

Curso 2014-15

TFG – Estudio de la pérdida de velocidad en el método de entrenamiento de la fuerza Cluster.



Marta Sevilla Sanchez
TUTOR: RAFAEL SABIDO SOLANA
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



Índice

Introducción	2
Material y método.....	4
<i>Sujetos</i>	4
<i>Diseño experimental</i>	4
<i>Análisis y tratamiento de los datos</i>	6
Resultados	8
<i>VMP Intra-carga</i>	8
VMP Inter-cargas.....	9
Lactato.....	11
<i>RPE</i>	11
<i>Correlaciones</i>	12
Discusión	12
Aplicaciones prácticas	16
Conclusiones	16
Bibliografía	17
Anexos	21

Introducción

Las variables utilizadas para la prescripción del entrenamiento de fuerza son múltiples y su dosis marcan las exigencias a nivel neuromuscular y, como consecuencia, distintas respuestas/adaptaciones al entrenamiento. Estas variables son la intensidad (carga), la frecuencia y el volumen (series x repeticiones) (Rhea, Alvar, Burkett, & Ball, 2003), la velocidad de contracción, la proporción trabajo-descanso o densidad y el tiempo bajo tensión (Tran, Docherty, & Behm, 2006). El término intensidad se puede referir a dos conceptos: la intensidad de carga (IC) se refiere a la magnitud de resistencia a vencer, y por otro lado la “intensidad esfuerzo” (IE) describe el nivel de esfuerzo aplicado, es decir, el número de repeticiones que se realiza en un ejercicio concreto, sobre el número total que se podría realizar (intensidad esfuerzo) con una carga determinada (Fisher & Smith, 2012). Todas estas variables son interdependientes, por lo que un incremento de en la magnitud de una variable puede disminuir otra variable. La modificación de cada una de las variables citadas, da lugar a un amplio abanico de investigación de dosis-respuesta en el entrenamiento de fuerza.

La manipulación de la variable densidad (i.e. relación entre trabajo y descanso) da lugar a distintas configuraciones de la serie, surgiendo con ello el novedoso método de entrenamiento de la fuerza Cluster, descrito como la inclusión de periodos de descanso incompleto dentro de la propia serie. La configuración de la serie da lugar a diversos términos que a continuación son citados y aclarados: Inter-repetition rest (IRR) incluir descansos entre repeticiones, Intra-set rest (ISR) o Cluster, incluir descansos entre agrupaciones de repeticiones e Inter-set rest o entrenamiento tradicional, incluir descansos entre series (Lawton, Cronin, Drinkwater, & Al, 2004). Las diferencias entre las respuestas agudas y crónicas (i.e. adaptaciones) al entrenamiento de la fuerza entre el método tradicional, que implica la realización de las repeticiones de una manera continua, cercano o que conduce al fallo muscular, y el método Cluster son numerosas. Aunque aún existe controversia en la literatura respecto a si entrenar sin llegar al fallo es más o menos efectivo que entrenar llegando al fallo muscular (metodología tradicional) para incrementar más la fuerza. Varios artículos reportan que es necesario llegar al fallo muscular para optimizar las ganancias de fuerza debido a que se produce un mayor estrés metabólico necesario para conseguir esas adaptaciones (Goto, Ishii, Kizuka, & Takamatsu, 2005), mientras otros reportan que no es necesario llegar al fallo y aportan datos que demuestran iguales o mayores mejoras en el rendimiento muscular con dicha metodología (Izquierdo, Ibañez, et al., 2006). Estudios previos han demostrado que los efectos agudos de una configuración de la serie más corta (es decir, sin llegar al fallo muscular) son: reducción del impacto metabólico (Girman, Jones, Matthews, & Wood, 2014), un menor impacto sobre la respuesta cardiovascular (Iglesias-Soler, Boullosa, et al., 2014) y un mayor rendimiento mecánico durante el transcurso del ejercicio (Haff et al., 2003; Iglesias-Soler et al., 2012) en comparación con las configuraciones de serie más largas/metodología tradicional. Sin embargo, los efectos crónicos de los beneficios del entrenamiento Cluster versus el tradicional son contradictorios. Autores aportan que la utilización del método Cluster produce un menor rendimiento muscular (Lawton et al., 2004) y otros aportan que produce un mayor rendimiento muscular (Oliver et al., 2013) en comparación con el entrenamiento tradicional. Teniendo en cuenta que los mecanismos por los que se consigue una mejora de la fuerza son multifactoriales (Gabriel, Kamen, & Frost, 2006; Schoenfeld, 2010), y que las adaptaciones al entrenamiento de la fuerza con la metodología Cluster y con la metodología tradicional pueden ser diferentes, la explicación de estas controversias en la literatura podría ser debido a la no equiparación de la intensidad carga e intensidad esfuerzo en los distintos protocolos del diseño experimental. Teniendo en cuenta que con Cluster se pueden alcanzar volúmenes mayores en una sesión, cabe

preguntarse qué volumen sería el óptimo para maximizar las ganancias de fuerza tras un periodo de entrenamiento.

Garantizar una correcta prescripción de ejercicio físico es un proceso complejo que conlleva tener en cuenta muchas variables, como hemos citado anteriormente, y las dosis-respuesta de las mismas. Pero no debemos obviar un componente determinante en el entrenamiento de fuerza, la velocidad de ejecución. La velocidad de ejecución aporta información relevante sobre si se está cerca o lejos de fallo muscular, siempre que la intención por parte del sujeto sea de realizar la ejecución a la máxima velocidad posible, y es un criterio determinante a tener en cuenta en la prescripción, control y valoración de la intensidad en el entrenamiento de la fuerza, debido a que las exigencias neuromusculares y, consecuentemente, los efectos del entrenamiento, depende de la misma (J. J. González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Juan José González-Badillo, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & Pareja-Blanco, 2014; Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo, 2014). La pérdida de velocidad se ha reconocido como uno de los diversos, indicadores de fatiga neuromuscular en el entrenamiento de fuerza (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). En el método de entrenamiento de la fuerza tradicional, la descripción de la pérdida de velocidad se ha medido y analizado en dos ejercicios, press de banca y sentadilla, con diferentes intensidades de carga (60%, 65%, 70% y 75% de 1RM) pero a una misma intensidad esfuerzo (CE 100%, hasta el fallo muscular), aportando que las diferencias significativas de velocidad media propulsiva, con respecto a la media de las dos primeras ejecuciones, se localizaban en press de banca entre el 34 y el 40% del total de número de repeticiones realizadas y en sentadilla entre el 48 y el 69% (Izquierdo, González-Badillo, et al., 2006). Hasta el momento, no se ha encontrado en literatura ningún estudio que analice de la pérdida de velocidad en el entrenamiento Cluster, y si el patrón de pérdida es común a todos los sujetos, como en el caso del entrenamiento tradicional. El estudio de la pérdida de velocidad en Cluster aportaría una nueva herramienta de trabajo para los entrenadores, pudiendo configurar diferentes orientaciones del entrenamiento, en función de permitir mayores o menores pérdidas de velocidad, que equivalen a acercarse más o menos al fallo muscular, con las ventajas e inconvenientes que conlleva cada orientación, sin necesidad de utilizar un transductor de velocidad (ejemplo: encoder lineal, rotatorio,...).

Además, otro mecanismo utilizado para el control y monitorización de la fatiga son las escalas de percepción subjetiva del esfuerzo. Tradicionalmente sólo eran utilizadas en ejercicios de carácter aeróbico, pero en la actualidad, su validez para el entrenamiento de fuerza también ha sido demostrada (Lagally & Robertson, 2006). La literatura parece indicar que hay una asociación lineal entre el RPE (escala de percepción subjetiva del esfuerzo) y la intensidad carga en el entrenamiento de fuerza tradicional (Lagally et al., 2002). Mayo et al. (2014) hacen nuevas aportaciones comparando el RPE resultante de la aplicación de ambas metodologías, siendo mayor en la sesión de entrenamiento tradicional, en comparación con la metodología Cluster, equiparando volumen, intensidad carga y ratio trabajo-descanso. Concluyendo así, que el RPE podría verse afectado por la configuración de la serie utilizada. Sería interesante comprobar si existe una relación lineal entre el RPE y la pérdida de velocidad en la metodología de entrenamiento de la fuerza Cluster, ya que la literatura parece indicar que es probable y sería una herramienta muy eficaz y eficiente para el control del entrenamiento de corroborarse dicha relación.

