

Recibido: 7-2-2018

Aceptado: 22-2-2018

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO CON Y SIN CARGAS SOBRE LA FUERZA DEL TREN INFERIOR

EFFECTS OF PLIOMETRIC TRAINING WITH AND WITHOUT LOADS ON THE STRENGTH OF THE LOWER BODY

Autor:

Izquierdo, L.⁽¹⁾; Montoya, D. M.⁽²⁾; Zapata, A. D.⁽³⁾; Rapún, M.⁽¹⁾; Castellar, C.⁽¹⁾; Pradas, F.⁽¹⁾;

Institución:

⁽¹⁾ Universidad de Zaragoza franprad@unizar.es

⁽²⁾ Universidad San Buenaventura

⁽³⁾ Politécnico Jaime Isaza Cadavid

Resumen:

El método pliométrico es un tipo de entrenamiento muy utilizado para mejorar la fuerza explosiva (FE) del tren inferior. Sin embargo no hay una unanimidad evidente respecto a que metodología de entrenamiento es la óptima para desarrollar la FE. 24 estudiantes universitarios físicamente activos fueron divididos aleatoriamente en dos grupos de entrenamiento pliométrico: sin carga (PLSC) y con carga externa (PLCC). El objetivo del estudio consistió en averiguar cuál de los dos métodos resulta más eficaz para mejorar la FE y la fuerza máxima (FM) del tren inferior. El entrenamiento tuvo una duración de doce sesiones durante seis semanas. La FE se evaluó utilizando el test de Bosco y la FM mediante el cálculo de una repetición máxima (1RM) en el ejercicio de media sentadilla. El grupo PLSC mejoró la altura del SJ, CMJ, DJ20, DJ40, DJ60, DJ80 y el valor de la 1RM ($p < 0,05$). El grupo PLCC mejoró la altura del SJ, CMJ, DJ20, DJ80 y el valor de la 1RM ($p < 0,05$). El entrenamiento PLSC ha sido el más efectivo para mejorar la FE mientras que el entrenamiento PLCC ha resultado ser más eficaz para la FM.

Palabras Clave:

Pliometría, sobrecargas, saltos, fuerza explosiva, fuerza máxima.

Abstract:

lower body. However, there is no clear unanimity regarding which training methodology is the optimal one to develop ES. 24 physically active university students were randomly divided into two groups of plyometric training: without load (PLSC) and with external load (PLCC). The objective of the study was to determine which of the two methods is more effective to improve the FE and the maximum force (FM) of the lower body. The training lasted twelve sessions during six weeks. The FE was evaluated using the Bosco test and the FM by calculating the maximum repetition (1RM) in the half squat exercise. The PLSC group improved the height of the SJ, CMJ, DJ20, DJ40, DJ60, DJ80 and the value of the 1RM ($p < 0,05$). The PLCC group improved the height of the SJ, CMJ, DJ20, DJ80 and the value of the 1RM ($p < 0,05$). The PLSC training has been the most effective to improve the FE while the PLCC training has been more effective for the FM.

Izquierdo, L.; Montoya, D. M.; Zapata, A.D.; Rapún, M.; Castellar, C.; Pradas, F. (2018). 199 Efectos del entrenamiento pliométrico con y sin cargas sobre la fuerza del tren inferior. *Trances*, 10(2):199-216.

students were randomly divided into two plyometric training groups: no external load (PLSC) and external load (PLCC). The objective of the study was to find out which of the two methods is more effective in improving the explosive force (EF) and the maximum force (MF) of the lower body. The training lasted twelve sessions during six weeks. The EF was evaluated using the Bosco test and the MF by calculating a maximum repetition (1RM) in the middle squat exercise. The ULPL group improved the height of the SJ, CMJ, DJ20, DJ40, DJ60, DJ80 and the value of the 1RM ($p<0.05$). The LPL group improved the height of the SJ, CMJ, DJ20, DJ80 and the value of the 1RM ($p<0.05$). PLSC training was the most effective in improving EF where as PLCC training proved to be more effective for MF.

