, 200 ml y 400 ml) y saltos horizontales (salto de longitud y triple salto) en el atletismo, pruebas en las que el rendimiento depende muy directamente de la fuerza y la producción de fuerza en la unidad de tiempo.

Una aportación más importante, por el número de evaluaciones relacionadas con la mejor y peor competición, fue la evolución de la altura del salto durante las cuatro últimas semanas previas a la competición. En la tabla 3 se puede observar que cuando el sujeto alcanzaba el mejor resultado en competición, la altura del salto aumentaba progresivamente desde la cuarta semana previa a la competición hasta la propia semana de competición, mientras que cuando el sujeto alcanzaba el peor resultado, los valores del salto eran prácticamente idénticos durante las cuatro semanas, y significativamente inferiores a los obtenidos en las tres últimas semanas antes de la competición cuando se alcanzaba el mejor rendimiento. Además, la mejora de la altura del salto cuando se alcanzó el mejor rendimiento en competición fue significativa en cada semana con respecto a la semana anterior (figura 2). Naturalmente, estas diferencias no se produjeron en el caso del peor rendimiento (figura 3). Estos resultados son una importante aportación de este estudio porque pueden dar información muy relevante para controlar la evolución del rendimiento específico a través de una prueba de fácil realización y sin ninguna interferencia sobre el entrenamiento. Pero, además, dado que la información se puede obtener desde bastantes días previos a la competición, el conocimiento de los resultados de este test permitiría realizar modificaciones adecuadas para cambiar la tendencia en el caso de que el rendimiento no fuese el adecuado. Naturalmente estos cambios exigirían un conocimiento de la carga de entrenamiento y de la evolución previa de la misma, así como la evolución del propio CMJ. En páginas posteriores analizaremos la relación entre la carga y el rendimiento.

Además del control del salto vertical el lunes de cada semana, en los días próximos a las competiciones importantes también se realizaron una serie de pruebas para comprobar el rendimiento en fuerza y potencia en distintos ejercicios. En la tabla 3 se presentan los resultados que se dieron cuando se alcanzaba el mejor y peor rendimiento específico. Para el análisis de estas variables se compararon los valores obtenidos el día de la mejor y peor competición. La variable que mostró una mayor diferencia fue la RFD<sub>máx</sub> media de todos los saltos CMJ con cargas hasta que el sujeto alcanzaba la carga de máxima potencia. Si se tiene en cuenta que este test se puede realizar con frecuencia, e incluso el mismo día de la competición, y habiendo obtenido

unos valores de RFD<sub>máx</sub> tan diferentes ( $p < 0,001$ ) en ambas situaciones, parece razonable aceptar que un test de estas características es sumamente útil para predecir el resultado en competición en cualquier momento del ciclo de entrenamiento y el propio día de la competición. Naturalmente, no se ha encontrado ningún estudio que haya hecho un análisis semejante, por lo que estamos ante una nueva aportación que por los resultados obtenidos permitiría afirmar que la RFD<sub>máx</sub> media obtenida en el salto CMJ con cargas hasta que el sujeto salta aproximadamente 20 cm, tiene un gran poder de discriminación de los resultados obtenidos en competición. Sólo falta que posibles repeticiones de este estudio confirmen estos hallazgos iniciales.

La carga con la que el sujeto alcanza la máxima potencia, el propio valor de la potencia y la altura del salto SJ también son superiores de manera significativa cuando se alcanza el mejor resultado en competición que cuando el resultado es el peor. Hay que destacar que las dos primeras variables indicadas se miden al mismo tiempo que la RFD<sub>máx</sub> analizada previamente, por lo que no sería necesario realizar nuevos tests para obtener esta información. Dado que el SJ, aunque es significativamente superior cuando se obtiene el mejor rendimiento, no aporta mayor información que las variables anteriores, probablemente no sería necesario realizarlo como test predictivo.

La carga de 1m/s en sentadilla es otra variable que presenta valores significativamente superiores cuando el rendimiento es el mejor. Dado el bajo esfuerzo que exige y la facilidad de ejecución, también sería un test útil para predecir el rendimiento, aunque probablemente prescindible o sustituible por los anteriores.