En conclusión y, hasta donde llega nuestro conocimiento, no hay ningún estudio que describa la pérdida de velocidad en el método de entrenamiento de la fuerza Cluster en el ejercicio de press de banca llevado hasta el fallo, y su relación con el RPE.

En esta línea, el objetivo de nuestro estudio es describir la pérdida de velocidad con la metodología de entrenamiento de la fuerza Cluster, con dos intensidades de cargas diferentes

(4 y 12RM) a una misma intensidad esfuerzo (50%), en el ejercicio press de banca. La selección de los dos tipos de intensidades fue realizada por ser dos cargas muy utilizadas en el entrenamiento de la fuerza, pudiendo catalogar la carga 4RM como alta y la del 12RM como baja o ligera. Ambas cargas forman parte del continuum de la fuerza resistencia que definen adaptaciones, aunque se localizan alejadas dentro del mismo (Campos et al., 2002). El último propósito de este trabajo es contribuir a la mejora de la prescripción del ejercicio con la metodología Cluster, mediante el estudio de la pérdida de velocidad, el impacto metabólico y la percepción subjetiva del esfuerzo.

Material y método

Sujetos

Los participantes que formaron parte del estudio fueron 8 varones físicamente activos (edad 24 ± 5 años, talla 182 ± 8 cm y peso 81 ± 11 kg). Los sujetos tenían una experiencia previa en sala de musculación de 2 días/semana durante 1 año como mínimo (véase Tabla 1). Todos los participantes accedieron a ser sujetos experimentales del presente estudio de forma voluntaria y firmaron un consentimiento, donde se explicaba todo el proceso que se iba a seguir, los objetivos del estudio, los posibles peligros del mismo y las indicaciones que debían respetar para que los resultados fueran fiables.

Tabla 1. Se representan el promedio \pm la desviación típica de las características de los sujetos que participaron en el estudio.

Características de los sujetos			
N(4RM)=7; N(12RM)= 8	Media	\pm	SD
Edad (años)	24,0	\pm	5,4
Talla (m)	1,8	\pm	0,1
Peso (kg)	81,2	\pm	10,9
Experiencia (años)	4,4	\pm	5,7
4RM (kg)	82,8	\pm	22,1
12RM (kg)	67,4	\pm	19,8

Diseño experimental

El protocolo del estudio consistió en completar 3 sesiones, una de valoración del 4RM y 12 RM, y dos de entrenamiento a la misma hora del día (± 1 h) del ejercicio press de banca en la máquina estándar de Smith (Life Fitness, Brunswick Corp, USA). Entre cada una de las 3 sesiones se estableció realizar un descanso mínimo de 72h. Véase Figura 1.

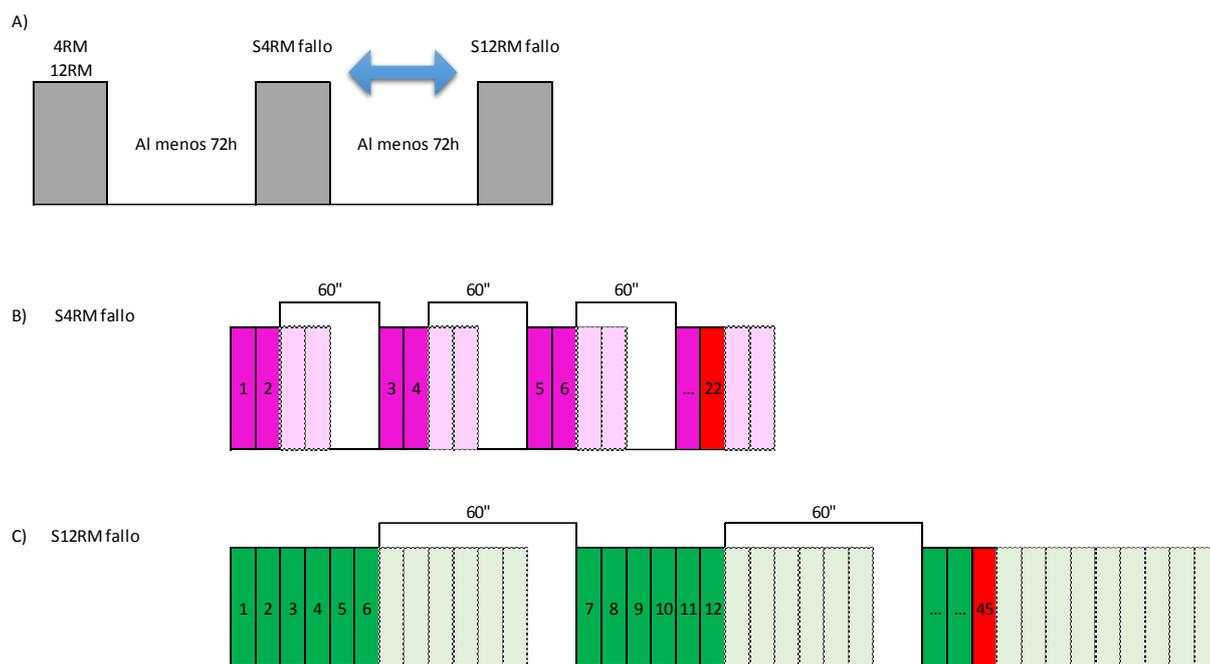


Figura 1 – A) Representación esquemática del estudio, B) Ejemplo de la sesión de Cluster hasta el fallo con el 4RM de un sujeto al 50% del Carácter del Esfuerzo (CE) y con una recuperación de 60" entre agrupaciones de repeticiones y C) Ejemplo de la sesión de Cluster hasta el fallo con el 12RM de un sujeto al 50% del CE y con una recuperación de 60" entre agrupaciones de repeticiones.

Todas las sesiones comenzaban con un calentamiento para aumentar la temperatura muscular que consistía en un estiramiento dinámico en la que se movilizaba la zona implicada en la acción, en nuestro estudio el miembro superior, y se continuaba con la realización de dos series de 10 repeticiones con una carga del 50% del posterior volumen a movilizar, con recuperación incompleta de 2 minutos entre ambas teniendo como objetivo la activación neural y metabólica.

En la primera sesión, se realizaba una breve anamnesis a cada sujeto para obtener información de en qué fecha nacieron, qué deporte practicaban, en qué momento de la temporada estaban y su experiencia previa en sala de musculación. También se les pesaba (con la báscula Tanita Body Inner Scan BC-601) y se les medía con tallímetro.

Además, era testado el 4 y el 12RM, correspondientes a dos zonas de carga, de cada sujeto (ST), en el orden reflejado por cuestiones fisiológicas y anatómicas, dejando entre ambas evaluaciones un tiempo completo de 30 minutos de recuperación (Campos et al., 2002). Con ninguna de las dos cargas se realizaron más de 3 series para cuantificar el 4 y el 12RM.

En cada una de las dos sesiones posteriores, fue llevada hasta el fallo una de las cargas: sesión 4RM hasta llegar al fallo (S4RM) y sesión 12RM hasta llegar al fallo (S12RM), aleatorizando el orden de las mismas entre sujetos, con una IE del 50% y teniendo un tiempo de recuperación de 1 minuto entre cada bloque de agrupaciones. Aunque habitualmente en el método Cluster suele establecerse recuperaciones entre agrupaciones de repeticiones de 30 segundos, se amplió en nuestro caso, para evitar las diferencias entre sujetos en cuanto a tiempos de recuperación de esfuerzos de alta intensidad (Skiba, Fulford, Clarke, Vanhatalo, & Jones, 2014).