Key Words:

Plyometrics, overloads, jumps, explosive force, maximum force.

1. INTRODUCCIÓN

La fuerza y la velocidad a la que se acorta la musculatura es un factor de rendimiento muy importante (Newton y Kraemer, 1994), siendo su requerimiento necesario en acciones deportivas de tipo balístico y en la mayoría de los gestos deportivos (Bosco, 2000). A esta capacidad del individuo de aplicar fuerza en el menor tiempo posible se la conoce habitualmente como fuerza explosiva (FE).

A medida que va aumentando el nivel competitivo la FE va adquiriendo mayor importancia ya que se dispone de menos tiempo para aplicar fuerza. Una expresión de la FE, y más concretamente de la FE de los miembros inferiores, es la capacidad de salto (González-Badillo y Ribas, 2002). Para aumentar esta capacidad es preciso aplicar más fuerza en menos tiempo o realizarlo a mayor velocidad.

Para mejorar la FE en el tren inferior existen diferentes métodos de entrenamiento como el pliométrico (McBride, Triplett-McBride, Davie y Newton, 2002; Sáez de Villareal, González-Badillo y Izquierdo, 2008), los ejercicios con sobrecargas (Cronin y Sleivert, 2005; Wilson, Newton, Murphy y Humpries, 1993) o una combinación de ambos (Adams, O'Shea JP, O'Shea KL y Cimstein, 1992; Fatouros et al., 2000).

Un método muy estandarizado para mejorar la FE del tren inferior es la pliometría. Este tipo de entrenamiento se caracteriza por la realización de saltos con el músculo previamente estirado, una breve transición del estado excéntrico al concéntrico y una fuerte contracción de las articulaciones involucradas (Komi, 2003). Este pre-estiramiento permite al músculo aumentar su rendimiento, siempre y cuando el movimiento completo se realice de una manera rápida, evitando así que esta energía no se disipe en forma de calor (Bosco, 2000), consiguiendo también aumentar la rigidez músculo-tendinosa, la cual permite optimizar el almacenamiento de la energía elástica y lograr mayor fuerza explosiva (Komi, 1986).

Asimismo, el entrenamiento pliométrico logra estimular las cualidades neuromusculares, provocando, en tiempos muy breves, altos niveles de fuerza a una velocidad muy alta, factor indispensable para mejorar la capacidad de salto (Bosco, 2000).

La fuerza máxima (FM) también guarda una relación directa con la FE, por lo que tener elevados valores de FM puede resultar imprescindible, en especial en aquellas disciplinas deportivas que requieran altos niveles de FE para alcanzar un óptimo rendimiento físico y deportivo.

Se ha podido comprobar que la FE y la FM muestran características neurógenas comunes a nivel de coordinación inter e intramuscular, en la frecuencia de los impulsos que llegan a los músculos desde el cerebro, o en la activación selectiva de las fibras musculares, lo que podría explicar la base de la transferencia de la FM a la FE (Bosco, 2000).

Otro mecanismo que influye en la relación existente entre estas dos manifestaciones de la fuerza consiste en conocer la respuesta hormonal que se produce al realizar entrenamientos de FM. Los procesos de entrenamiento orientados hacia el desarrollo de la FM provocan un incremento de la testosterona, hormona que favorece la fenotipización de las fibras rápidas, la cual se encuentra estrechamente relacionada con los niveles expresados de FE (Bosco y Komi, 1979).

Una revisión de la literatura actual en referencia a la pliometría, pone de manifiesto que existe todavía una evidente divergencia y un interesante debate abierto respecto a la metodología más adecuada para desarrollar la fuerza mediante este tipo de entrenamiento. Así, autores como Sáez de Villarreal et al. (2008) se orientan hacia no utilizar cargas externas, mientras que otros como Smilios et al. (2013) optan por diseñar un entrenamiento con cargas externas.