El conjunto de todas estas pruebas vienen a confirmar que probablemente la mejora de la fuerza, medida como se ha llevado a cabo aquí, es una condición necesaria para la mejora del rendimiento. Queda por determinar si los cambios en la fuerza presentarían una suficiente relación con los cambios en el rendimiento. Pero observando los resultados obtenidos, parece bastante plausible la hipótesis de que una mejora en el rendimiento en las variables relacionadas con el salto vendrá acompañada de una mejora en el rendimiento en las pruebas de velocidad y saltos horizontales, acciones en las que la fuerza aplicada y la producción de fuerza en la unidad de tiempo en la acción específica son determinantes del rendimiento en competición. Además, asumiendo que la técnica puede ser un componente de mejora del rendimiento en este tipo de pruebas, cabe destacar que la mejora de la condición física evaluada en aspectos relacionados con la fuerza y la potencia influyen de manera decisiva en la mejora del rendimiento. También decir que son atletas con

gran experiencia y una técnica consolidada y la mejora física, en este caso, sería un aspecto relevante.

Una de las aportaciones más importantes de este estudio es la relación encontrada entre la carga de entrenamiento y el resultado en competición. Se puede observar que los valores de carga en todas las semanas previas a la obtención del mejor rendimiento, excepto en la tercera, son significativamente inferiores a las aplicadas durante las semanas previas al peor rendimiento. Aunque tienen en común el hecho de la tendencia a la disminución de la carga a medida que se acerca la competición en ambos casos.

Como se ha indicado al exponer los resultados, los valores de cada semana se cuantifican como porcentajes de la semana con máximo valor de carga alcanzado por cada sujeto durante todo el periodo analizado. Si se tiene en cuenta que estos valores son la media de 24 sujetos de competición, parece razonable aceptar que en las cuatro últimas semanas no sería recomendable superar valores semanales del 40-45% del valor de la carga máxima realizada.

De los resultados se deduce que probablemente la aplicación de una carga de entrenamiento significativamente superior a aquella con la que se consiguieron los mejores rendimientos podría ser la razón por la que se alcanzaron los peores resultados. Es probable que la carga de entrenamiento aplicada en las cuatro últimas semanas presente una relación curvilínea con el rendimiento, de tal manera que la carga aplicada cuando se obtuvo el peor de los rendimientos pudiera ser la máxima realizada ante una competición. Dada la ingente cantidad de datos y la dificultad para encontrar competiciones en las que los porcentajes del mejor rendimiento fueran comunes a todos los sujetos, se limitó el análisis al mejor y peor resultado. Por el momento se puede considerar que es una aportación importante, aunque el análisis de la tendencia del rendimiento en relación con la carga necesitaría al menos dos o tres valores más de rendimientos intermedios entre el mejor y el peor.

Los resultados de este estudio están de acuerdo con los trabajos experimentales que indican que no se puede aceptar que cuanto más carga mejor será el resultado (Matveev y Gilyasova, 1990; Costill y col., 1991; González-Badillo y col., 2005; González-Badillo y col., 2006; Kraemer y col., 1995; Fry y col., 1994), así como que parece no haber una relación lineal entre la carga de entrenamiento y los resultados, sino curvilínea (Kuipers, 1996; González-Badillo y col., 2005; González-Badillo y col., 2006; Busso, 2003). Por tanto, la literatura científica y los resultados de este estudio coinciden en el hecho de que es importante buscar la carga óptima en cualquier ciclo y especialmente en las

cuatro últimas semanas antes de la competición. Se podría sugerir que una tendencia a la reducción de la carga y valores no superiores al 40-45% de la máxima carga semanal pueden proporcionar resultados positivos en la competición.