Al sujeto se les daba la indicación de mover la barra a la máxima velocidad en cada repetición (Juan José González-Badillo et al., 2014).

La velocidad alcanzada en cada repetición fue monitorizada a través de un encoder lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, Spain), que consistía en un transductor de velocidad. El cable fue posicionado en uno de los extremos de la barra. El sistema T-Force fue conectado al ordenador mediante un convertidor analógico de 14 bit de resolución e integrado con un amplificador CED Power1401 (CED Power1401, Cambridge Electronic Design, Cambridge, UK) para registrar el desplazamiento de la barra. La frecuencia fue de 1000 Hz.

Tras cada agrupación de series se preguntaba y anotaba la escala de percepción subjetiva del esfuerzo OMNI-RES (1-10) de cada sujeto (Bautista et al., 2014; Robertson et al., 2003) Además, pre y post- ejercicio, era testada la lactacidemia de cada deportista con un analizador portable de la concentración lactato en sangre (Lactate Scout, SensLab GmbH, Germany), usando un método de enzimas amperométrico para la detección del lactato en los capilares sanguíneos, requiriendo una muestra de 5 μ L y un tiempo de análisis de 15 segundos. La replicabilidad de este dispositivo fue previamente evaluada. (Tanner, Fuller, & Ross, 2010). Véase imágenes del procedimiento de la evaluación en el *Anexo I*.

Análisis y tratamiento de los datos

El tratamiento de los datos se realiza en Excel y para el análisis de los datos se utiliza el software SPSS versión 17.0 (SPSS, Inc, Chicago, IL, USA). Los parámetros descriptivos se presentan como Media \pm Desv. Típica. La distribución normal o no, de los parámetros, se comprueba con la prueba de Shapiro Wilk.

En una primera instancia se comprueba si hay o no diferencias entre el desplazamiento de la barra durante la fase excéntrica Intra-carga, entre el valor promedio de desplazamiento del primer y del último bloque, con la prueba T de Student para muestras relacionadas. A continuación se comprobó si existían o no diferencias entre el desplazamiento promedio de la fase excéntrica de todos los bloques completados entre ambas cargas (4 y 12RM) con la prueba T de Student para muestras independientes. En el caso de que no cumplieran la normalidad, se realizaba la prueba U de Mann-Whitney. El motivo de este análisis fue comprobar si existían o no diferencias en cuanto a la calidad de la ejecución se refiere entre sujetos y entre cargas. El criterio de calidad establecido era la no existencia de diferencias en el desplazamiento de la barra durante la fase excéntrica, para poder realizar posteriormente las comparaciones o reajustes necesarios para poder compararlos a nivel estadístico.

Una vez completado este análisis, por un lado se estudia la pérdida de velocidad dentro de cada carga (Intra-carga), compuesta por dos fases.

- En una primera fase se realiza una Regresión Lineal Individual (“RLI”), también llamada pendiente, de valores absolutos de Velocidad Media Propulsiva (“VMP”) promedio de cada bloque, en Excel mediante el método de mínimos cuadrados. Véase *Anexo II*. De forma paralela se calculan los valores porcentuales estipulados (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100%) en referencia al Número de Bloques Máximos (“NBM”) completados de cada sujeto. Posteriormente se realiza una estimación de VMP, utilizando la ecuación de RLI resultante y substituyendo en la misma los valores correspondientes a los porcentajes

del número de bloques máximos (“NBM”) de cada sujeto. Considerando sólo los bloques que se completaron.

Caso práctico:

1º Se calcula la línea de tendencia, la ecuación de Regresión Lineal Individual asociada a la misma de la VMP media de cada bloque y su R^2 , de cada sujeto.

Ej. Sujeto X; $y = -0,0149x + 0,3579$.

2º Paralelamente, se calcula el número de bloques que correspondería a cada porcentaje (10%, 20%, 30%...del Número Bloques Máximos, NBM) a nivel individual.

Ej. El 10% del NBM completados para el Sujeto X (que completó un número total de 12 bloques), sería de 1,2 bloques (ya que supone el 10% de 12).

3º Se estima, sustituyendo en la ecuación de RLI, qué velocidad se correspondería a ese “teórico” 1,2 NBM completados.

Ej. Sujeto X; $y = -0,0149x + 0,3579$, sustituyendo la $x=1,2$ obtendríamos el resultado $y=0,34$.

La interpretación resultante sería que la estimación de la VMP referente al 10% del NBM completados del Sujeto X sería de 0,34 m/s.

Este análisis de datos se replicaría con cada uno de los porcentajes y con cada uno de los sujetos, de forma individualizada.

Se realiza todo el proceso anteriormente detallado con la VMP y con el RPE de ambas cargas (4 y 12RM), para posibilitar la comparación y el análisis inter-sujetos de los valores obtenidos.

- En una segunda fase, con cada una de las cargas, se realiza: una comparación por pares a priori entre la velocidad media propulsiva (“VMP”) de la mejor repetición del primer bloque* y la VMP cuando era completado cada uno de los valores porcentuales establecidos; el tamaño del efecto de la comparación de la VMP de la mejor repetición del primer bloque* y cada uno de los valores porcentuales establecidos; y, los porcentajes de pérdida de VMP de cada uno de los valores porcentuales establecidos en relación a la mejor repetición del primer bloque*.

* (Mejor repetición del primer bloque: definida como la que alcanzaba un valor absoluto mayor en referencia a VMP).

Si los datos cumplen la normalidad se realiza la prueba de comparación por pares a priori de muestras relacionadas con la T de Student y ajuste de Bonferroni.

Si no cumplen la normalidad se utiliza la prueba de Friedman y comparaciones con Wilcoxon con ajuste de Bonferroni.

Por otro lado se realiza un estudio comparativo entre las dos cargas (Inter-cargas), 4 y 12RM. Se comparan las siguientes variables: pendiente de la VMP de los bloques, la VMP promedio de los bloques, la VMP de la mejor repetición del primer bloque*, la VMP de la última repetición antes de llegar al fallo, el porcentaje de pérdida de VMP total y el porcentaje de VMP hasta que se producían diferencias significativas con respecto a la mejor repetición*. Si los datos cumplen normalidad, comparación para muestras no relacionadas con la prueba T de Student. Si no cumplen la normalidad, comparación por pares para variables no paramétricas con la U de Mann-Whitney.

Se calculó el tamaño del efecto mediante la diferencia de medias estandarizadas (d). Intervalos de Confianza del 95% de d se obtiene de acuerdo con estimaciones asintóticas del

error estándar de medidas repetidas pareadas, calculando la d de Cohen (Cohen & others, 1988; Nakagawa & Cuthill, 2007). Las variables no paramétricas fueron analizadas con el delta de Cliff (MacBeth, Razumiejczyk, & Ledsema, 2012).

Tras identificar los factores que podrían afectar a la VMP o al NBM fueron realizadas correlaciones con los coeficientes de correlación lineal de Pearson en caso de que los datos cumplieren normalidad, si no cumple la normalidad, coeficiente de correlación de Spearman.

El valor de significación para todas las pruebas estadísticas se fijó en $p < 0.05$.

Resultados

VMP Intra-carga

En el valor promedio de la distancia recorrida de la barra durante la fase excéntrica, no hubo diferencias entre ambas cargas ($p= 0,901$), ni tampoco entre el primer y el último bloque dentro de cada una de las cargas (4RM $p= 0,672$ y en 12RM $p=0,082$).

La Velocidad Media Propulsiva (“VMP”) de la carga de 4RM sigue un patrón común en todos los sujetos. La VMP sufre un decremento lineal desde la mejor repetición hasta completar el NBM en cada sujeto.