En el caso de que se realice un entrenamiento pliométrico con cargas externas al movimiento, un factor esencial para desarrollar todo el potencial es la determinación de la carga más adecuada. Parece ser que el porcentaje ideal en el que se logra la máxima potencia en una media sentadilla con salto, pese

a que puedan existir diferencias interindividuales, se encuentra situada en una zona situada entre el 30-45% de la 1RM (Baker, 2001; Wilson et al., 1993).

Sin embargo, estudios como los realizados por Markovic, Mirkov, Knezevic y Jaric (2013), sugieren que el entrenamiento con diferentes tipos y magnitudes de cargas externas puede proporcionar efectos similares en la mejora del salto. Otras investigaciones como las realizadas por Smilios et al. (2013) muestran también que, incluso con sujetos menos entrenados, las mejoras pueden darse en un rango más amplio de intensidades de carga.

Teniendo en consideración el interés que suscita en la literatura el entrenamiento pliométrico para el desarrollo de la fuerza y la incertidumbre existente en torno a la metodología a seguir, el objetivo de este estudio se centra en analizar los efectos que producen dos tipos de entrenamiento pliométricos (con y sin carga externa) sobre la FE y FM del tren inferior.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Participantes

24 varones estudiantes universitarios participaron de forma voluntaria en la investigación (Tabla 1).

2.2. Metodología

Para ser incorporados en el estudio los sujetos debían cumplir los criterios de inclusión que se relacionan a continuación:

- Encontrarse sano y físicamente activo.
- No realizar otro tipo de entrenamiento o actividad física al planificado durante el desarrollo de la investigación.
- No padecer ningún tipo de lesión reciente o molestia en el tren inferior.
- Aceptar por escrito el consentimiento informado.

Además, para conformar la muestra definitiva se plantearon los siguientes criterios de exclusión:

- Incorporarse durante la duración del estudio en otro programa de entrenamiento físico de cualquier índole.
- No asistir de manera regular al total de las sesiones de entrenamiento.
- No seguir las directrices nutricionales y dietéticas específicas planteadas durante el desarrollo de la investigación.

Atendiendo a los criterios establecidos se formaron de manera aleatoria dos grupos de entrenamiento: sin carga (PLSC) y con carga externa (PLCC). En la tabla 2 se presentan las características de los sujetos participantes en los dos grupos de entrenamiento.

Tabla 1. Características de la muestra

Grupo (n)	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)
PLSC (12)	21,45 ± 3,08	179,82 ± 6,54	73,58 ± 8,37
PLCC (12)	21,27 ± 3,26	170,27 ± 2,73	78,56 ± 1,29

2.3. Programas de entrenamiento

Antes del comienzo del periodo de entrenamiento, todos los sujetos recibieron indicaciones de cómo realizar los diferentes ejercicios correctamente. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por el mismo entrenador. Ambos entrenamientos iban precedidos de un calentamiento de 10 minutos en el que se realizaba una parte de movilidad articular, sentadillas sin peso y saltos en contramovimiento (CMJ) de baja intensidad. En ambos casos el programa de entrenamiento tenía un volumen de dos sesiones semanales, con 72 horas de descanso entre sesiones, manteniéndose a lo largo de 6 semanas.

Para desarrollar la planificación del entrenamiento se tomaron como referencia las recomendaciones sugeridas en diferentes investigaciones para utilizar adecuadamente el método pliométrico (Bosco, 2000; Chu, 2006;

González Badillo y Ribas, 2002; Harris et al. 2008; Markovic et al., 2013; McBride et al. 2002; Requena B, García, Requena F, Sáez de Villarreal y Cronin, 2011; Sáez de Villareal, Requena y Cronin, 2012; Smilios et al., 2013).