Es destacable el hecho de que la carga aplicada durante las cuatro últimas semanas no sólo parece determinar el rendimiento, sino que también determina la capacidad de salto. Esta afirmación se deduce del hecho de que en el caso del mejor rendimiento el salto mejora de manera continua en cada semana, mientras que en el peor rendimiento hay un claro estancamiento de la capacidad de salto y con valores significativamente inferiores que en el caso anterior. La capacidad de salto es dependiente de la carga aplicada, pero al ser el CMJ un buen predictor del rendimiento, podría ser también un indicador válido para justificar con tiempo suficiente la necesidad de modificar la carga si la evolución de rendimiento no se manifiesta de una manera positiva. El sentido de la modificación de la carga dependerá de los propios valores de carga inmediata, los cuales podrían cuantificarse en función del porcentaje que representen de la máxima carga realizada en los últimos ciclos de entrenamiento o en toda la vida deportiva.

Probablemente también tiene importancia en el rendimiento la evolución de las cargas dentro del último mes. En la figura 2 se observa que la disminución de la carga fue totalmente lineal cuando se obtuvo el peor rendimiento, mientras que cuando el rendimiento fue el mejor hay un pico en la tercera semana para posteriormente disminuir de manera más acusada en la segunda y primera con una tendencia exponencial. Esta tendencia parece ser más adecuada que la lineal (Bosquet y col., 2007; Mujika y Padilla, 2001; Thomas y Busso, 2005). Por otra parte, el volumen medio realizado fue el 36% del volumen de la carga semanal máxima, lo que significa una reducción del 64% de la carga, lo que está próximo a la reducción del volumen propuesta por Bosquet y col. (2007) después de hacer un metaanálisis para determinar las características del *tapering* más adecuado. Finalmente, la reducción clara de la carga en las dos últimas semanas también parece coincidir con lo propuesto por estos autores.

## Conclusiones y aplicaciones prácticas

- El control del CMJ en la misma semana de competición puede ser un buen predictor del rendimiento del sujeto dentro de esa misma semana en las pruebas de velocidad (100 ml, 200 ml y 400 ml) y saltos horizontales (salto de longitud y triple salto) de atletismo.

- La RFD<sub>máx</sub> media obtenida en el salto CMJ con cargas hasta que el sujeto salta aproximadamente 20 cm, tiene un gran poder de discriminación de los resultados obtenidos en competición.
- Una mejora en el rendimiento en las variables relacionadas con el salto durante las cuatro semanas previas a la competición tenderá a venir acompañada de una mejora en el rendimiento en las pruebas de velocidad (100 ml, 200 ml y 400 ml) y saltos horizontales (salto de longitud y triple salto) de atletismo.
- La tendencia a la reducción de la carga durante las cuatro semanas previas a la competición, con una tendencia exponencial en las dos últimas semanas, y valores máximos de carga semanal no superiores al 40-45% de la máxima carga semanal realizada por el sujeto, tienden a producir los mejores resultados en la competición.
- El CMJ puede ser un indicador válido para justificar con tiempo suficiente la necesidad de modificar la carga durante las cuatro últimas semanas antes de la competición si la evolución del rendimiento no se manifiesta de una manera positiva. Esta propuesta se basa en el hecho de que el CMJ es un buen predictor del rendimiento y, además, dependiente de la carga semanal aplicada durante las cuatro semanas previas a la competición.

Para las pruebas de velocidad y saltos horizontales en atletismo, estas conclusiones conllevan una importante aplicación práctica que podría tener su uso como se indica a continuación:

- La información aportada por el test CMJ cada semana debe utilizarse para controlar la evolución del rendimiento específico a través de una prueba de fácil realización y sin ninguna interferencia sobre el entrenamiento. Los resultados de este test nos permiten realizar modificaciones adecuadas de la carga para intentar cambiar la tendencia del rendimiento en el caso de que éste no fuese el adecuado.
- Sería aconsejable para obtener un rendimiento óptimo una disminución de la carga durante las cuatro últimas semanas con el máximo valor de cargas en la tercera semana, para posteriormente disminuir de manera más acusada en las dos últimas con una tendencia exponencial, así como no emplear cargas superiores al 40-45% de la máxima carga semanal empleada por el sujeto hasta la fecha.