Las ecuaciones lineales de los valores en absoluto de VMP, de cada sujeto, en la carga 4RM tenían un $R^2= 0,9 \pm 0,08$ (media \pm SD) y en la carga 12RM $R^2= 1,0 \pm 0,02$.

En la carga del 4RM, los datos de la comparación por pares a priori de cada sujeto nos indican que a partir del 40% de NBM completados, comienzan a haber diferencias significativas en términos de VMP con respecto a la VMP de su mejor repetición (véase Figura 2). La pérdida de VMP en porcentaje hasta la significación con respecto a la mejor repetición, en la carga del 4RM, sería de $19 \pm 5\%$.

En la carga de 12RM se observó el mismo hecho (véase Figura 2), también la VMP de todos los sujetos sigue un patrón común. Las diferencias en VMP, al igual que en la carga del 4RM, comienzan a ser significativas a partir del 40% del NBM completados de cada sujeto con respecto a la VMP de su mejor repetición. La pérdida de VMP en porcentaje hasta la significación con respecto a la mejor repetición, en la carga del 12RM, sería de $16 \pm 9\%$.

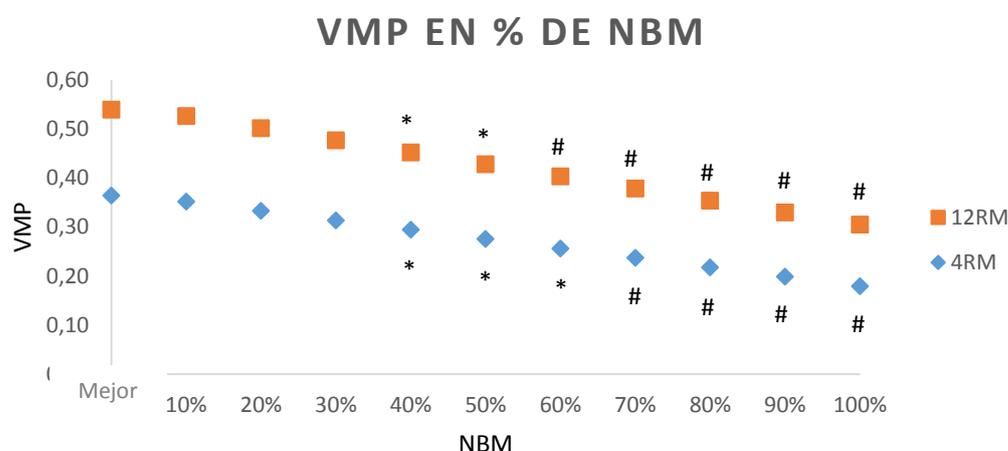


Figura 2. Se representan los valores promedio y los intervalos de confianza al 95% de la Velocidad Media Propulsiva (VMP, en m/s) en relación al valor porcentual del MNB con ambas cargas (4 y 12RM) de los sujetos. Comparación por pares a priori (prueba T) de cada valor porcentual completado con la mejor repetición. * $P < .05$. # $P < .01$. Abreviaturas: Mejor rep= mejor repetición.

VMP Inter-cargas

Los valores promedio y las desviaciones típicas de las variables NBM, VMP promedio de todos los bloques, pendiente VMP de los bloques, VMP de la mejor y la última repetición realizada por cada sujeto y el porcentaje de VMP pérdida en total y de pérdida hasta la significación, pueden consultarse en la Tabla 2.

El NBM completados hasta llegar al fallo no se puede afirmar que sea distinto comparando ambas cargas y así lo refleja la Tabla 2.

Comparando la pendiente de las cargas (4 y 12RM), tras aplicar el análisis estadístico, los datos analizados concluyen que no existen diferencias significativas, por tanto no se puede afirmar que sean distintas (véase Tabla 2).

El promedio de la VMP por bloques es mayor significativamente en la carga del 12RM respecto a la del 4RM (véase Tabla 2).

La VMP de la mejor y la última repetición son significativamente mayores con la carga del 12RM respecto al 4RM y así lo indica la Tabla 2.

El porcentaje de pérdida de VMP total y el porcentaje de pérdida hasta la significación, ambas variables respectivamente tomando como marco de referencia la mejor repetición dentro de cada carga, es equivalente, no habiendo diferencias significativas entre la carga 4RM y la carga 12RM (véase análisis estadístico en Tabla 2 y representación en Figura 3).

El tamaño del efecto es pequeño en cuanto a la pendiente y % de pérdida de VMP hasta la significación se refiere, medio comparando % pérdida de VMP total y, grande, en la VMP promedio, la VMP de la mejor repetición y la VMP de la última repetición (véase Tabla 2).

Tabla 2. Se presentan los valores promedio y desviación típica, de las dos cargas (4 y 12RM), de la Velocidad Media Propulsiva ("VMP") de los bloques completados (en unidad de m/s), la pendiente de la VMP de los bloques completados, la VMP de la mejor rep (en m/s), la VMP de la última rep completada (en m/s) y el porcentaje de pérdida de VMP total (en m/s). Se presenta también la comparación entre ambas cargas (4 y 12RM) de las presentes variables con la prueba T de Student de comparación de muestras independientes, a excepción de la variable pendiente, que al no cumplir normalidad, la comparación se realizó a través de una prueba no paramétrica, la U de Mann-Whitney. *P < .05. #P < .01.

Comparación inter-cargas				
N (4RM)=7; N (12RM)= 8	Media ± SD		Sig. 4RM Vs. 12RM	ES
	4RM	12RM		
Pendiente VMP bloques	-0,024 ± 0,011	-0,042 ± 0,022	0,189	0,10
VMP promedio de los bloques	0,26 ± 0,05	0,39 ± 0,08	0,002*	1,95
VMP mejor repetición	0,36 ± 0,08	0,54 ± 0,09	0,002*	2,11
VMP última repetición	0,15 ± 0,04	0,19 ± 0,04	0,049*	1
% de pérdida VMP total	41,26 ± 11,3	35,94 ± 8,58	0,319	0,53
% de pérdida VMP hasta sig.	19,10 ± 5,46	16,17 ± 8,9	0,623	0,41

Abreviaturas: VMP = velocidad media propulsiva; sig.= significación; ES = tamaño del efecto.