Entrenamiento grupo sin carga (PLSC)

En cada sesión los sujetos efectuaban entre 84 y 88 saltos repartidos entre drop jump (DJ) (cada sujeto realizaba el DJ desde su altura óptima, la cual fue calculada en el pretest y corresponde al DJ máximo obtenido), multisaltos (primeros de triple o segundos de triple) y multisaltos con obstáculos (vallas de 33, 43 y 66 cm de altura). El entrenamiento seguido por el grupo PLSC se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Programa de entrenamiento del grupo PLSC

	Día 1	Día 2
Semana 1	DJ (10) x 3 ST (6) x 6 MV D (5) x 2: V 33 MV I (5) x 2: V 33	DJ (10) x 3 PT D (4) x 3 PT I (4) x 3 MVS (5) x 6: V 66
Semana 2	DJ (10) x 3 ST (6) x 6 MV (5) x 2: V 33 MV (5) x 2: V 33	DJ (10) x 3 PT D (4) x 3 PT I (4) x 3 MVS (5) x 6: V 66
Semana 3	DJ (10) x 3 ST (6) x 6 MV D (5) x 2: V 33 MV I (5) x 2: V 33	DJ (10) x 3 PT D (4) x 3 PT I (4) x 3 MVS (5) x 6 V 66
Semana 4	DJ (10) x 4 ST (8) x 3 MV D (6) x 2: V 33 MV I (6) x 2: V 33	DJ (10) x 4 PT D (5) x 2 PT I (5) x 2 MVS (7) x 4: V 43
Semana 5	DJ (10) x 4 ST (8) x 3 MV D (6) x 2: V 33 MV I (6) x 2: V 33	DJ (10) x 4 PT D (5) x 2 PT I (5) x 2 MVS (7) x 4: V 43
Semana 6	DJ (10) x 4 ST (8) x 3 MV D (6) x 2: V 33 MV I (6) x 2: V 33	DJ (10) x 4 PT D (5) x 2 PT I (5) x 2 MVS (7) x 4: V 43

() : repeticiones; x: series; ST: multisaltos a una pierna alternando piernas (segundos de triple salto); PT: multisaltos siempre con la misma pierna (primeros de triple salto); MVS: multisaltos a

superar a una pierna; MV: multisaltos a superar con las dos piernas. D: pierna derecha; I: pierna izquierda; V: altura de las vallas en centímetros.

Entrenamiento grupo con carga (PLCC)

Los sujetos realizaban el ejercicio de media sentadilla con salto (MS), en una máquina Smith, a una intensidad del 30% de su 1RM. Durante las tres primeras semanas el volumen de entrenamiento era de 5 series de MS aumentándose una serie más durante las tres últimas semanas. En cada serie se efectuaban 10 repeticiones con un descanso entre series de 3 minutos. Para realizar correctamente la MS el ángulo de la rodilla debía alcanzar los 90° durante la fase excéntrica, e inmediatamente a continuación el sujeto debía saltar lo más alto posible, todo ello realizado a una alta-máxima velocidad de ejecución. El entrenamiento planificado para el grupo PLCC se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Programa de entrenamiento del grupo PLCC

	Día 1	Día 2
Semana 1	S: 5 JS R: 10 D: 3 min	S: 5 JS R: 10 D: 3 min
Semana 2	S: 5 JS R: 10 D: 3 min	S: 5 JS R: 10 D: 3 min
Semana 3	S: 5 JS R: 10 D: 3 min	S: 5 JS R: 10 D: 3 min
Semana 4	S: 6 JS R: 10 D: 3 min	S: 6 JS R: 10 D: 3 min
Semana 5	S: 6 JS R: 10 D: 3 min	S: 6 JS R: 10 D: 3 min
Semana 6	S: 6 JS R: 10 D: 3 min	S: 6 JS R: 10 D: 3 min

JS: sentadilla con salto; S: series; R: repeticiones; D: descanso.

2.4. Evaluaciones

Todos los sujetos que participaban en el estudio fueron sometidos a una evaluación inicial (pretest), previa al desarrollo de la intervención, y a una final coincidiendo con la última semana de los respectivos programas de entrenamiento. Las evaluaciones realizadas se describen a continuación:

- Test de fuerza

Se utilizó la batería de Bosco seleccionándose solamente los saltos squat jump (SJ) para estudiar la manifestación activa de la FE, así como el CMJ y DJ (desde 20, 40, 60 y 80 cm de altura) para analizar la manifestación reactiva de la FE. Para el DJ fue descartado todo salto que tuviera un tiempo de contacto superior a 0,25 segundos (Schmidtbleicher, 1992). Se realizaron 3 saltos de cada tipo, seleccionándose en cada caso el salto válido en el que se alcanzaba la mayor altura. Los saltos fueron medidos con una plataforma Newtest Powertimer 300 (Newtest Oy, Finland).