Una vez finalizado este estudio y reconociendo las limitaciones que tiene, pero tras el análisis de algunas de las conclusiones que nos brinda, y su aplicación práctica para el entrenamiento deportivo en las pruebas de velocidad y saltos horizontales para el atletismo, sería conveniente profundizar en algunos de los aspectos analizados pero aumentando el análisis de las variables a otras disciplinas del atletismo e incluso a otros deportes. A su vez, podría ser interesante añadir algunas variables de tipo metabólico para comprobar si existe alguna relación entre el control del entrenamiento a través del CMJ y su relación con la carga de entrenamiento realizada con los parámetros metabólicos que produce el entrenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aragon-Vargas, L.F. & Gross, M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. *J of Applied Biomechanics*, 13, 24-44.
- Avalos, M., Hellard, P. & Chatard, J.C. (2003). Modeling the training-performance relationship using a mixed model in elite swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 838-846.
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The Relation Between Running Speed and Measures of Strength and Power in Professional Rugby League Players. *J. Strength and Cond. Res.* 13(3): 230-235.
- Banister, E.W., Calvert T.W., Savage M.V. & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Aust. J. Sports Med.* 7:57-61.
- Banister, E.W., Morton, R.H. & Clarke, J.R. (1997). Clinical dose-response effects of exercise. In: *The Physiology and Pathophysiology of Exercise Tolerance*. Steinacker JM and Ward SA (Eds.). New York: Plenum, pp. 297-309.
- Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. App. Physiol.* 50:273-282.
- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D. & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Aug; 39(8):1358-65.
- Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A.B., Messonnier, L. & Lacour, J.R (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100m sprint running. *J Sports Med Phys Fitness*. Sep; 42(3): 274-81.
- Brown, D.D. (2000). Pulmonary responses to exercise and training. In: *Exercise and Sport Science*. W.E. Garrett and D.T. Kirkendall, eds. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins. pp. 117-134.
- Busso, T., Denis, C., Bonnefoy, R., Geysant, A. & Lacour, J. (1997). Modeling of adaptations to physical training by using a recursive least squares algorithm. *J Appl Physiol* 82:1685-1693.
- Busso, T. (2003). Variable Dose-Response Relationship between Exercise Training and Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 35, No. 7, pp. 1188-1195.
- Costill, D.L., Thomas, R., Robergs, R.A., Pascoe, D., Lambert, C., Barr, S. & Fink, W.J. (1991). Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:371-377.
- Davies, C.T., Dooley, M., McDonagh, P. & White, M.J. (1985). Adaptation of mechanical properties of muscle to high force training in man. *J. of Physiology*. 365: 277-284
- Driss, T.H., Vandewalle, H. & Monod, H. (1998). Maximal power and force velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players: correlation with vertical jump test. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 37:175-181.
- Fitz-Clarke, J.R., Morton, R.H. & Banister, E.W. (1991). Optimizing athletic performance by influence curves. *J. Appl. Physiol.* 71:1151-1158.
- Foster, C., Daniels, I. & Yarbrough, R. (1977). Physiological and correlates of marathon running performance. *Aust. J. Sports Med.* 9:58-61.