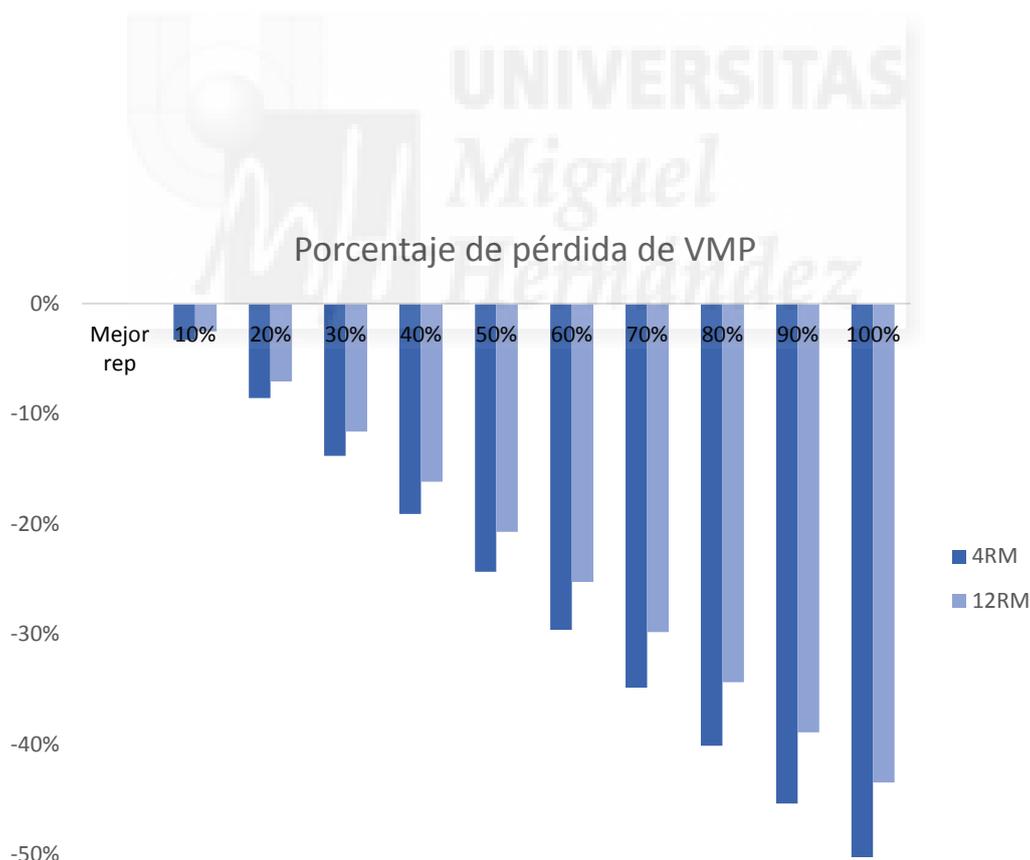


Figura 3. Se representa el promedio del porcentaje de Velocidad Media Propulsiva (VMP, en m/s) perdida tras completar el valor porcentual (10%, 20%, 30%, 40%,...) con respecto a la mejor repetición de forma individualizada, de cada carga (4 y 12RM).

Lactato

Los datos indican que en la variable lactato, entre los valores pre-sesión de las dos cargas, no hay diferencias significativas (media \pm SD de lactato pre-sesión del 4RM = $3,5 \pm 0,8$ mmol/L y del 12RM = $3,4 \pm 0,8$ mmol/L). En cambio, en los valores post-sesión sí que se encuentran diferencias significativas (4RM= $4,2 \pm 1,0$ mmol/L y 12RM= $7,5 \pm 1,5$ mmol/L). Por otro lado, el análisis de la diferencia entre el lactato post- y el lactato pre-sesión, también llamado lactato delta, sólo refleja que hay diferencias significativas en la carga del 12RM (Véase Figura 4).

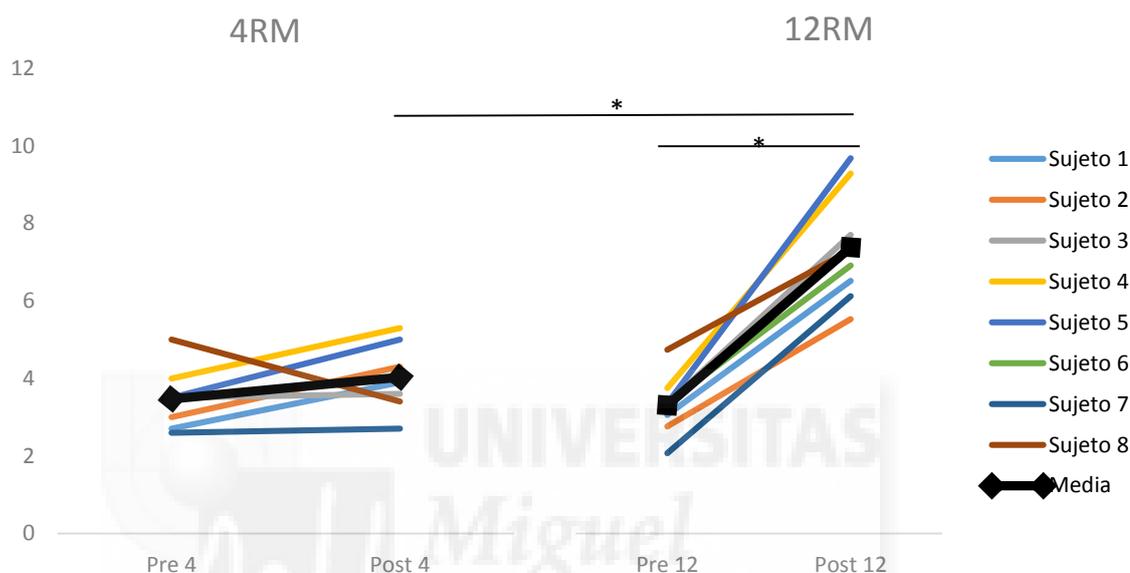


Figura 4. Se representa concentración de lactato en sangre (en mmol/L) medida pre-sesión (tras calentamiento) y post-sesión (transcurrido 1 minuto), de ambas cargas (4 y 12RM). * $P < .01$.

RPE

La percepción subjetiva del esfuerzo de cada sujeto sigue un patrón común con ambas cargas. La carga a nivel interno para los sujetos sufre un crecimiento progresivo y lineal, sin haber diferencias significativas entre las cargas (4 y 12RM), en cuanto a promedio y pendiente se refiere. Véase Figura 5.

Tampoco se producen diferencias significativas entre los valores anotados tras completar el primer bloque de cada sujeto comparando ambas cargas (media \pm SD en 4RM= $6,0 \pm 0,6$ y en 12RM= $5,9 \pm 1$).

Rpe promedio 4 y 12RM

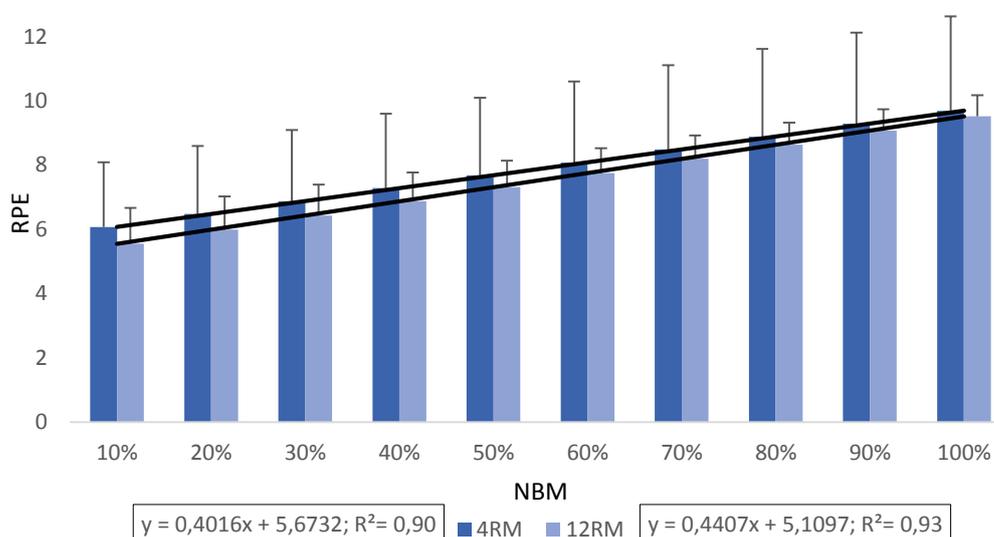


Figura 5. Se representa el promedio y desviación típica de la percepción subjetiva del esfuerzo (medido a través de la Escala OMNI) en relación al valor porcentual indicado del NBM, con ambas cargas (4 y 12RM).

Correlaciones

Las correlaciones que fueron significativas, tras el análisis de los datos, fueron algunas lógicas, como las que se citan a continuación: los que movilizaban una mayor carga en el test del 4RM, también lo hacían en el test del 12RM; los que movilizaron una mayor carga en el test del 12RM tuvieron un mayor porcentaje de pérdida de VMP hasta llegar al fallo; los sujetos que tenían una VMP mayor en la mejor repetición, tuvieron una mayor VMP promedio en los bloques, dentro de ambas cargas; y, los que tuvieron más pendiente de pérdida de VMP en la carga del 4RM también la tuvieron en la carga del 12RM.