- Test de 1RM

Para la estimación de la 1RM se utilizó la ecuación de Brzycki (1993), en donde $1RM = \text{peso levantado} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{número de repeticiones}))$. Se determinó para el ejercicio de media sentadilla (MS) en máquina Smith. Se consideró como válida la 1RM si los sujetos no superaban las 10 repeticiones hasta el agotamiento ante una carga submáxima establecida. A todos los sujetos se les explicó detalladamente cómo debían realizar el test, controlándose en todo momento que el ángulo de flexión de la rodilla durante la fase excéntrica alcanzara los 90°.

2.5. Tratamiento estadístico

El análisis de los resultados se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS 25.0. Para cada variable se hallaron los valores descriptivos de tendencia central y de dispersión más habituales (media y desviación estándar).

Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para conocer la homogeneidad de cada una de las variables consideradas. Tanto para verificar los cambios de las de las variables intragrupo (comparan medias para muestras relacionadas), como para contrastar los cambios de las variables intergrupo (comparan medias para muestras independientes), se ha realizado la prueba *t* de Student. Se ha considerado como límite de significación el valor de la probabilidad $p \leq 0.05$.

3. RESULTADOS

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el análisis intergrupo en ninguna de las variables analizadas después de realizar el programa de entrenamiento. Sin embargo se observan mejores valores absolutos en el grupo PLSC para las variables relacionadas con la FE mientras que el grupo PLCC las presenta para la FM.

Variable	PRETEST		POSTEST		<i>p</i>
	PLSC	PLCC	PLSC	PLCC	
Peso (kg)	73,58 ± 8,37	78,56 ± 12,97	73,89 ± 8,28	78,44 ± 12,86	ns
RM (kg)	108,45 ± 25,43	105,81 ± 18,64	116,22 ± 24,24	123,19 ± 18,82	ns
SJ (cm)	27,61 ± 8,53	33,08 ± 7,95	34,34 ± 6,93	38,58 ± 6,90	ns
CMJ (cm)	34,14 ± 7,13	37,17 ± 7,78	39,7 ± 4,81	43,13 ± 6,07	ns
DJ20 (cm)	17,17 ± 9,10	21,33 ± 3,31	25,82 ± 5,12	24,54 ± 3,77	ns
DJ40 (cm)	18,17 ± 7,96	21,33 ± 5,80	27,38 ± 7,03	24,59 ± 4,69	ns
DJ60 (cm)	18,91 ± 9,62	21,88 ± 5,65	27,43 ± 6,91	26,25 ± 9,40	ns
DJ80 (cm)	15,16 ± 6,74	20,19 ± 6,99	25,44 ± 6,50	25,27 ± 8,69	ns

La comparativa intragrupo para PLSC mostró diferencias significativas en todas las variables analizadas salvo en el peso (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis del efecto producido por el entrenamiento en el grupo PLSC

Variable	Pretest	Posttest	<i>p</i>
Peso (kg)	73,58 ± 8,37	73,89 ± 8,28	ns
RM (kg)	108,45 ± 25,43	116,22 ± 24,24	0,03
SJ (cm)	27,61 ± 8,53	34,34 ± 6,93	0,002
CMJ (cm)	34,14 ± 7,13	39,7 ± 4,81	0,007
DJ20 (cm)	17,17 ± 9,10	25,82 ± 5,12	0,01
DJ40 (cm)	18,17 ± 7,96	27,38 ± 7,03	0,01
DJ60 (cm)	18,91 ± 9,62	27,43 ± 6,91	0,01
DJ80 (cm)	15,16 ± 6,74	25,44 ± 6,50	0,001

ns: no existen diferencias estadísticamente significativas.