- Foster, C., Hector, L.L., Welsh, R., Schrager, M., Green, M.A. & Snyder, A.C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *Eur J Appl Physiol*; 70: 367-372
- Foster, C., Daines, E., Hector, L., Snyder, A.C., & Welsh, R. (1996). Athletic performance in relation to training load. *Wis. Med. J.* 95:370-374.
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 30:1164-1168.
- Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, H., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise. Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115, pp. 7.
- Fry, A.C., Kraemer, W.J., Van Borselen, F., Lynch, J.M., Marsit, J.L., Roy, E.P., Triplett, N.T. & Knuttgen, H.G. (1994). Performance decrements with high-intensity resistance exercise overtraining. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26:1165-1173.
- Fry, A.C., Webber, J.M., Weiss, L.W., Fry, M.D. & Li, Y. (2000). Impaired performances with excessive high-intensity free-weight training. *J Strength Cond Res*; 14: 54-61.
- González Badillo, J.J. (1995). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Ed. Inde. Barcelona.
- González Badillo, J.J. (2002). Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Módulo 2.3. Capítulo 6 – Evaluación de la fuerza páginas 48 a 76 en González Badillo y Gorostiaga. COE. Madrid.
- González-Badillo, J.J. (2000) Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. *Infocoos.* 5(2): 3-14.
- González-Badillo, J.J. & Ribas, J. (2002) Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE.
- González-Badillo, J.J., Gorostiaga, E.M., Arellano, R. & Izquierdo, M. (2005). Moderate resistance training volume produces more favourable strength gains than high or low volumes. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 19 (3): 689-697.
- 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. *J Strength Cond Res* 25(2): 556-560.
- Hakkinen, K. & Kauhainen, H. (1989). Daily changes in neural activation, force-time and relaxation-time characteristics in athletes during very intense training for one week. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 29: 243-249.
- Kuipers, H. (1996). How much is too much? Performance aspects of overtraining. *Res. Q. Exerc. Sport*, 67: S65-S69.
- Kuipers, H. & Keizer, H.A. (1988). Overtraining in elite athletes. Review and directions for the future. *Sports Med*; 6: 79-92.
- Kuipers, H. (1998). Training and overtraining: an introduction. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1137-1139.
- Kukolj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D. & Jaric, S. (1999). Anthropometric, strength, and power predictors of sprinting performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 39:120-122.
- Lees, A., Vanrenterghem, J. & De Clercq, D. (2004). The maximal and submaximal vertical jump: implications for strength and conditioning. *J. Strength Cond. Res.* 18(4), 787-791.
- Marques, M.C., Van den Tillaar, R., Vescovi, J.D. & González-Badillo, J.J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sports Physiol Perform.* Dec;2(4):414-22
- Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J. & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41(2): 159-164.
- Matveyer, L.P. & Gilyasova, V.B. (1990). The dynamics of the training load. In: *A collection of European Sports Science Translations* (part II): 39-41.
- Mero, A., Luthanen, P., Viitasalo, J.T. & Komi, P.V. (1981). Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scand. J. Sports Sci.* 3:16-22.
- Mero, A., Komi, P.V., Rusko, H. & Hirvonen, H. (1987). Neuromuscular and anaerobic performance of sprinters at maximal and supramaximal speed. *Int J Sports Med*; 8: 60.
- Morton, R.H., Fitz-Clark, J.R. & Banister, E.W. (1990). Modeling human performance in running. *J. Appl. Physiol.* 69: 1171-1177. PMID:2246166
- Mujika, I., Chatard, J.C., Busso, T., Geysant, A., Barale, F. & LaCoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20, 395-406.
- Mujika, I. (1996). The influence of training characteristics and tapering on the adaptations in highly trained individuals. A review. *Int.* 19:436-439.
- Mujika, I., Busso, T., Lacoste, L., Barale, F., Geysant, A. & Chatard, J.C. (1996b). Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:251-258.
- Mujika, I. & Padilla, S. (2001). Muscular characteristics of detraining in humans. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 33, No. 8, pp. 1297-1303.
- Pampus, B., Lehnertz, K.Y. & Martin, D. (1990). The effect of different load intensities on the development of maximal strength and strength endurance. In: *A collection of European Sports Science Translations* (part II): 20-25
- Roth, W., Hasart, E., Wolf, W. & Pansold, B. (1983). Untersuchungen zur Dynamik der Energiebereitstellung während maximaler Mittelzeitausdauerbelastung. *Med. Sport* 23:107-114.
- Sleivert, G. & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol*; 91: 46-52.
- Smirnov, M. (1998). Do we need a methodological reform? *Modern athlete and coach.* 36 (2): 33-36.
- Steinacker, J.M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *Int. J. Sports Med.* 14:S3-S10.
- Stone, M.H., Keith, R.E., Kearney, J.T., Fleck, S.J., Wilson, G.D. & Triplett, N.T. (1991). Overtraining: a review of the signs, symptoms and possible causes. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5(1): 35-50.
- Vandewalle, H., Peres, G. & Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med* 4, 268-289.
- Wenger, H.A. & Bell, G.J. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med* 3: 346-356.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*; 38(3): 285-8.