Por otro lado, el análisis desveló correlaciones significativas entre las pendientes del RPE y la VMP dentro de cada carga.

El valor de lactato sanguíneo no correlacionó con ninguna otra variable dentro de su carga. Y tampoco correlación el NBM realizados con la carga 4RM, con el NBM con la carga 12RM.

Discusión

El objetivo principal del presente estudio era describir la pérdida de velocidad en una serie hasta el fallo muscular en el método de entrenamiento de la fuerza Cluster con dos intensidades de carga y una misma intensidad esfuerzo. El principal hallazgo encontrado en el presente estudio fue la existencia de un patrón de pérdida de velocidad lineal de la VMP común a todos los participantes, en ambas cargas. Además, tanto con la carga de 4RM como en la de 12RM se encontraron diferencias significativas de VMP a partir del 40% del NBM, cuando se comparaban con la mejor repetición realizada.

La presencia de un patrón común de pérdida de velocidad en el método de entrenamiento Cluster hasta el fallo concuerda con los resultados del estudio de Iglesias-Soler et al. (2014). En dicho estudio compararon dos sesiones con distinta configuración de serie (sesión tradicional y sesión Cluster) en el ejercicio sentadilla, llevando a los sujetos también hasta el fallo muscular. En la sesión tradicional los sujetos realizaban 3 series con una intensidad carga de 4RM y una intensidad esfuerzo del 100%, con 3 minutos de recuperación entre series. En la sesión Cluster la intensidad carga era de 4RM, y la intensidad esfuerzo era de 1 repetición con la carga que podían hacer 4, por lo que resultaba en una intensidad de esfuerzo del 25%. Estos autores utilizaron una recuperación individualizada que se obtenía tras equiparar las sesiones por la relación entre trabajo y pausa. Los deportistas realizaron un mayor volumen de repeticiones y una mayor VMP promedio en la sesión Cluster, sin embargo la pérdida de velocidad era lineal en ambas sesiones. Estos resultados concuerdan con los hallazgos obtenidos en el presente estudio realizado con el ejercicio de press de banca. Hasta el alcance de nuestro conocimiento, sólo hay otro artículo, en la actualidad, que lleva a los sujetos hasta el fallo muscular con la metodología Cluster (Iglesias, Boullousa, Dopico, & Carballeira, 2010). En dicho artículo los autores reportan el número de repeticiones y la velocidad en dos ejercicios (press de banca y curl de bíceps) realizados con cargas medias (70%) y metodología tradicional y altas con metodología Cluster (90%). Los resultados de este estudio concluyen que la metodología Cluster utilizando cargas altas permitió a los sujetos realizar un mayor número de repeticiones y mantener una velocidad media mayor dentro de la serie hasta el fallo, en comparación con la metodología tradicional que utilizaba una carga menor. Sin embargo, no se analizó el patrón de pérdida de velocidad por lo que los resultados no pueden ser comparados con los de nuestro estudio.

En la metodología tradicional, Izquierdo et al. (2006), describieron la pérdida de velocidad en dos ejercicios, press de banca y sentadilla, a lo largo de una sesión hasta el fallo con diferentes intensidades cargas (60%, 65%, 70% y 75% del 1RM) y a una misma intensidad esfuerzo (100%). Tal y como sucede en nuestro estudio, cada ejercicio tenía su patrón de pérdida de velocidad común a todos los sujetos, independientemente de la intensidad carga del mismo. Además, en el ejercicio press de banca las diferencias significativas de velocidad media se localizan entre el 34 y el 40% del número de repeticiones máximas realizadas, dato similar a los encontrados en nuestro estudio con Cluster, donde dichas diferencias tienen lugar a partir de un porcentaje similar (40%). Asimismo, con la metodología tradicional, el porcentaje de pérdida de velocidad hasta la significación fue aproximadamente del 15,9% (valor obtenido tras sustituir en la ecuación de regresión lineal de la Fig.4 dentro del artículo de Izquierdo et al., 2006), respecto a la máxima velocidad media alcanzada, muy similar a la que se ha encontrado en el presente estudio con la metodología Cluster (4RM=19,10% y en 12RM=16,17%). Los deportistas que participaron en nuestra investigación, llegaron al fallo muscular a velocidades inferiores a 0,20 m/s (en 4RM = $0,15 \pm 0,04$ y en 12RM = $0,19 \pm 0,04$ m/s), tal y como sucede en la metodología tradicional (J. J. González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010), aunque en nuestro estudio se encontraron diferencias significativas entre los valores de ambas cargas ($p = 0,049$).

En el presente trabajo, calculamos la pendiente de la VMP de la media de los bloques de cada sujeto y de cada carga, ya que es la única forma objetiva para poder realizar comparaciones estadísticas a nivel intra- e intercarga. No existieron diferencias significativas en las pendientes ni entre los sujetos, ni entre las cargas. En la metodología tradicional se habla de que las "formas"/"patrones" de pérdida de velocidad son muy parecidos dentro de cada ejercicio independientemente de la intensidad carga utilizada, pero no reportan datos de pendientes, lo que dificulta la comparación de datos con el presente estudio (Izquierdo, González-Badillo, et al., 2006).

Nuestros datos muestran que hay una alta variabilidad interindividual en ambas cargas, en cuanto a la MNB se refiere. En el estudio participaron sujetos de muy distinta condición física y practicaban diferentes modalidades deportivas, aunque todos en efecto conocían y estaban familiarizados con la ejecución técnica del ejercicio de press de banca. Por lo cual nuestro estudio no está libre de limitaciones, alguno de los sujetos no estaba familiarizado con el entrenamiento de fuerza llegando al fallo muscular y, como consecuencia, podría condicionar los resultados obtenidos. De la notable variabilidad interindividual puede derivar las diferencias entre sujetos respecto al volumen total acumulado durante la sesión con cada una de las cargas. En nuestro estudio, se completaron un promedio de 20 NBM con el 4RM y de 44 NBM con la carga de 12RM, que equivaldrían en ambos casos a una media aproximada de 5 series con el 4RM y de 4 con el 12RM llegando al fallo, lo que representa un volumen similar respecto a una sesión de entrenamiento de la fuerza tradicional (Rhea et al., 2003). A pesar de que los volúmenes estén equiparados, la sesión de entrenamiento Cluster sería de mayor calidad, porque como hemos comentado anteriormente, habría una menor pérdida de velocidad. Tras un proceso de familiarización o contando con sujetos más entrenados es posible que se puedan alcanzar con el método Cluster volúmenes muy superiores respecto a la metodología tradicional acorde a lo que indican otros trabajos. De hecho, ya hay estudios previos que reportan datos de sujetos que alcanzan 35 repeticiones en press de banca y curl de bíceps con cargas del 90% de 1RM, estableciendo pausas de 30" inter-repetición (Iglesias et al., 2010). Además, hay que tener en cuenta que cuando se equipara el ratio trabajo-pausa y se modifica la configuración de la serie, el impacto a nivel metabólico (Girman et al., 2014), cardiovascular (Iglesias-Soler, Boulosa, et al., 2014) y de percepción del esfuerzo (Mayo et al., 2014), es menor en metodología Cluster. Este impacto menor en los diferentes sistemas favorece un mejor rendimiento distribuyendo las pausas entre repeticiones o bloques de repeticiones, datos que sustentan que con la metodología Cluster el volumen a completar sea más elevado y de mayor calidad respecto a la metodología tradicional.