En el grupo PLCC se encontraron diferencias significativas en la RM, SJ, CMJ, DJ20 y DJ80 (Tabla 5). La mayor diferencia se encontró para la RM ($p=0,0001$) obteniéndose una mejora para esta variable cercana a los 18 kg.

Tabla 5. Análisis del efecto producido por el entrenamiento en el grupo PLCC

Variable	Pretest	Posttest	<i>p</i>
Peso (kg)	78,56 ± 12,97	78,44 ± 12,86	ns
RM (kg)	105,81 ± 18,64	123,19 ± 18,82	0,0001
SJ (cm)	33,08 ± 7,95	38,58 ± 6,90	0,002
CMJ (cm)	37,17 ± 7,78	43,13 ± 6,07	0,001
DJ20 (cm)	21,33 ± 3,31	24,54 ± 3,77	0,007

DJ40 (cm)	21,33 ± 5,80	24,59 ± 4,69	ns
DJ60 (cm)	21,88 ± 5,65	26,25 ± 9,40	ns
DJ80 (cm)	20,19 ± 6,99	25,27 ± 8,69	0,04

ns: no existen diferencias estadísticamente significativas.

4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio se centró en investigar y comparar los efectos que produce la realización de un entrenamiento pliométrico sin carga versus otro con carga externa sobre la FE y la FM.

Tras el periodo de entrenamiento no se encontraron diferencias significativas en los valores de FE y FM entre los dos grupos de entrenamiento. Sin embargo, las mejoras del grupo PLSC fueron más amplias para las variables SJ y DJ, vinculadas con las diferentes manifestaciones activas y reactivas de la FE, mientras que en el grupo PLCC los incrementos se correspondieron con mejoras en la 1RM, relacionadas con la FM.

Los resultados intragrupo obtenidos con el programa PLSC coinciden con los datos descritos en diferentes investigaciones. Vissing et al. (2008), sometieron sujetos desentrenados a un entrenamiento pliométrico sin carga durante 12 semanas. Tras este periodo se lograron diferencias significativas en la altura del CMJ ($p < 0,05$), aumentando un 10% respecto a los valores iniciales, resultados muy similares a los obtenidos en esta investigación.

En esta línea se encuentra también el estudio de Markovic, Jukic, Milanovic y Metikos (2007), realizado sobre estudiantes de educación física. Los resultados reflejaron aumentos en el DJ30 (14,2%), SJ (6,5%) y CMJ (6,3%) ($p < 0,001$). Estos resultados son ligeramente inferiores a los hallados en esta investigación, aunque se encuentran en consonancia con los valores positivos obtenidos por el grupo PLSC. Puesto que no hay grandes contrastes entre el volumen semanal, ni el nivel de los participantes en ambas

investigaciones, las diferencias podrían deberse a la metodología de entrenamiento utilizada, en nuestro caso debida probablemente a la mayor variación de los ejercicios utilizados.

El estudio de Saéz de Villareal et al. (2008) utilizó un método de entrenamiento centrado en el uso del DJ20, DJ40 y DJ60 sin carga. Los sujetos que entrenaron más de 14 sesiones obtuvieron aumentos significativos ($p < 0,05$) en el CMJ, DJ20, DJ40 y DJ60, sin embargo estas mejoras no se observaron en el grupo que se ejercitó menor tiempo.

En nuestro estudio el programa de entrenamiento tuvo una duración algo inferior a los presentados, pero fue lo suficientemente intenso como para provocar mejoras similares a las descritas por Markovic et al. (2007) y Saéz-Saéz de Villareal et al. (2008). Ambas investigaciones y los resultados obtenidos en este estudio parecen demostrar que realizar un entrenamiento pliométrico sin carga externa usando el DJ supone mejoras en diferentes manifestaciones reactivas.

Por otro lado, los programas de entrenamiento realizados con sobrecargas no parecen ser tan efectivos para mejorar la FE. El estudio de Markovic et al. (2013), realizado en estudiantes físicamente activos, pone de manifiesto que un entrenamiento pliométrico con carga (30% del peso corporal) y sin ella produce mejoras sobre el SJ y el CMJ, siendo estas diferencias significativas para el SJ en ambos casos y para el CMJ en el grupo con carga.