Por otro lado, el análisis de los valores de lactato sanguíneo muestra que no hay diferencias significativas entre valores pre- de ambas cargas, pero sí en los valores post- ($p < 0,01$), por consiguiente, se podría afirmar que el impacto metabólico llegando al fallo muscular es mayor en la carga del 12RM (valores del lactato sanguíneo post-sesión = $7,48 \pm 1,48$ mmol/l) respecto a la carga 4RM (LA = $4,19 \pm 0,96$ mmol/l). Son más repeticiones por lo que es normal que implique más una vía metabólica que requiera alta energía pero que pueda perdurar en el tiempo, la vía glucolítica (Gastin, 2001). Se produce un incremento significativo entre el valor pre- y post- lactato en la carga del 12RM ($p < 0,01$). Sin embargo, en la carga 4RM no existen diferencias significativas, aunque cabe destacar, tal y como puede verse en la Figura 4, que hay un sujeto que tiene una tendencia inversa al resto (presenta un valor atípico), por lo que dificulta el análisis de datos al tratarse de una muestra reducida. Por tanto, los datos obtenidos respecto al lactato delta del 4RM (diferencia entre el valor post- y el pre-) hay que tomarlos con cautela. También hay que tener en cuenta que el ratio trabajo/descanso para cada una de las cargas fue diferente y cuanto menor sea, menor será la concentración sanguínea de lactato (Paulo, Roschel, Ugrinowitsch, Kobal, & Tricoli, 2012). En nuestro estudio la relación trabajo/descanso era menor en la carga del 4RM, al igual que era menor la concentración de lactato en sangre y no había diferencias respecto al post-, resultados que van en línea con lo que reporta la literatura. Además, la sesión con la carga del 12 RM era más prolongada en el tiempo, ya que se llegan a alcanzar un número total de repeticiones mucho mayor. Por lo tanto, la configuración de la serie parece afectar a las respuesta metabólicas después del ejercicio de fuerza, debido a que el contenido de fosfocreatina muscular puede haber sido repuesto con mayor eficacia durante los intervalos de descanso entre esas series más cortas (Balsom, Söderlund, Sjödín, & Ekblom, 1995; McMahon & Jenkins, 2002). Además, los resultados parecen indicar que, tras equiparar la

intensidad esfuerzo y con una misma duración de la recuperación en el diseño de una sesión de entrenamiento hasta el fallo, la intensidad carga 12RM tiene una orientación de carácter más metabólico, mientras que la intensidad carga 4RM tiene una orientación de carácter más neuromuscular.

En relación a la percepción del esfuerzo encontramos que existe una tendencia lineal en las dos cargas, en la que el RPE- OMNI se incrementa a medida que se avanza en el número de bloques completados. En ambas cargas, los sujetos atribuían un valor de 6 sobre 10 (en 4RM= $6,0 \pm 0,6$ y en 12RM= $5,9 \pm 1$) al esfuerzo realizado tras completar el primer bloque, lo que concuerda con que la variable intensidad de esfuerzo es igual en las dos cargas, es decir, RPE e intensidad esfuerzo van en la misma línea. Las dos cargas son llevadas a la extenuación, siendo el RPE reportado final de 10, en ambas cargas. Por tanto, nuestro estudio parece confirmar los hallazgos encontrados en el artículo de de Morree, Klein, & Marcora (2012), en el cuál correlacionaban las medidas a nivel fisiológico sobre activación muscular y la percepción subjetiva del esfuerzo. De acuerdo con estas aportaciones, la escala RPE-OMNI podría ser un método útil de control y monitorización de la fatiga en Cluster, sin embargo se ha de comprobar con otras intensidades de esfuerzo y otros periodos de pausa. El problema surge cuando queremos prescribir entrenamiento Cluster con la percepción subjetiva del esfuerzo, ya que al sustituir en la ecuación lineal resultante, se obtiene que completar 40% del NBM (porcentaje a partir del cual comienzan a haber diferencias significativas de VMP) equivale a un RPE estimado de 6,9, dato incongruente, ya que en dicha escala los valores son números naturales (es decir, sin parte decimal) que van del 0 al 10. Además, la desviación típica de dicha media es de $\pm 0,9$, y eso en términos de VMP equivaldría a completar un 20 o un 90% del NBM. El problema planteado puede ser debido a la escala utilizada, que podría solucionarse con el uso de otra distinta. Sería interesante investigar con más detalle otro tipo de escalas de percepción subjetiva del esfuerzo en el entrenamiento de fuerza Cluster, como por ejemplo la *Visual Analogic Scale* (Rebello et al., 2012). Por otro lado, el análisis estadístico desveló correlaciones significativas entre las pendientes del RPE y la VMP dentro de cada carga. La escala de RPE-ONMI podría ser un método útil y eficiente para monitorizar la VMP en el entrenamiento de la fuerza y darle una u otra orientación con ello al propio entrenamiento (Lagally & Robertson, 2006; Robertson et al., 2003).

En último lugar, el análisis muestra que no existen correlaciones entre el NBM con la carga del 4RM y con la carga del 12RM, lo que sugiere que la resistencia muscular viene determinada por diferentes componentes en cada una de las cargas, ya que el fatiga muscular es multifactorial (Ament & Verkerke, 2009; Gandevia 2001; MacIntosh 2012). Tampoco se encontró una correlación entre los participantes más fuertes y el NMB. Estos resultados van en línea con el artículo de Iglesias-Sole et al. (2014), que reporta la inexistencia de la correlación entre el 1RM y 4RM con el número máximo de repeticiones realizadas en una sesión Cluster hasta el fallo. La resistencia muscular se puede ver influenciada por la carga absoluta movilizada, ya que podría provocar una mayor acumulación de metabolitos y mayor dificultad de paso de la sangre que provocaría un mayor estrés al sistema con sus consecuentes mayores adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de la fuerza (Ratamess et al., 2012). Por lo tanto, la metodología Cluster permite entrenar con altas cargas, manteniendo la calidad en cada ejecución durante más tiempo a lo largo de la serie, y alcanzando volúmenes mayores durante la misma. Esto es importante si tenemos en cuenta que el volumen realizado en la sesión de entrenamiento de la fuerza es un factor clave para la consecución de adaptaciones positivas respecto a las ganancias de fuerza (Juan José González-Badillo, Izquierdo, & Gorostiaga, 2006).

En cambio, el valor del lactato sanguíneo no correlacionó con ninguna otra variable dentro de su carga, por tanto, se podría llegar a pensar que su incremento no perjudica al rendimiento

del entrenamiento de fuerza hasta el fallo. En una reciente investigación Martorelli et al., (2015) estudiaron las diferencias entre tres entrenamientos, utilizando el ejercicio de press de banca, con el mismo número de repeticiones pero diferentes configuraciones de las series. Estos autores tampoco encontraron correlación entre el lactato obtenido tras los entrenamientos Cluster con ninguna variable mecánica obtenida. Por lo tanto, los niveles de lactato sanguíneos no parecen ser un indicador válido para monitorizar o controlar el entrenamiento de fuerza. De esta manera la acidosis intercelular del músculo no perjudica la excitabilidad muscular y tiene efectos protectores durante la fatiga muscular (Pedersen, Nielsen, Lamb, & Stephenson, 2004).

Aplicaciones prácticas

La presente investigación contribuye a la mejora de la prescripción del entrenamiento Cluster. La pérdida de velocidad es un indicador de fatiga neuromuscular, por tanto, posibilitar el conocimiento de la evolución de la VMP a lo largo de una sesión con metodología Cluster hasta el fallo, aporta a los entrenadores una herramienta muy útil de trabajo. Principalmente, deportistas de élite y poblaciones especiales pueden beneficiarse de los efectos de entrenar con esta metodología, posibilitando el trabajo con altas cargas y altos volúmenes, obteniendo con ello mejoras en el rendimiento de la fuerza por ambas vías (neural y metabólica) y con menores niveles de fatiga.

Conclusiones

En conclusión y de la comparación de los resultados del presente estudio con lo reportado en la literatura respecto a la pérdida de velocidad, obtenemos que la VMP decrece de forma lineal, independientemente de cuál sea la configuración de la serie utilizada, la intensidad carga o la intensidad esfuerzo. Sigue un patrón común para todos los participantes y, llega al fallo a velocidades similares, dentro de cada uno de los ejercicios de fuerza existentes. No hay diferencias en cuanto a la pendiente de VMP que siguen los sujetos, independientemente de cuál sea la intensidad carga. Las diferencias significativas de VMP, respecto a la mejor repetición, se localizan a partir del 40% del NBM, al igual que en el entrenamiento tradicional. Futuros estudios son necesarios para comprobar si con otras intensidades de carga e intensidades de esfuerzo y con diferentes ejercicios, se mantiene el mismo patrón o no, en esta metodología de entrenamiento de la fuerza. Por otro lado, la correlación entre la pendiente de la VMP y del RPE parece indicar que el RPE podría ser un método útil para el control y monitorización de la fatiga en Cluster. Aunque también futuros estudios deberán abordar esta línea de investigación para corroborar o desmentir los resultados y así seguir generando conocimiento.

Bibliografía

- Balsom, P. D., Söderlund, K., Sjödín, B., & Ekblom, B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiologica Scandinavica*, 154(3), 303–10. <http://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1995.tb09914.x>
- Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Tamayo, I. M., González, A., Robinson, J. E., Chiroso, L. J., & Robertson, R. J. (2014). Predicting Power Output of Upper Body using the OMNI-RES Scale. *Journal of Human Kinetics*, 44, 161–9. <http://doi.org/10.2478/hukin-2014-0122>
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., ... Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 50–60. <http://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
- Cohen, J., & others. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*.
- De Morree, H. M., Klein, C., & Marcora, S. M. (2012). Perception of effort reflects central motor command during movement execution. *Psychophysiology*, 49(9), 1242–53. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01399.x>
- Fisher, J., & Smith, D. (2012). Attempting to better define intensity for muscular performance: Is it all wasted effort. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 4183–4185. <http://doi.org/10.1007/s00421-012-2463-0>
- Gabriel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(2), 133–49. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16464122>
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(10), 725–41. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11547894>
- Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, 14, 151–9. <http://doi.org/10.1080/17461391.2013.775351>
- González-Badillo, J. J., Izquierdo, M., & Gorostiaga, E. M. (2006). Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20(1), 73–81. <http://doi.org/10.1519/R-16284.1>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 1–10. <http://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>

- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, *31*, 347–352. <http://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., & Takamatsu, K. (2005). The Impact of Metabolic Stress on Hormonal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*, 955–963. <http://doi.org/10.1249/01.mss.0000170470.98084.39>
- Haff, G. G., Whitley, A., McCoy, L. B., O’Bryant, H. S., Kilgore, J. L., Haff, E. E., ... Stone, M. H. (2003). Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *17*, 95–103. [http://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0095:EODSCO>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0095:EODSCO>2.0.CO;2)
- Iglesias, E., Boulosa, D. A., Dopico, X., & Carballeira, E. (2010). Analysis of Factors That Influence the Maximum Number of Repetitions in Two Upper-Body Resistance Exercises: Curl Biceps and Bench Press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(6), 1566. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8eabe>
- Iglesias-Soler, E., Boulosa, D. a., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., Castro-Gacio, X., & Dopico, X. (2014). Effect of set configuration on hemodynamics and cardiac autonomic modulation after high-intensity squat exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, n/a–n/a. <http://doi.org/10.1111/cpf.12158>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Performance of maximum number of repetitions with cluster-set configuration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*, 637–642. <http://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0246>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., & Fernández-del-Olmo, M. (2014). Performance of maximum number of repetitions with cluster-set configuration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(4), 637–42. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0246>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sanchez-Otero, T., Mayo, X., Jimenez, A., & Chapman, M. L. (2012). Acute Effects of Distribution of Rest between Repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, *33*, 351–358.
- Izquierdo, M., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibañez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., ... Gorostiaga, E. M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, *27*, 718–724. <http://doi.org/10.1055/s-2005-872825>
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., ... Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *100*, 1647–1656. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01400.2005>

- Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20, 252–256. <http://doi.org/10.1519/R-17224.1>
- Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., ... Goodpaster, B. (2002). *Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. Medicine and science in sports and exercise* (Vol. 34, pp. 552–559; discussion 560).
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., & Al, E. (2004). The effect of continuous repetition training and intra-set rest on bench press strength and power. *Fitness, J Sports Med Phys*, 44, 361–367.
- MacBeth, G., Razumiejczyk, E., & Ledsema, R. (2012). Cliff's Delta Calculator: A non-parametric effect size program for two groups of observations. *UNIVERSITAS PSYCHOLOGICA*, 10, 545–555. Retrieved from papers://38764e18-8491-425c-b8fb-dc3948ae1c94/Paper/p7163
- Martorelli, A., Bottaro, M., Vieira, A., Rocha-Júnior, V., Cadore, E., Prestes, J., ... Martorelli, S. (2015). Neuromuscular and blood lactate responses to squat power training with different rest intervals between sets. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(2), 269–75. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25983574>
- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). EFFECTS OF SET CONFIGURATION OF RESISTANCE EXERCISE ON PERCEIVED EXERTION 1. *Perceptual and Motor Skills*, 119, 825–837. <http://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- McMahon, S., & Jenkins, D. (2002). Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(12), 761–84. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12238940>
- Nakagawa, S., & Cuthill, I. C. (2007). Effect size, confidence interval and statistical significance: A practical guide for biologists. *Biological Reviews*. <http://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00027.x>
- Oliver, J. M., Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. a, Kelly, K. a, Meredith, H. J., ... Kreider, R. B. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 27, 3116–31. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182891672>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>
- Paulo, C. A., Roschel, H., Ugrinowitsch, C., Kobal, R., & Tricoli, V. (2012). Influence of different resistance exercise loading schemes on mechanical power output in work to rest ratio - equated and - nonequated conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 26(5), 1308–12. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e89d0>

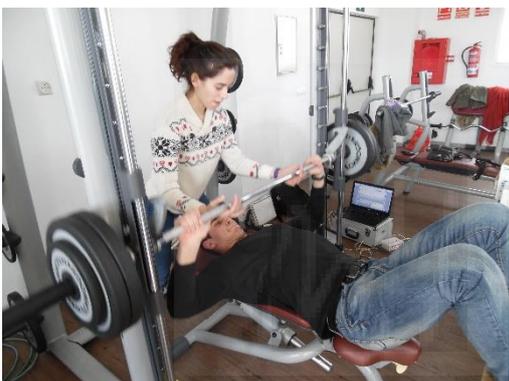
- Pedersen, T. H., Nielsen, O. B., Lamb, G. D., & Stephenson, D. G. (2004). Intracellular acidosis enhances the excitability of working muscle. *Science (New York, N.Y.)*, 305(5687), 1144–7. <http://doi.org/10.1126/science.1101141>
- Ratamess, N. A., Chiarello, C. M., Sacco, A. J., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., Ross, R. E., & Kang, J. (2012). The effects of rest interval length on acute bench press performance: the influence of gender and muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 26(7), 1817–26. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825bb492>
- Rebello, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., & Krstrup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *International Journal of Sports Medicine*, 33(4), 297–304. <http://doi.org/10.1055/s-0031-1297952>
- Rhea, M. R., Alvar, B. a., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 456–464. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 333–341. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(10), 2857–72. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Skiba, P. F., Fulford, J., Clarke, D. C., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2014). Intramuscular determinants of the ability to recover work capacity above critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 115, 703–713. <http://doi.org/10.1007/s00421-014-3050-3>
- Tanner, R. K., Fuller, K. L., & Ross, M. L. R. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*, 109, 551–559. <http://doi.org/10.1007/s00421-010-1379-9>
- Tran, Q. T., Docherty, D., & Behm, D. (2006). The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 402–410. <http://doi.org/10.1007/s00421-006-0297-3>

Anexos



ANEXO I

Imágenes del procedimiento de la evaluación.



ANEXO II

Ecuación de regresión lineal individual (RLI) de los valores absolutos de la VMP.