Estos datos son similares a los hallados por Khelifa et al. (2010) realizados con jugadores de baloncesto que entrenaban con una carga añadida del 10% del peso corporal. Sin embargo, aunque tanto el grupo sin carga como el con carga mejoraron su SJ y CMJ, estas diferencias no fueron significativas con respecto a sus valores pretest.

Makaruk, Sacewicz, Czaplicki y Sadowski (2010) plantearon dos métodos de entrenamiento, un grupo entrenaba diferentes tipos de DJ con distintas alturas y el otro realizaba el mismo entrenamiento pero añadiendo un chaleco con el 5% de su peso corporal. El grupo sin carga logró mejoras

significativas en el pico de potencia del CMJ y del DJ30, mientras que el grupo con carga externa solo las logró en el CMJ. Al igual que en nuestro estudio el entrenamiento sin carga externa parece ser más efectivo para la mejora del DJ.

Atendiendo a los resultados de la FM se puede observar como el grupo PLCC ha alcanzado mayores niveles en la 1RM MS que el PLSC. Markovic et al. (2013) midió la 1RM en MS. El grupo que entrenó con el 30% de su 1RM mejoró significativamente su FM ($p < 0,01$), siendo estas mejoras algo inferiores pero muy similares a las obtenidas en esta investigación por el grupo PLCC.

McBride et al. (2002) experimentaron con dos entrenamientos con MS comparando una carga externa del 30% con otra del 80% 1RM. En la medición del 1RM MS se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en ambos grupos. Pese a que no se observan diferencias significativas entre los valores posttest en ninguno de los grupos, los deportistas del grupo de cargas altas mejoraron en mayor medida.

Harris et al. (2008) compararon en jugadores de rugby las modificaciones sobre la FM de un entrenamiento de MS con carga externa de 80% 1RM y otro correspondiente a la máxima potencia de cada sujeto (26,3 %1RM). Se obtuvo un mayor aumento de la 1RM el grupo que entrenó con el 80% 1RM aunque no se observaron diferencias significativas.

Una situación parecida la observamos en el estudio de Smilios et al. (2013) en el cual, además de analizar el SJ y CMJ en tres grupos de entrenamiento, midieron los efectos del entrenamiento en MS con distintas intensidades de carga externa. Los valores del grupo de entrenamiento con cargas del 90% 1RM fueron superiores al resto de grupos que entrenaron con cargas más bajas (20-37% y 45-58% 1 RM), sin embargo las diferencias entre los grupos no fueron significativas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en esta investigación para el grupo PLCC.

De gran interés resulta la investigación realizada por Smilios et al. (2013), en la que distribuyeron a la muestra en tres grupos de entrenamiento con diferentes intensidades de carga respecto a la 1RM (90%, 45-58% y 20-

37%). En este caso las mejoras del SJ y CMJ fueron muy similares en todos los grupos de manera similar a lo ocurrido con los grupos PLSC y PLCC.

Por otro lado, Cormie, McGuigan y Newton (2010), realizaron entrenamientos de fuerza en MS con sujetos poco entrenados a diferentes intensidades (0% 1RM el doble de días que 30% 1RM). Los resultados reflejaron mejoras no significativas del 4,5% en 1RM en MS. En esta línea se encuentran los datos obtenidos por Winchester (2008), demostrando que tras ocho semanas de entrenamiento en MS con carga externa del 26-48% de 1RM, no se alcanzan mejoras significativas en el 1RM MS. Estos datos difieren de los hallazgos obtenidos en esta investigación, en donde ambos grupos mejoraron significativamente, en especial el grupo PLCC entrenando a un 30% de la 1RM, tal y como se describe en diferentes investigaciones (Baker, 2001; Wilson et al., 1993), pudiendo estar relacionadas estas diferencias con la metodología del entrenamiento utilizada siendo inferior en cuanto a volumen e intensidad.

Saéz-Saéz de Villarreal et al. (2008) y Vissing et al. (2008), midieron la altura de los saltos y las modificaciones de la 1RM en la máquina de prensa de piernas tras un entrenamiento pliométrico sin carga externa. Tras el entrenamiento observaron mejoras significativas en ambos casos. Esta situación también la encontramos en nuestro estudio, en donde el grupo PLSC aumento significativamente su 1RM en MS pero en menor medida que el grupo PLCC.

5. CONCLUSIONES

Los métodos de entrenamiento PLSC y PLCC son efectivos para mejorar las diferentes manifestaciones activas y reactivas de la FE y la FM del tren inferior en sujetos varones físicamente activos.

El entrenamiento PLSC resulta ser más eficaz para la mejora de la FE del tren inferior que el entrenamiento PLCC.

El entrenamiento PLCC a un 30% de la 1RM produce beneficios más positivos para la mejora de la FM en el tren inferior que el entrenamiento PLSC. Izquierdo, L.; Montoya, D. M.; Zapata, A.D.; Rapún, M.; Castellar, C.; Pradas, F. (2018). 213 Efectos del entrenamiento pliométrico con y sin cargas sobre la fuerza del tren inferior. *Trances*, 10(2):199-216.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adams, K., O'Shea, J. P., O'Shea, K. L., y Cimstein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production, *Journal of Applied Sport Science Research*, 6, 36-41.
2. Baker, D. (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(2), 198-209.
3. Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular. Aspectos metodológicos*. Barcelona: INDE.
4. Bosco, C., y Komi, P. (1979). Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 41(4), 275-284.
5. Brzycki, M. (1993). Strength testing predicting a one rep max from reps to fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90.
6. Chu, DA. (2006). Ejercicios pliométricos. Badalona, Barcelona: Paidotribo.
7. Cormie, P., McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8), 1592-1598. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181d2013a.
8. Cronin, J. B., y Sleivert, G. (2005) Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–234.
9. Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., y Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 14, 470-476.

10. González-Badillo, J. J., y Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.
11. Khelifa, R., Aouadi, R., Hermassi, S., Chelly, M. S., Jlid, M. C., Hbacha, H., y Castagna, C. (2010). Effects of a plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 2955-2961. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e37fbc.
12. Komi, P. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 10-15.
13. Komi, P. (2003). Stretch-shortening cycle. *Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell.
14. Makaruk, H., Sacewicz, T., Czaplicki, A., y Sadowski, J. (2010). Effect of additional load on power output during drop jump training. *Journal of Human Kinetics*, 26, 31-37. doi: 10.2478/v10078-010-0045-y
15. Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., y Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 543-549.
16. Markovic, S., Mirkov, D., Knezevic, O., y Jaric, S. (2013). Jump training with different loads: effects on jumping performance and power output. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2511–25. doi: 10.1007/s00421-013-2688-6
17. McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., y Newton, R. U. (2002). The effect of heavy vs. light load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82
18. Newton, R. U., y Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for mixed methods training strategy. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(5), 20-31.

19. Requena, B., García, I., Requena, F., Sáez de Villarreal, E., y Cronin, J. B. (2011). Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2193–2204. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e86132.
20. Sáez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., y Izquierdo, M. (2008). Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 715-725. doi: 10.1519/JSC.0b013e318163eade
21. Saéz de Villarreal, E., Requena, B., y Cronin, J. B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance. A meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 575–584. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220fd03
22. Smilios, I., Sotiropoulos, K., Christou, M., Douda, H., Spaias, A., y Tokmakidis, S. P. (2013). Maximum power training load determination and its effects on load-power relationship, maximum strength, and vertical jump performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1223–1233. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182654a1c.
23. Vissing, K., Brink, M., Lonbro, S., Sorensen, H., Overgaard, K., Danborg, K., y Aagaard, P. (2008). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1799-1810. doi: 10.1519/JSC.0b013e318185f673.
24. Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A., y Humpries, B. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 25(11), 1279-1286.
25. Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., y McGuigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fibre type expression. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1728-1734. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181821abb.